УДК 625.7/.8 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-013-020**
UDC 625.7/.8

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ПРОЕКТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ДОРОЖНІХ КОНСТРУКЦІЙ З ДРЕНАЖАМИ МІЛКОГО ЗАКЛАДАННЯ

BASIC PRINCIPLES OF DESIGNING OPTIMAL ROAD STRUCTURES WITH SHALL LAYING DRAINAGE



***Бубела Андрій Володимирович**, доктор технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортного будівництва та управління майном, e-mail: bubelaandrey@ukr.net, тел.: +380505535594, Україна, 01010, Київ, вул. Омеляновича–Павленка 1,*

https://orcid.org/0000-0002-5619-003X

Анотація. *Вступ.* Безконтрольний рух великовагових транспортних засобів, порушення технології будівництва та недоліки при проектуванні доріг спричиняють утворення передчасних руйнувань навіть на новопобудованих та капітально відремонтованих дорогах. Руйнування покриттів у багатьох випадках пов'язане з перезволоженням земляного полотна і дорожніх основ через незадовільний стан дренувальних і водовідвідних конструкцій або їх повну відсутність. Серйозну небезпеку і великі додаткові затрати, пов’язані з утриманням доріг, викликають тріщини, які є першопричиною виникнення вибоїн. Виходячи з типу зволоження робочого шару земляного полотна, ґрунтово-гідрологічних і кліматичних умов, рельєфу місцевості, наявності дорожньо-будівельних матеріалів призначають варіанти дренувальних конструкцій.

Проблематика. Влаштування дренажних конструкцій обумовлює необхідність розв’язування актуальної проблеми водовідведення з дорожньої конструкції на трьох взаємопов’язаних етапах: проектування, будівництва та експлуатації дороги. Такі проектні рішення вимагають пошук оптимальних варіантів дорожніх конструкцій за відповідними критеріями, проте проблемі їх обґрунтування не приділяється належної уваги.

Мета роботи полягає у формуванні основних принципів проектування оптимальних дорожніх конструкцій за рахунок запропонованих заходів з регулювання їх водно-теплового режиму.

Матеріали і методи: аналітичні та статистичні методи; методи математичного моделювання.

Результати: у роботі досліджено методологічну структуру з вибору оптимальної дорожньої конструкції: уточнення мети будівництва, пошук можливих оптимальних варіантів, встановлення критерію оптимальності, визначення витрат ресурсів за варіантами, отримання оптимального рішення, кінцевий вибір оптимальної дорожньої конструкції.

Висновки. Проектування оптимальних дорожніх конструкцій з поперечними дренажами мілкого закладання базується на принципах забезпечення міцності, морозостійкості та зсувостійкості дорожнього одягу за умови мінімальних приведених витрат на будівництво.

Ключові слова: земляне полотно, водно-тепловий режим, критерій оптимальності, дренаж мілкого закладання, автомобільна дорога, дорожня конструкція.

Вступ

Для отримання загального оптимального рішення при поваріантному проектуванні у будівництві попередньо необхідно знайти оптимальні рішення частинних завдань. Наприклад, кожен із порівнюваних варіантів дорожніх конструкцій (ДК) повинен бути оптимальним за конструкцією земляного полотна (ЗП) у поєднанні з усіма шарами дорожнього одягу (ДО) та, за наявності, з дренажними конструкціями. Можливе зменшення вартості ДО за рахунок збільшення висоти насипу. Різні поєднання підстилаючих шарів ДО, конструктивних заходів з регулювання водно-теплового режиму (ВТР), також мають свій оптимум за вартістю. Для кожного з варіантів, що порівнюються, потрібно знайти таке поєднання висоти насипу, товщини та розміщення шарів ДО, дренажних конструкцій, при яких сумарні витрати на ДК були б мінімальні.

Загальний підхід з визначення оптимального рішення вимагає методологічної структури, яка б дозволила зіставляти між собою всі отримані критерії частинної оптимізації та визначити єдиний комплексний критерій для вирішення проблеми в цілому. Основним способом отримання оптимальних рішень є математичне моделювання. Будівництво автомобільної дороги – це багаторівнева система, до складу якої входять підсистеми планування, управління, виконання робіт, матеріального і технічного забезпечення. Для практичного впровадження при моделюванні таких складних систем та підсистем їх необхідно спрощувати, зберігаючи при цьому найістотніші риси.

ДК з трубчастими дренами під шарами ДО є нетиповими, на відміну від стандартних. Такі проектні рішення з регулювання ВТР потребують обґрунтованого підходу за критерієм оптимальності, оскільки вони вимагають додаткових капіталовкладень, що суттєво збільшують вартість будівництва ділянки автомобільної дороги.

В свою чергу, відсутність таких конструкцій призводить до появи тріщин та водних калюж на поверхні покриття, що сприяють послабленню несної здатності та в десятки разів збільшують витрати на утримання автомобільної дороги [1]. Наслідки поганого водовідведення, суттєво впливають на безпеку дорожнього руху та на міжремонтні терміни, що детально розглянуто в роботах [2,3].

Одним із шляхів регулювання ВТР є влаштування гідроізолюючих шарів та прошарків у ЗП. Перші систематичні дослідження щодо застосування таких конструкцій у практиці дорожнього будівництва колишнього СРСР та України зокрема, розпочато у 40-і роки минулого століття. Як гідроізоляційний матеріал в основному використовувалися ґрунти, оброблені бітумом або цементом. Шари з таких матеріалів не знайшли широкого застосування через труднощі технологічного характеру.

У роботі [4] визначено, що проникність асфальтобетонних покриттів залежить від наявності в них тріщин та деформацій. Визначено основні фактори, які впливають на швидкість інфільтрації через тріщини в покритті. Проведено моделювання фізичних процесів пошкоджень асфальтобетонних покриттів, внаслідок довготривалого впливу води. Наведені умови невідповідності характеристик дорожньо-будівельних матеріалів, які було визначено в лабораторії та з яких фактично побудована дорога. У роботі [5] наведено обґрунтування вибору оптимальної конструкції, який базується не тільки на аналізі комплексу природних умов, а і на сукупності техніко-технологічних параметрів, що визначають роботу дренажів мілкого закладання як конструктивний захід з регулювання ВТР.

Це обумовлює **мету** роботи: формування основних принципів проектування оптимальних дорожніх конструкцій за рахунок запропонованих заходів з регулювання їх водно-теплового режиму.

Основні **завдання** роботи полягають у наступному:

- визначити найбільш економічні заходи з регулювання водно-теплового режиму;
- встановити критерії оптимальності щодо вибору дорожньої конструкції;
- визначити цільову функцію для пошуку найбільш оптимальної дорожньої конструкції з дренажами мілкого закладання за спрощеним процесом економічного порівняння.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Методологічна структура з отримання оптимального рішення щодо вибору ДК складається із шести взаємопов'язаних етапів.

Першим етапом пошуку оптимальної конструкції є уточнення мети будівництва. Ефективність капітальних вкладень у дорожнє будівництво оцінюється зниженням собівартості автомобільних перевезень після введення у дію побудованої (реконструйованої) дороги за рахунок збільшення середніх швидкостей руху транспортних засобів.

Оптимізація прийнятих рішень щодо дорожнього будівництва найчастіше не є абсолютною, а відносною, оскільки йдеться про найбільшу ефективність вкладення коштів та ресурсів, обмежених із ряду причин. Таким чином, можливі такі три аспекти з визначення оптимальної ДК: при обмежених ресурсах знайти рішення, що дає найбільш ефективне їх використання; при заданому рівні економічної ефективності знайти рішення, що забезпечує мінімум витрат ресурсів; при необмежених ресурсах знайти рішення, що дає найефективніше вкладення ресурсів (абсолютна ефективність). Найчастіше у дорожньому будівництві розглядаються перші два аспекти, відповідно до відносної оптимізації.

Для вдосконалення існуючих та розвитку нових методів конструювання стійких і економічних ДК необхідно вирішити наступні основні проблеми ВТР:

- проаналізувати фізичну сутність водно-теплових процесів в ЗП і ДО з урахуванням змін метеорологічних умов і дії коливань від зовнішніх навантажень. Вирішення цієї проблеми дозволить розробити теорію міграції і накопичення вологи, що буде сприяти розробці методів підвищення стійкості полотна і одягів у різних природних умовах;

- розробити заходи з регулювання водно-теплових процесів ДК шляхом проведення досліджень на експериментальних моделях з декількома модифікаціями дренажів мілкого закладання (ДМЗ) з імітацією опадів різної інтенсивності.

Для забезпечення міцності ДК необхідно розробити варіанти заходів щодо регулювання ВТР виходячи з типу зволоження робочого шару ЗП, ґрунтово-гідрологічних та кліматичних умов, рельєфу місцевості, наявності дорожньо-будівельних матеріалів та запланованих темпів будівництва. Як варіанти заходів, слід передбачати влаштування спеціальних поперечних профілів (берми на укосах насипу), підвищення або зниження висоти насипу в порівнянні з спочатку наміченою величиною, влаштування морозозахисних і дренувальних шарів з непучинистих і слабопучинистих пісків, теплоізолювальних шарів з різних дренуючих, армуючих та геосинтетичних матеріалів, гідроізолюючих прошарків, а також влаштування шарів ЗП з ґрунтів підвищеної щільності.

Найбільш економічними підходом регулювання ВТР ДК, що підвищує міцність та забезпечує стійкість, якість і довговічність дорожнього покриття, є заходи зі своєчасного відведення води, яка накопичується у верхній частині ЗП (рис.1).

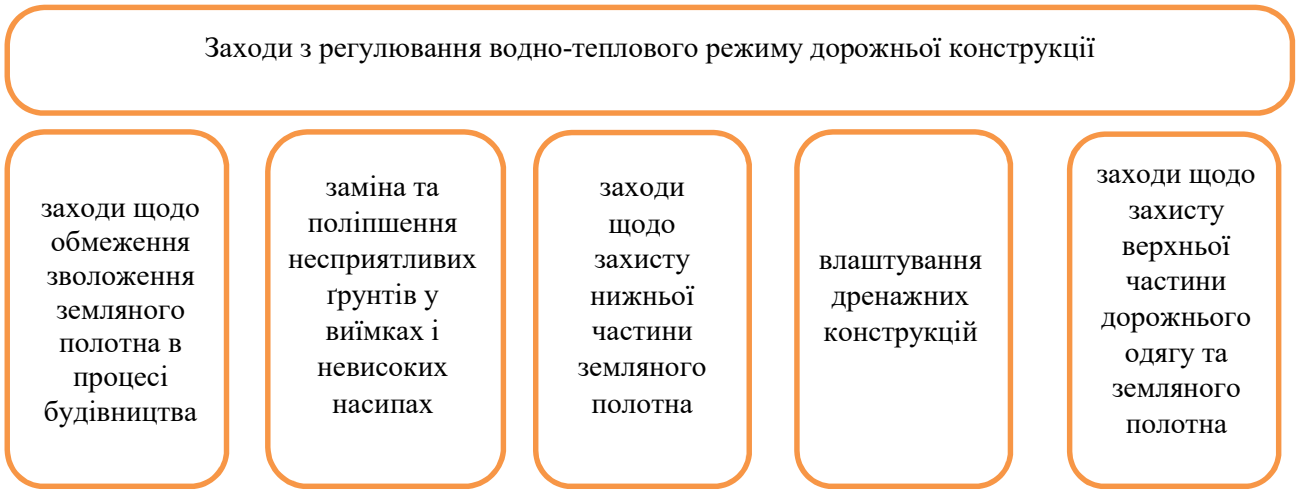


Рисунок 1 – Основні групи заходів з регулювання водно-теплового режиму дорожньої конструкції
Figure 1 – The main groups of measures to regulate the water-thermal regime of the road structure

На другому етапі пошуку оптимальної ДК визначаються можливі оптимальні варіанти, які відрізняються як за трасою, так і за конструкцією на ділянках доріг, що знаходяться поблизу великих населених пунктів, порівнюються варіанти їх обходів, також розглядаються конструкції ДО різної капітальності.

Якщо щорічні експлуатаційні витрати за варіантами незмінні в часі, коефіцієнт порівняльної економічної ефективності E [6] визначається за формулою:

$$E = \frac{B_2 - B_1}{K_1 - K_2}, \quad (1)$$

де K_1, K_2 – капітальні вкладення за варіантами; B_1, B_2 – річні дорожньо-транспортні експлуатаційні витрати за варіантами.

За співвідношенням (1) коефіцієнт E відповідає зменшенню експлуатаційних витрат при збільшенні капітальних витрат певного варіанту. Кожен із варіантів ґрунтується на експлуатаційному завданні та враховує місцеві умови, але варіантний аналіз має недолік щодо втрати найбільш раціонального варіанту при виборі з усіх можливих. У деяких завданнях може бути знайдено оптимальний варіант без порівняння.

При техніко-економічному обґрунтуванні ДК для зменшення капіталовкладень, а також збереження стабільної щільності та вологості ґрунту в процесі експлуатації дороги враховують ефект від зниження висоти насипу та використання шару ґрунту з підвищеною щільністю як нижній конструктивний шар ДО, а також додаткові понаднормативні витрати на ущільнення ґрунту.

При таких умовах ущільнення ґрунту є ефективним методом покращення ВТР ЗП, за рахунок підвищення міцності та морозостійкості ґрунтів. Підвищення щільності, по-перше, покращує однорідність ґрунту, що призводить до зниження нерівномірності морозного пучення, по-друге – забезпечує більш високу мінімальну щільність, нижче за яку не відбувається подальше розущільнення ґрунту, і, по-третє, зменшує швидкість міграції капілярної води, внаслідок чого уповільнюється розущільнення ґрунту. Уповільнення цього процесу дозволяє краще сформуватися вторинній структурі ґрунту, внаслідок чого він може мати високі показники порівняно з ґрунтом непорушеної структури за однакової щільності. Прикладом цього є відсутність у ряді випадків плинності ґрунту з непорушеною структурою при вологості вище за межу плинності.

За умови можливості розущільнення ґрунту розглядають варіанти конструкцій ЗП з дренувальними, гідроізоляційними та теплоізолювальними шарами, що дозволяють зберегти, досягнуту при будівництві, щільність ґрунту. Одним з основних традиційних заходів, що оберігають конструкцію від надмірного зимового спучування, є влаштування дренувальних, морозозахисних шарів.

Дренувальні шари з піску без випуску на укоси виконують функцію вологонакопичувача, і є одним з суттєвих екологічних заходів на ділянках доріг. Такий шар працює за функцією поглинання, його товщину без спеціальних дренувальних конструкцій призначають з метою забезпечення розміщення в ньому на тривалий час всієї води, що надходить. Необхідно, щоб рівень води в дренувальному шарі не піднімався на всю його товщину та, відповідно, не зменшував міцність ДО.

Але дренувальні шари з піску з випуском на укоси, які переважно застосовують для будівництва ДК, також не забезпечують швидке водовідведення і за умовами роботи, в основному, працюють на поглинання. Згідно експериментальних досліджень [7], було визначено, що дренувальний шар з піску починає працювати на осушення після поглинання певної кількості води. Для того, щоб не відбувалося процесу перезволоження шару ґрунту у верхній частині ЗП, взаємопроникнення глинистих і піщаних частинок, товщина піщаного шару повинна бути досить великою для поглинання всієї води, яка надходить за тривалий час. Це також дозволить забезпечити міцність всієї ДК, за умови певного зернового складу піску, допустимого рівня води в ньому, а також відповідної вологості та щільності глинистих ґрунтів ЗП.

Широко відомими, але практично не застосовуваними в якості дренувальних, є шари з фільтруючих зернистих матеріалів. Товщина цих шарів залежить від крупності матеріалу, при чому його верхню та нижню частини необхідно забезпечити прошарками з дрібного гравію, щебеню, або з одношарового чи двошарового геосинтетичного матеріалу. Проведені дослідження показали [8], що наявність прошарків з геосинтетичних матеріалів між гравієм або щебенем та глинистими ґрунтами запобігають замуленню що дозволяє не збільшувати товщину дренувального шару, за умови дотримання морозостійкості. Такі шари завжди працюють за принципом осушення, не накопичують воду та швидко її відводять, а також виконують функцію капіляропереривающих.

На третьому, найбільш відповідальному етапі визначення оптимальної ДК встановлюється критерій оптимальності. Математичні методи дозволяють визначити мінімум вкладених коштів, необхідних на будівництво. Критерій оптимальності повинен задовольняти наступним основним вимогам: 1) відображати у загальній формі витрати на різні ресурси, які використовуються у процесі будівництва; 2) допускати порівняння витрат за часом; 3) забезпечувати порівняння в єдиному вимірнику витрат на будівництво та економічного ефекту від них.

Труднощі визначення загального критерію оптимальності пояснюються складністю та різноманітністю ресурсів та сучасних технологій, які необхідно представити в єдиному вимірнику.

Вартісні критерії оптимальності дозволяють порівняти різноманітні витрати комплексу дорожньо-будівельних робіт. Розрахунки щодо їх кошторисної вартості показують, що кошти, вкладені у реконструкцію та будівництво доріг, окупаються зазвичай через зниження дорожньо-транспортних експлуатаційних витрат. Термін окупності додаткових капітальних вкладень T у першому варіанті ($K_1 > K_2$) за рахунок зниження річних дорожньо-транспортних експлуатаційних витрат ($B_2 > B_1$) визначається за формулою:

$$T = \frac{K_1 - K_2}{B_2 - B_1}. \qquad (2)$$

Термін окупності додаткових капітальних вкладень є величиною, оберненою до коефіцієнта порівняльної економічної ефективності, а саме:

$$T = \frac{1}{E}. \quad (3)$$

Формули (1) та (2) дозволяють оцінювати на стадії проектування економічність будівництва або реконструкції автомобільних доріг у випадках, коли капітальні вкладення K проводяться одночасно, а річні дорожньо-транспортні експлуатаційні витрати B постійні протягом терміну служби дороги. Насправді такі умови зустрічаються порівняно рідко за такими причинами: дорога може будуватися (реконструюватись) стадійно; інтенсивність та склад руху в ході експлуатації дороги змінюються, особливо коли спостерігається значне зростання інтенсивності руху в часі та збільшення частки автомобілів та автопоїздів великої вантажопідйомності; витрати на ремонт та утримання дороги у зв'язку із зростанням руху і поступовим погіршенням стану покриття також зростають в часі.

ДО у порівнюваних варіантах може мати різний термін служби. Відповідно, при порівнянні варіантів, необхідно враховувати залишкову вартість ДО до кінця розрахункового періоду. З урахуванням цих положень, авторами [6] було запропоновано метод наведених сумарних капітальних вкладень, дорожніх та транспортних експлуатаційних витрат. Сутність методу полягає у визначенні суми капітальних вкладень (з врахуванням стадійності будівництва або реконструкції), дорожніх та транспортних експлуатаційних витрат, з урахуванням того, що капітальні вкладення та експлуатаційні витрати здійснюються у різні терміни. Тому їх приводять до базисного року, за який приймають рік, що передує введенню дороги в експлуатацію. Найкращим із порівнюваних проектних рішень визнається варіант із мінімальними сумарними наведеними витратами. При використанні цього методу насамперед виникають два завдання: визначення тривалості періоду $T_Д$, за який потрібно підсумовувати витрати за варіантами; встановлення методики приведення капітальних вкладень та експлуатаційних витрат до базисного року (коефіцієнт приведення $k_{пр}$). Коефіцієнт приведення витрат до базисного року визначається за формулою складних відсотків:

$$k_{пр} = \frac{1}{(1+E_0)^t}, \quad (4)$$

де E_0 – нормативний коефіцієнт ефективності; t – кількість років, що відокремлюють рік витрат від базисного року.

Якщо витрати передують базисному року, то величина t вводиться у формулу (4) зі знаком мінус, якщо витрати реалізуються після базисного року – зі знаком плюс.

Таким чином, відповідні наведені до базисного року витрати C_{inp} визначаються множенням фактичних витрат C_i на зазначений коефіцієнт, тобто:

$$C_{inp} = C_i k_{пр} = \frac{C_i}{(1+E_0)^t}. \quad (5)$$

Сума наведених капітальних вкладень та експлуатаційних витрат за термін $T_Д$ по кожному з порівнюваних варіантів обчислюється за залежністю:

$$\sum C_{пр} = C_{Iпр} + C_{IIпр} + C_{рпр} + C_{апр} + C_{Апр} + C_{упр} - (C_{опр} + C_{оАпр}), \quad (6)$$

де $C_{Iпр}$ – сума капітальних витрат на I стадії будівництва дороги, приведені до базисного року; $C_{IIпр}$ – відповідні приведені витрати на II стадії будівництва, при одностадійному будівництві $C_{IIпр}$=0; $C_{рпр}$ – сумарні приведені витрати на ремонти та утримання за період $T_Д$; $C_{апр}$ – приведені транспортні витрати за той самий термін; $C_{Апр}$ та $C_{оАпр}$ – приведені витрати на первинне придбання транспортних засобів та їх залишкова вартість до кінця терміну $T_Д$; $C_{опр}$ – залишкова приведена вартість ДО до кінця того ж періоду; $C_{упр}$ – приведені до базисного року витрати, спричинені подорожчанням автомобільних перевезень за періоди ремонту дороги.

Витрати на ремонт дороги за розрахунковий термін обчислюють за наступною формулою:

$$C_{inp} = \frac{C_{ip1}}{(1+E_0)^{t_1}} + \frac{C_{ip2}}{(1+E_0)^{t_2}} + \ldots + \frac{C_{ipn}}{(1+E_0)^{t_n}}, \quad (7)$$

де C_{ip1}, C_{ip2},…, C_{ipn} – вартість першого, другого, ..., n-го ремонтів; t_1, t_2,.., t_n – число років від базисного року до момету витрат за відповідний ремонт. Різниця $t_i - t_{i-1} = t_{між}$ – тривалість відповідного міжремонтного періоду.

Приведені витрати на утримання та ремонт встановлюють із залежності:

$$C_{pnp} = C_{T_1} \sum_{1}^{t_1} \frac{1}{(1+E_0)^t} + \frac{C_{T_2}}{(1+E_0)^{t_1}} \sum_{1}^{t_2-t_1} \frac{1}{(1+E_0)^t} + \ldots + \frac{C_{T_n}}{(1+E_0)^{t_{n-1}}} \sum_{1}^{t_n-t_{n-1}} \frac{1}{(1+E_0)^t}, \quad (8)$$

де C_{T_1}, C_{T_2},..., C_{T_n} – середньорічні витрати на утримання та ремонт 1 км дороги у відповідні періоди; t_1, t_2,.., t_n – кількість років від базисного року до відповідного ремонту.

Величину наведених транспортних витрат при цілорічних перевезеннях на 1 км дороги можна обчислити за формулою:

$$C_{anp} = 365 \frac{\left(\frac{q}{1+E_0}\right)^{T_Д} - 1}{q - (1+E_0)} \sum_{1}^{T_Д} N_i Q_i c_i, \quad (9)$$

де q – знаменник геометричної прогресії зростання інтенсивності рухи у часі $q \neq (1+E_0)$; N_i – середньорічна добова інтенсивність автомобілів i-ї вантажопідйомності в перший рік періоду порівняння $T_Д$; Q_i – вантажопідйомність відповідних автомобілів; c_i – собівартість перевезень за 1 ткм. Собівартість перевезень визначається із залежності:

$$c_i = \frac{c_{пост} + c_{змін} v_T}{Q_i \gamma \beta v_T}, \quad (10)$$

де $c_{пост}$ – постійні витрати на 1 автомобіле-годину; $c_{змін}$ – змінні витрати на 1 км пробігу автомобіля; v_T – середньотехнічна швидкість руху автомобілів; γ, β – коефіцієнти використання вантажопідйомності та пробігу.

ДК різняться за матеріалами та товщинами шарів основи, за висотою насипу. Оскільки всі варіанти повинні бути рівноміцними, то при однотипному покритті щорічні дорожньо-транспортні експлуатаційні витрати будуть для порівнюваних варіантів однаковими. Тоді саме порівняння варіантів можна вести за розмірам будівельних витрат (за кошторисною вартістю), приймаючи як найкращий варіант з найменшою кошторисною вартістю. Цей метод найменших капітальних витрат спрощує процес економічного порівняння.

ДК з однаковими коефіцієнтами запасу міцності можуть мати різні дренувальні властивості. Це, в свою чергу, обумовлює відмінність в приведених витратах. Суму приведених витрат по кожному варіанту обчислюють за формулою:

$$C = C_{ДМЗ} + C_{ДО}, \quad (11)$$

де C – приведені витрати на будівництво ДО з дренажем, грн; $C_{ДМЗ}$ – розраховані за кошторисом витрати на влаштування відповідної конструкції з ДМЗ, грн; $C_{ДО}$ – розраховані за кошторисом витрати на влаштування ДО, грн.

Для пошуку найбільш оптимальної ДК з ДМЗ отримано цільову функцію за двома групами критеріїв: кошторисною вартістю та сукупністю техніко-технологічних показників, що характеризують ефективність їх роботи:

$$F(C_i, Z_1, Z_2, ..., Z_n) = \frac{C_i}{\sum_{1}^{n} P_{ij}}, \quad (12)$$

де n – кількість конструкцій з поперечним дренажем мілкого закладання, прийнятих до порівняння; C_i – кошторисна вартість i-ої конструкції з поперечним дренажем мілкого закладання; P_{ij} – значення j-го техніко-технологічного параметра для i-ої конструкції поперечних дренажів мілкого закладання.

Крім вартісних критеріїв, наведених вище, іноді використовуються відповідні їм критерії енерговитрат [5].

Четвертий етап пошуку оптимальної ДК полягає у проведенні для визначення витрат ресурсів за варіантами.

П'ятий етап визначення оптимальної ДК – це здійснення вибору математичної моделі для знаходження оптимального рішення. Відповідно до цього, математичні моделі для отримання оптимального рішення можуть бути детермінованими та/або імовірнісними. У складніших випадках доводиться використовувати спеціальні математичні методи та моделі.

Шостий етап визначення оптимальної ДК полягає у безпосередньому вирішенні завдання пошуку оптимального рішення з урахуванням обраної математичної моделі.

Висновки

Отримане рішення з вибору оптимальної дорожньої конструкції ґрунтується на методологічній структурі, яка містить шість етапів: – уточнення мети будівництва за рахунок визначення ефективності капіталовкладень; – пошук можливих оптимальних варіантів, зокрема, за рахунок конструкції дорожнього одягу та заходів з регулювання водно-теплового режиму; – встановлення критерію оптимальності; – визначення витрат ресурсів за варіантами; – отримання оптимального рішення за обґрунтованою математичною моделлю; – кінцевий вибір оптимальної дорожньої конструкції.

Проектування оптимальних дорожніх конструкцій з поперечними дренажами мілкого закладання базується на трьох основних принципах. Це забезпечення міцності, морозостійкості та зсувостійкості дорожнього одягу за умови мінімальних приведених витрат на будівництво дорожнього одягу на ділянці дороги та щорічних витрат на її експлуатаційне утримання, які складаються із суми наведених капітальних вкладень у дорожнє будівництво і витрат на експлуатаційне утримання дороги.

Перелік посилань

1. Erna Ismiyani, Dewi Handayani, RR. Rintis Hadiani. The impact of drainage towards roads in maintenance cost. The 4th International Conference on Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering. 2018. Volume 195. URL: https://doi.org/10.1051/matecconf/201819505012.

2. Tiza Michael Toryila, Iorver Vitalis Terpase, Iortyom Enoch Terlumun. The effects of poor drainage system on road pavement: a review.International journal for innovative research in multidisciplinary field. 2016. Volume 2, Issue 8. P. 216–223. URL: https://www.researchgate.net/publication/307167618_THE_EFFECTS_OF_POOR_DRAINAGE_SYSTEM_ON_ROAD_PAVEMENT_A_REVIEW

3. Dipanjan Mukherjee. Highway Surface Drainage System & Problems of Water Logging In Road Section. The International Journal Of Engineering And Science. 2014. Volume 3, Issue 11. P. 44–51. URL: http://www.theijes.com/papers/v3-i11/Version-1/G031101044051.pdf

4. Dawson Andrew. Water in Road Structures. Transportation Engineering Centre University of Nottingham. UK. 2009. P.438.

5. Славінська О.С., Бубела А.В., Бондаренко Л.П., Чечуга О.С. Визначення оптимальної дорожньої конструкції з поперечними дренажами мілкого закладання. International Academy Journal Web of Scholar. 2020. Vol 5 (47), С. 3-11. URL: https://doi.org/10.31435/rsglobal_wos/31052020/7088

6. Рувинский В.И., Чуев В.И. Технико-экономическая эффективность применения тепло- и водоизолирующих слоёв для обеспечения прочности и устойчивости земляного полотна и дорожных одежд. М.: Труды СоюздорНИИ. 1975. Вып. 76. С. 59-81.

7. Бубела А.В., Кватадзе А.І. Дослідження режимів роботи дренувальних шарів в дорожніх конструкціях. Science Review. 2020. 5(32). С. 24-29. URL: https://doi.org/10.31435/rsglobal_sr/30062020/7140.

BASIC PRINCIPLES OF DESIGNING OPTIMAL ROAD STRUCTURES WITH SHALL LAYING DRAINAGE

Bubela Andrew V., Doctor of Technical Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: bubelaandrey@ukr.net, https://orcid.org//0000-0002-5619-003X

Abstract. Introduction. Uncontrolled movement of heavy vehicles, violations of construction technology and deficiencies in road design cause premature destruction even on newly built and extensively renovated roads. Destruction of coatings in many cases is associated with overmoistering of the ground surface and road foundations due to the unsatisfactory state of drainage and drainage structures or their complete absence. Cracks, which are the root cause of potholes, cause serious danger and high additional costs associated with road maintenance. Depending on the type of moistening of the working layer of the subsoil, soil-hydrological and climatic conditions, the topography of the area, the availability of road construction materials, options for drainage structures are assigned.

Problem Statement. The installation of drainage structures determines the need to solve the urgent problem of water drainage from the road structure at three interrelated stages: design, construction and operation of the road. Such design decisions require the search for optimal options for road structures according to the relevant criteria, but the problem of their substantiation is not given due attention.

The purpose of the work is to form the basic principles of designing optimal road structures due to the proposed measures to regulate their water-thermal regime.

Materials and methods: analytical and statistical methods; methods of mathematical modeling.

Results: the work investigated the methodological structure for choosing the optimal road structure: clarification of the purpose of construction, search for possible optimal options, establishment of optimality criteria, determination of resource costs by options, obtaining the optimal solution, final selection of the optimal road structure.

Conclusion. The design of optimal road constructions with transverse drainages of shallow laying is based on the principles of ensuring the strength, frost resistance and sliding resistance of the road surface under the condition of minimal reduced construction costs.

Key words: subgrade, water-thermal regime, optimality criterion, shallow drainage, road, road construction.

References

1. Erna Ismiyani, Dewi Handayani, RR. Rintis Hadiani. The impact of drainage towards roads in maintenance cost. The 4th International Conference on Rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering. 2018. Volume 195. URL: https://doi.org/10.1051/matecconf/201819505012.

2. Tiza Michael Toryila, Iorver Vitalis Terpase, Iortyom Enoch Terlumun. The effects of poor drainage system on road pavement: a review.International journal for innovative research in multidisciplinary field. 2016. Volume 2, Issue 8. P. 216–223. URL: https://www.researchgate.net/publication/307167618_THE_EFFECTS_OF_POOR_DRAINAGE_SYSTEM_ON_ROAD_PAVEMENT_A_REVIEW

3. Dipanjan Mukherjee. Highway Surface Drainage System & Problems of Water Logging In Road Section. The International Journal Of Engineering And Science. 2014. Volume 3, Issue 11. P. 44–51. URL: http://www.theijes.com/papers/v3-i11/Version-1/G031101044051.pdf

4. Dawson Andrew. Water in Road Structures. Transportation Engineering Centre University of Nottingham. UK. 2009. P.438.

5. Slavinska O.S., Bubela A.V., Bondarenko L.P., Chechuga O.S. Determination of the optimal road construction with transverse drainages of shallow laying. International Academy Journal Web of Scholars. 2020. Vol 5 (47), C. 3-11. URL: https://doi.org/10.31435/rsglobal_wos/31052020/7088 [in Ukrainian].

6. Ruvinsky V.I., Chuev V.I. Tekhniko-ekonomicheskaya effektivnost' primeneniya teplo- i vodoizoliruyushchikh sloyov dlya obespecheniya prochnosti i ustoychivosti zemlyanogo polotna i dorozhnykh odezhd [Technical and economic effectiveness of the use of heat- and water-insulating layers to ensure the strength and stability of the ground surface and road surfaces]. M.: Trudy SoyuzdorNII. 1975. Issue 76. P. 59-81. [in rusian].

7. Bubela A.V., Kvatadze A.I. (2020). STUDY OF THE OPERATING MODES OF DRAINAGE LAYERS IN ROAD CONSTRUCTION. Science Review, (5(32), 24-29. URL: https://doi.org/10.31435/rsglobal_sr/30062020/7140 [in Ukrainian].

УДК 625.70 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-021-032**
UDC 625.70

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ РЕГЕНЕРОВАНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНУ

QUALITY IMPROVING OF REGENERATED ASPHALT CONCRETE



Гамеляк Ігор Павлович, *доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Аеропорти», Національний транспортний університет*

https://orcid.org/0000-0001-9246-7561



Дмитриченко Андрій Миколайович, *кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортного права та логістики, Національний транспортний університет*

https://orcid.org/0000-0001-6144-7533



Журавський Дем'ян Леонардович, *начальник лабораторії, ДП ШРБУ №100 (м. Київ, Україна)*

https://orcid.org/0000-0003-2277-4333

Анотація. Регенерація асфальтобетону - технологія переробки старого асфальтобетонного фрезерованого матеріалу, що передбачає відновлення і поліпшення його характеристик з метою повторного використання при влаштуванні покриття, а також проведенні інших дорожніх робіт.

Переробка старого асфальтобетону є ресурсозберігаючої технології, яка дозволяє істотно знизити матеріаломісткість дорожньо-ремонтних робіт і робіт пов'язаних з влаштуванням дорожніх покриттів. Регенерована асфальтобетонна суміш крім влаштування шарів дорожнього покриття, може також застосовуватися і для створення верхніх шарів дорожньої основи.

В залежності від способу регенерації і обсягу старого матеріалу який використовується при приготуванні регенерованої суміші, можливе зменшення витрат на відновлення дорожнього одягу на 30 % в порівнянні з традиційною технологією, коли роботи виконуються із застосуванням нової асфальтобетонної суміші.

Основні способи регенерації асфальтобетону [1 - 5]. Регенерація старого асфальтобетонного матеріалу може здійснюватися двома основними способами:

- на асфальтобетонному заводі, коли переробка попередньо знятого (шляхом холодного або гарячого фрезерування) старого асфальтобетонного матеріалу здійснюється в стаціонарних або пересувних змішувальних установках;

- на місці проведення робіт, коли регенерація старого асфальтобетонного матеріалу здійснюється безпосередньо в процесі укладання покриття за допомогою спеціальної дорожньо-будівельної техніки (термопрофілювальників, реміксерів, ресайклерів і ін.). Фрезерування старого асфальтобетонного покриття може здійснюватися холодним або гарячим способом. У разі гарячого фрезерування, для попереднього розігрівання асфальтобетону застосовуються інфрачервоні нагрівачі.

Існує кілька основних методів регенерації старого асфальтобетону на місці проведення робіт:

- гаряча регенерація;

- метод термопластіфікації - гаряча регенерація старого асфальтобетонного матеріалу з додаванням до його складу пластифікатора;

- метод термозмішування - гаряча регенерація старого асфальтобетонного матеріалу з додаванням нової асфальтобетонної суміші, а також щебеню, бітумного в'яжучого і пластифікатора;

- метод термопрофілювання - гаряча регенерація старого асфальтобетонного матеріалу без додавання нової асфальтобетонної суміші.

- холодна регенерація - відновлення старого асфальтобетонного матеріалу без його розігрівання із додаванням органічних та мінеральних в'яжучих, кам'яного матеріалу, а також різноманітних домішок, що поліпшують характеристики регенерованого матеріалу.

Важливим етапом, що передує регенерації старого асфальтобетону, є проектування складу нової регенерованої суміші. При підборі складу визначають технологію переробки, тип змішувальної установки, визначають кількість старого асфальтобетону в складі регенерованої суміші. Потім визначають склад і властивості фрезерованого асфальтобетону, оцінюють зерновий склад мінеральних матеріалів, в'язкість бітуму і його вміст в старій суміші. Аналогічно оцінюють властивості нових мінеральних матеріалів і в'яжучого.

Після цього розраховують склад мінеральної частини регенерованої суміші і уточнюють кількість старого асфальтобетону, виходячи з отриманого співвідношення мінеральних компонентів. На основі даних про вміст і в'язкість бітуму в старій суміші, підбирають кількість і в'язкість нового бітуму для приготування регенерованої суміші. При високій в'язкості бітуму в старому асфальтобетоні передбачають використання пластифікаторів. З урахуванням отриманих даних остаточно визначають склад регенерованої суміші.

Порядок підбору складу регенерованого асфальтобетону:

- Визначення зернового складу мінеральних матеріалів, вмісту і властивостей в'яжучого у старому асфальтобетоні.

- Визначення зернового складу нових матеріалів і властивостей нового в'яжучого.

- Розрахунок складу мінеральної частини регенерованої суміші і визначення кількості старого асфальтобетону з урахуванням типу змішувальної установки.

- Визначення кількості нового бітуму в складі регенерованої асфальтобетонної суміші.

- Визначення необхідної в'язкості нового бітуму і кількості пластифікатора.

- Визначення складу регенерованої суміші, приготування і випробування контрольних зразків регенерованого асфальтобетону.

- Уточнення складу регенерованої суміші за результатами випробувань контрольних зразків.

Ключові слова: регенерація асфальтобетону, фрезерування, способи регенерації асфальтобетонної суміші, склад асфальтобетону

Постановка проблеми. У роботі НТУ [10] вперше було запропоновано весь комплекс дій для отримання із фрезерованого асфальтобетону матеріалу придатного для покриття. Розроблено методику проектування гранулометричного складу та розрахунку вмісту нового доданого бітуму, методи випробування, також наведена та розроблена методика визначення групового хімічного складу бітуму виділеного із фрезерованого матеріалу що є початком для вирішення проблеми відновлення в'яжучого.

У сучасних нормативних документах [16,17] не приділяється увага вивченню та нормуванню хімічного складу бітуму хоча таке пропонувалося робити НТУ ще у 2003 році. Замість серйозного підходу пропонується стандартне визначення пенетрації та температури розм'якшення. Хоча навіть це ніяк не використовується для визначення можливості відновлення бітуму. І так практично в усіх документах.

Істотним недоліком є відсутність системи по підвищенню коефіцієнта однорідності, що є одним із найважливіших показників для досягнення успіху в проектуванні складу суміші.

Пропонується розробити та ввести такі показники якості регенерованого асфальтобетону:

- коефіцієнт варіації міцності

$$C_R=S/R, \quad (1)$$

де S – середнє квадратичне відхилення міцності від середнього арифметичного значення границі міцності на стиск МПа (кгс/см^2).

R – середнє арифметичне значення міцності зразків на стиск МПа (кгс/см^2).

Середнє арифметичне значення міцності зразків на стиск вираховують за формулою:

$$R=\Sigma R_i/n, \quad (2)$$

де R_i – границя міцності на стиск окремого зразка, МПа (кгс/см^2),

n – число випробуваних зразків.

Середнє квадратичне відхилення вираховують за формулою:

$$S=\sqrt{\frac{\sum(Ri-R)^2}{n-1}}. \quad (3)$$

Коефіцієнт однорідності регенерованого асфальтобетону вираховують за формулою:

$$K=100-3C_R/100. \quad (4)$$

Мінімально допустима величина коефіцієнта однорідності повинна бути встановлена окремо для кожного виду конструкції.

Аналіз останніх досліджень Проведені дослідження, дозволили чітко визначити технологію виконання робіт, розкрити механізм деструкції асфальтобетону, вивчити основні фактори дезінтеграції кам'яного матеріалу та використати інформацію для оптимізації властивостей матеріалу [13, 14].

Тому завдання оптимізації зводиться до того, щоб підібрати асфальтобетон з необхідними показниками міцності і деформативності в широкому температурному діапазоні, при мінімальних економічних витратах. Слід відмітити, що особливість такого розгляду полягає ще й в тому, що замість невизначеного поняття "матеріал з оптимальними властивостями", розглядається більш конкретне поняття "матеріал з оптимальними властивостями для даної конструкції.

В різних роботах дослідників можна спостерігати негативне відношення до фрезерованого матеріалу як до відходу. Наприклад у перших дослідженнях ДП «ДерждорНДІ» де фрезерований матеріал розглядається як сміття що потребує утилізації, а не як цінний будівельний матеріал.

Інші дослідження стосуються виключно приготування регенерованого асфальтобетону на основі цементу, що дозволяє без особливих труднощів отримати більш однорідне покриття із значними фізико-механічними характеристиками. Але в цьому випадку фрезерований матеріал не розкриває весь свій потенціал а виступає в ролі заповнювача. Існуючий бітум ніяк не використовується. І досліджень в цьому напрямку не проводиться [1,15].

Також є можливість ознайомитися із дослідженнями по гарячій технології (метод REMIX) яка є ефективною але не завжди може конкурувати із холодними технологіями та має ряд істотних недоліків. Це недотримання температурних режимів, що відбувається практично постійно, значне подорожчання енергоносіїв, не вирішення проблеми відновлення старого бітуму, при змішуванні на дорозі значна неоднорідність покриття. Треба відмітити складність розрахунку підбору складу регенерованої суміші [8, 16] та неможливість дотримання однорідності.

Також відсутні роботи у напрямку розробки повноцінних шарів покриття із фрезерованого асфальтобетону.

Також викликає подив суттєве обмеження вмісту фрезерованого матеріалу в регенерованому асфальтобетоні [8] максимальна кількість фрезерованого матеріалу в деяких дослідженнях у щільному асфальтобетоні складає всього 35%.

Також в усіх роботах регенерований асфальтобетон розглядається виключно як нижній шар покриття хоча у такого матеріалу є перспектива та при належному відношенні можна розробити технологію влаштування верхніх шарів покриття [11,12].

Цілі роботи полягають в забезпечення якості регенерованих шарів дорожнього одягу за рахунок удосконалення методики підбору складу регенерованої суміші з фрезерованого матеріалу, встановлення фактичної неоднорідності шарів існуючого дорожнього одягу та неоднорідності показників фізико – механічних характеристик регенерованого асфальтобетону при змішуванні на місці та в установці.

Основний матеріал.

1. Встановлення фактичної неоднорідності шарів існуючого дорожнього одягу

Досвід впровадження технології холодного ресайклінгу на місці має недоліки, що часто унеможливлює використання даного способу в умовах України. В основному через неоднорідність існуючого дорожнього одягу який будувався у різні роки з порушеннями вимог нормативних документів. На рис. 1. наведено приклад зміни товщини шарів дорожнього одягу по глибині.

2. Удосконалення методики підбору складу рецикльованої суміші

Для визначення показників якості існуючого шару асфальтобетону були відібрані проби фрезерованого покриття в трьох ділянках автомобільної дороги. Визначалися наступні показники: зерновий склад із бітумом, зерновий склад без бітуму, вміст старого бітуму.

Зерновий склад готової наведено у на рис. 2 а.

Із експериментальних даних можна зробити висновок, що фрезерований асфальтобетон є дуже подрібненим фрезою та потребує додавання нового матеріалу. В даному випадку прийнято рішення додавати суміш фр. 0-40 мм у кількості 63 % необхідній для підбору суміші, яка за гранулометричним складом відповідає гарячому пористому асфальтобетону.

Зернові склади готової суміші наведено на рис. 2б.

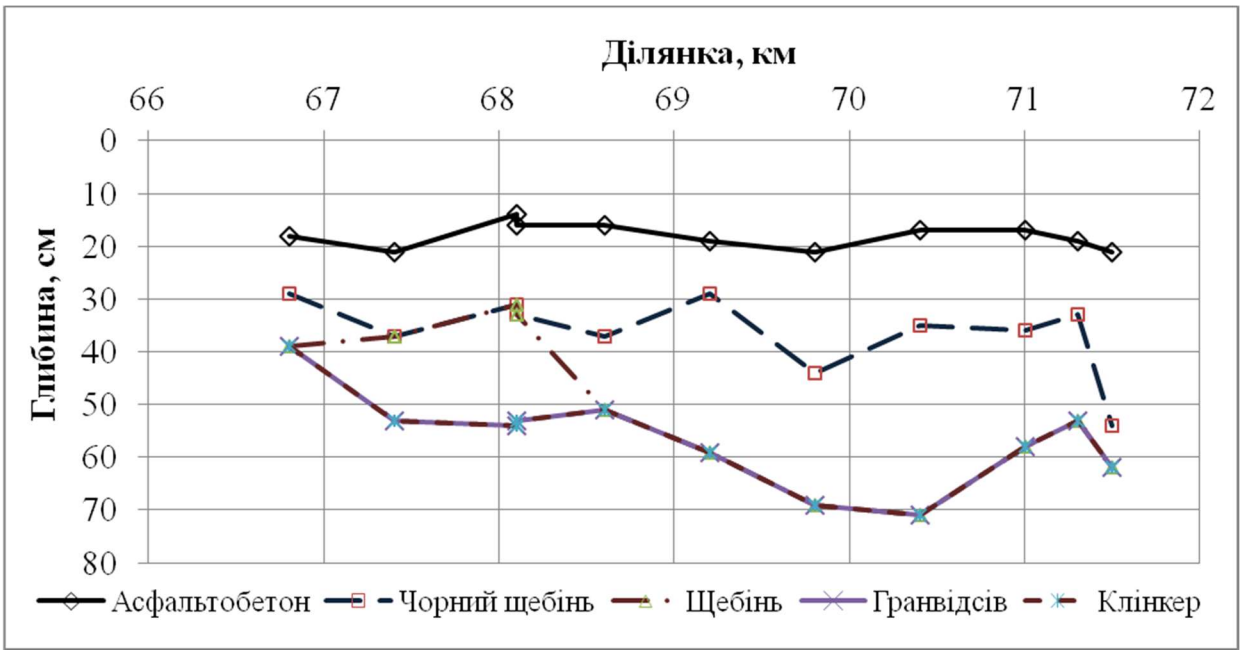
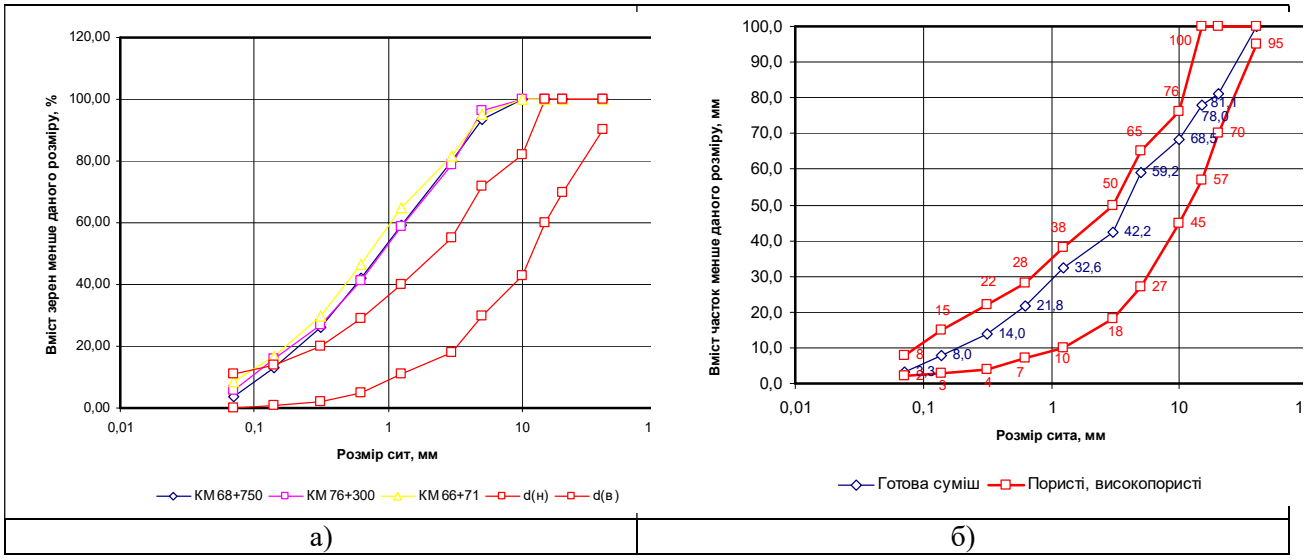


Рисунок 1 – Зміна товщини шарів дорожнього одягу
Figure 1 – Layers thickness changing by depth road clothing



а) б)

Рисунок 2 – Зерновий склад а) готової суміші; б) фрезерованого матеріалу без бітуму

Figure 2 – Grain composition a) finished mixture; b) milled material without bitumen

Необхідну кількість органічного в'яжучого розраховуємо по бітумоємкості підібраної суміші

$$B_б=((0,05*(100-I2,5)+0,12*((100-I0,071)-(100-I2,5))+0,6*I0,071)*55)/Б_е, \quad (5)$$

де,

I – вміст зерен менше даного розміру для відповідного сита, %

$Б_е$ – вміст бітуму в емульсії

Для даної суміші вміст емульсії становить 8,73 %

Вміст бітуму при 60 % емульсії – 5,24 %

Від розрахункової кількості бітуму віднімаємо бітум який знаходиться у фрезерованому асфальтобетоні – 2,81 % та отримуємо необхідну кількість бітуму –

5,24 -2,81 = 2,43 %.

За аналітичним аналізом складу органо-мінеральної суміші визначено, що для забезпечення оптимальної гранулометрії у суміш необхідно додати щебінь фракцій 0-40 мм в кількості – 63 % за масою або щебенево-піщану суміш С-7 згідно з ДСТУ Б В.7-30-95. Кількість органічного в'яжучого (бітуму) в органо-мінеральній суміші, яке становить від 7,4 до 7,9 % від маси кам'яного матеріалу.

Дослідження показали, що для укріплення основи необхідно використовувати комбіноване в'яжуче: бітумна емульсія, спінений бітум та портландцемент марки М400.

Органо-мінеральну суміш потрібно укріплювати комбінованим в'яжучим, за умови забезпечення розрахункових характеристик: модуля пружності 1600 МПа та фактичної міцності на згин 0,4 МПа при розрахунковій температурі, 0°С

Визначені такі склади в'яжучих:

1. цементу – 3 % та бітумної емульсії 2,0 % від маси кам'яних матеріалів;
2. цементу – 3 % та спіненого бітуму 1,3 % від маси кам'яних матеріалів.

Отже для приготування регенерованого асфальтобетону марки М 20 при співвідношенні фрезерованого матеріалу 35% та нової щебенево - піщаної суміші суміші 75% необхідний вміст цементу М 400 складає 2,8% і бітумної емульсії 60% концентрації ЕК-П 2,0%.

Відповідно до науково-дослідної роботи для автомобільної дороги загального користування державного значення Н-24 Благовіщенське – Миколаїв (через м. Вознесенськ), км 75+500 - км 77+500, Миколаївська область та на реконструкцію автомобільної дороги загального користування державного значення Р-06 Ульяновка - Миколаїв (через м. Вознесенськ), км 183+200 - км 185+800, Миколаївська область, надано рекомендований підбір складу регенерованої суміші марки М20.

До підбору складу регенерованої суміші марки М20 входить:

1. Фрезерований матеріал -30 %, новий доданий матеріал 0-40 мм – 70 %;
2. Вміст цементу М400 складає 2,0 %, бітумної емульсії складає 2,5 %;
3. Середнє значення міцності на стиск на сьому добу 2,1 МПа

3. Встановлення неоднорідності фізико – механічних характеристик регенерованого асфальтобетону

Статистичний аналіз результатів випробувань вказує на можливість досягнення на АБЗ коефіцієнту варіації міцності на стиск на 28 добу знаходиться в межах 6,28 …6,46% (табл. 1) та 6,45… 7,24. Тобто, зразки відібрані з покриття будуть характеризуватися коефіцієнтом варіації в межах 8 … 10%. Це практично в 2 рази менше ніж розкид даних для технології перемішування на місці (більше 18%)..

Таблиця 1 – Результати статистичної обробки даних
Table 1 – Results of statistical data processing

Характеристики	Щільність вологого матеріалу, г/см^3	Міцність при стиску, МПа				Водонасичення, % по об'єму	Коефіцієнт тривалої водостійкості
		(Діаметр 101 мм) 7 діб	(Діаметр 101 мм) 28 діб	Водонасичених зразків при температурі 20 °С	При температурі 50 °С		
1	2	3	4	5	6	7	8
Результати статистичної обробки даних червень 2016 р.							
Середнє:	2,31	4,01	5,81	5,38	4,02	7,30	0,96
Максимальне	2,28	3,17	4,50	4,22	3,16	4,90	0,90
Мінімальне	0,03	0,84	1,31	1,16	0,86	2,40	0,06
Розмах	2,30	3,52	5,07	4,80	3,42	6,03	0,94
Стандартне відхилення	0,01	0,26	0,32	0,31	0,21	0,69	0,02
Коефіцієнт варіації	0,41	7,31	6,28	6,46	6,14	11,42	2,27
Розрахункове значення Мінімальне	2,28	3,08	4,53	4,27	3,06	4,85	0,90
Максимальне	2,31	3,96	5,62	5,33	3,78	7,20	0,97
Межі СОУ 45.2-00018112 - 061:2011 Т5.3			≥ 4 МПа	≥ 4 МПа	≥ 1 МПа	≤ 8	>0,7

Нижче в табл. 3 зведені результати визначення розрахункового значення міцності основи при незмінному середньому значенні характеристик міцності

$$Rx_{min}=R_{cp}\cdot(1 - 1,71\cdot C_v); \quad (5)$$
$$Rx_{max}=R_{cp}\cdot(1+ 1,71\cdot C_v);$$

при 2 х способах будівництва при відповідно коефіцієнті варіації 10-12% для перемішування на АБЗ та 18 - 20 % для перемішування на місці.

Таблиця 2 – Результати статистичної обробки даних
Table 2 – Results of statistical data processing

Характеристики	Щільність вологого матеріалу, г/см^3	Міцність при стиску, МПа				Водонасичення, % по об'єму	Коефіцієнт тривалої водостійкості
		(Діаметр 101 мм) 7 діб	(Діаметр 101 мм) 28 діб	Водонасичених зразків при температурі 20 °С	При температурі 50 °С		
1	2	3	4	5	6	7	8
Результати статистичної обробки даних							
Середнє:	2,33	4,01	5,81	5,38	4,86	7,40	0,95
Максимальне	2,28	2,30	4,60	4,46	3,16	4,90	0,91
Мінімальне	0,05	1,71	1,21	0,92	1,70	2,50	0,04
Розмах	2,30	3,51	5,15	4,86	3,64	6,39	0,94
Стандартне відхилення	0,01	0,35	0,37	0,31	0,47	0,89	0,03
Коефіцієнт варіації	0,49	10,01	7,24	6,45	12,86	13,88	2,93
Розрахункове значення Мінімальне	2,28	2,91	4,51	4,32	2,84	4,88	0,89
Максимальне	2,32	4,11	5,78	5,40	4,44	7,91	0,98
Межі СОУ 45.2-00018112 -061:2011 Т5.3			≥ 4 МПа	≥ 4 МПа	≥ 1 МПа	≤ 8	>0,7

Таблиця 3 – Результати визначення розрахункового значення міцності основи
Table 3 – Determining results of base strength calculated value

Параметр	Міцність на стиск, МПа			
	(Діаметр 101 мм) 7 діб	(Діаметр 101 мм) 28 діб	водонасичених зразків при температурі 20 °С	при температурі 50 °С
1	2	3	4	5
Коефіцієнті варіації 10% для перемішування на АБЗ				
Максимальне	4,12	5,94	5,62	4,00
Мінімальне	2,92	4,21	3,98	2,83
Коефіцієнті варіації 18 % для перемішування на місці				
Максимальне	4,60	6,64	6,27	4,47
Мінімальне	2,44	3,51	3,32	2,37
Межі СОУ 45.2-00018112 -061:2011 Т5.3		≥ 4 МПа	≥ 4 МПа	≥ 1 МПа

Таким чином, технологія холодного ресайклінгу з перемішуванням суміші в установці є більш досконалою і дозволяє будувати шари основи заданої якості та довговічності.

4. Встановлення товщини шару основи з урахуванням наявного матеріалу

Перед початком робі з з капітального ремонту необхідно визначити товщини шарів дорожнього одягу для вирахування глибини фрезерування.

За результатами визначення товщини на всій протяжності ділянки автомобільної дороги встановлено середньо – зважену товщину асфальтобетонних шарів для лівого проїзду 0,162 м, для правого - 0,171 м, та в середньому - μ = 16.6 см, коефіцієнт варіації 13%, середньо - квадратичне відхилення σ= 16.6 · 13/100= 2,16 см.

За допомогою функції *N=rnorm(n, μ, σ)* в середовищі MathCad 15 виконана генерація випадкових чисел, які підлягають нормальному закону. За результатами обробки даних визначення товщини побудована гістограма та теоретична крива нормального розподілу товщини асфальтобетону існуючого дорожнього одягу (рис. 2).

Для визначення необхідної глибини фрезерування розглянуто варіанти зняття верхнього шару на різну глибину. Приклади зміни теоретичної щільності розподілу товщини після зняття 8 та 9 см асфальтобетону наведені на рис 3. та 4.

Мінімальна товщина асфальтобетону 4,2 см. Товщина асфальтобетону з достовірністю 90% - 5,55 см, 95% - 5,20 см.

Із умови збереження суцільності та міцності асфальтобетонного шару при проїзді автотранспорту в процесі будівництва нового покриття дороги товщина після фрезерування повинна бути не менше 5 см. Тоді раціональна товщина зняття шару має бути 10 см.

Аналіз отриманих результатів підтверджує раніше вказані закономірності:

- для перемішування на місці (коефіцієнті варіації 18 %) міцність при стиску на 28 добу як сухих так і водонасичених зразків буде знаходитися в межах від 3,32 МПа (фактично марка М30) до 6,64 (максимальна марка М60), що є недопустимими межами для міцності основи так як буде відбуватися руйнування основи під дією рухомого навантаження (на ділянках де міцність менша 4 МП), та викликатимуть відображені тріщини при міцності більше 6 МПа (марка більше М 60);
- для перемішування на АБЗ (коефіцієнті варіації 10%) міцність при стиску на 28 добу як сухих так і водонасичених зразків буде знаходитися в межах від 3,98 МПа (фактично марка М40) до 5,94 (максимальна марка М60), що є допустимими межами для міцності основи яка не руйнується від навантаження та не викликає появу відображених тріщин.

Ще більш важливим є точність дозування в'яжучого при марці укріпленого матеріалу М 20.

Так, наприклад, для забезпечення марки за міцністю на стиск М 20 (із забезпеченістю 95% для нормального закону розподілу):

- при перемішуванні на місці (коефіцієнті варіації 18 %) середнє значення міцності має бути не менше

$$Rcp = 2{,}0\cdot(1+1{,}64\cdot 0{,}18) = 2{,}59 \text{ МПа } (25{,}9 \text{ кгс/см}^2),$$

а середньо – квадратичне відхилення буде становити 0,466 МПа (4,66 кгс/см^2). Тоді мінімальне значення міцності буде 1,19 МПа (11,9 кгс/см^2), а максимальне 3,99 МПа (39,9 кгс/см^2).

- при перемішуванні на АБЗ (коефіцієнті варіації 10%) середнє значення міцності має бути не менше

$$Rcp = 2{,}0\cdot(1+1{,}64\cdot 0{,}10) = 2{,}33 \text{ МПа } (23{,}3 \text{ кгс/см}^2).$$

А середньо – квадратичне відхилення буде становити 0,233 МПа (2,33 кгс/см^2). Тоді мінімальне значення міцності буде 1,63 МПа (16,3 кгс/см^2). а максимальне 3,03 МПа (30,3 кгс/см^2).

Тобто, для марки М 20 при перемішуванні на місці, фактично буде спостерігатися розкид даних від марки 10 до марки 40, а при перемішуванні на АБЗ від М 15 до М 30. Тому ресайклінг на місці для марки М 20 є недоцільним, через небезпечність появи ділянок з недостатньої міцністю. Також, для перемішування на АБЗ слід дотримуватися середнього значення міцності не менше 25 кгс/см^2. При суворому дотриманні компонентів суміші та параметрів технології влаштування регенерованого шару та догляду за ним. При неможливості налагодити контроль якості та неоднорідності фрезерованого матеріалу необхідно дотримуватися середньої міцності матеріалу на 28 добу не менше 3,0 МПа (30 кгс/см^2).

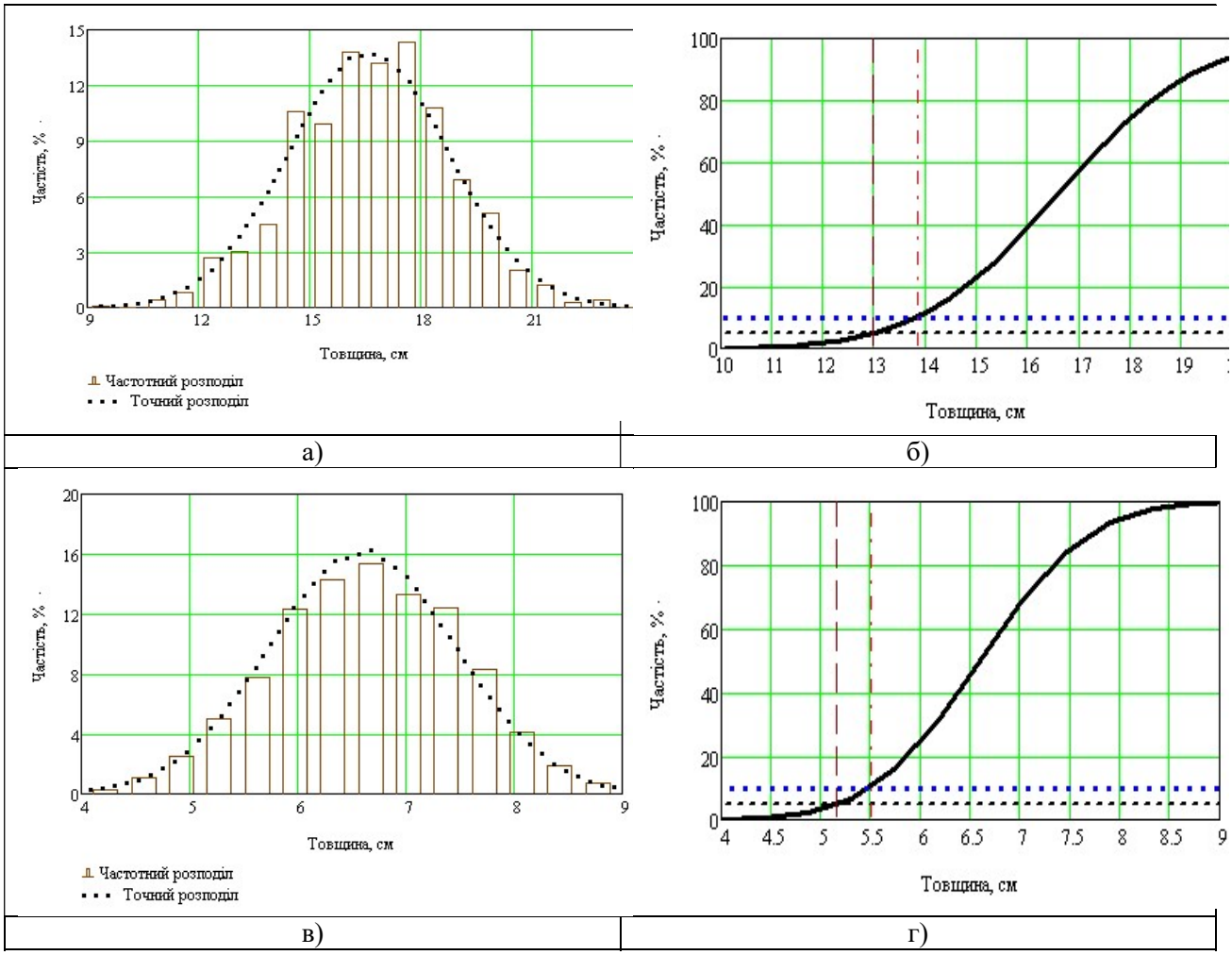


Рисунок 3 – Гістограма та диференційна крива та функція розподілу за результатами моделювання: а) б) товщини асфальтобетонних шарів існуючого дорожнього одягу; в). г) після фрезерування 10 см асфальтобетону

Figure 3 – Histogram and differential curve and distribution function based on simulation results: a), b) asphalt concrete layers thickness of existing road surface; c), d) asphalt concrete after milling 10 cm.

Висновки

При використанні технології холодного ресайклінгу на місці не вдається досягнути однакової міцності основи, що часто необхідно для отримання рівноміцної конструкції по всій протяжності ділянки дороги. Поява тріщин, поперечної нерівності, ухилу. В такому випадку неможливо гарантувати надійність конструкції.

Вказаних недоліків немає в технології приготування суміші в установці. Із аналізу даних можна зробити висновок, що при 2-х способах будівництва коефіцієнт варіації становить 10-12% для перемішування на АБЗ та 18 - 20 % для перемішування на місці.

Таким чином, технологія холодного ресайклінгу з перемішуванням суміші в установці є більш досконалою і дозволяє будувати шари основи заданої якості та довговічності. При дотриманні вказаних вище коефіцієнтів варіації та середнього значення міцності якість регенерованої основи може бути забезпечена навіть при використанні замість комбінованого в'яжучого (цемент+ бітумна емульсія, цемент+ спінений бітум) портландцементу М 400 (до 3,5%) при ретельному підборі складу суміші та її контролі складу в процесі виготовлення та дотримання технології влаштування шару основи.

За результатами виконаних досліджень рекомендовано «Шар з органо-мінеральної суміші з фрезерованого матеріалу виготовлений за методом холодного ресайклінгу (в установці) (30 %) з додаванням щебенево-піщаної суміші С-7 марки М-20 (70 %) укріпленої комплексним в'яжучим, бітумної емульсії ЕК-П (2,5 %) та цементу М400 (2,0 %) , згідно СОУ 45.2-0018112-061:2011».

Результати досліджень реалізовано на АД Київ – Ковель за 8 років немає жодної тріщини. Будуть реалізовані на АД Н-24 Благовіщенське – Миколаїв (через м. Вознесенськ), км 75+500 - км 77+500, Миколаївська область та при реконструкції автомобільної дороги Р-06 Ульяновка - Миколаїв (через м. Вознесенськ), км 183+200 - км 185+800, Миколаївська область.

Необхідно розробити методику оцінки надійності проміжних шарів дорожнього одягу із регенерованого асфальтобетону.

Перелік посилань

1. В. Жданюк, Д. Сибильский Рециклирование дорожных одежд. Часть 1. Руководство по холодному рециклированию дорожных одежд непосредственно на дороге с применением цемента. Х.: Изд-во ХНАДУ, 2005. -76 с.

2. В. Жданюк, Д. Сибильский Рециклирование дорожных одежд. Часть 2. Руководство по холодному рециклированию дорожных одежд с применением битумной змульсии и вспененного битума.- Х.: Изд-во ХНАДУ, 2006.- 78 с.

3. В. Жданюк, Д. Сибильский Рециклирование дорожных одежд. Часть 3. Руководство по горячему рециклированию асфальтобетона старых покрытий на заводе. - Х.: Изд-во ХНАДУ, 2006.- 52 с.

4. Дмитриченко М.Ф., Дмитрієв М.М., Гамеляк І.П., Райковський В.Ф., Якименко Я.М. Надійність конструкцій дорожнього одягу. Навч. посібник. К.: НТУ. 2012.- 206 с.

5. Горелишев М.В. Прогрессивные конструкции дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием. Автомобильные дороги. 1971. №10. С.5-7.

6. Сюньи Г.К., Усманов К.Х., Файнберг З.С. Регенерированный дорожный асфальтобетон. М.: Транспорт, 1984. - 118 с.

7. Золотарьов В.А. Довговічність дорожних асфальтобетонів. Харків: Вища школа, Видавництво при ХДУ, 1977. -116 с.

8. Нагайчук В.М., Ілляш С І., Терещенко Т.А. Особливості гарячого ресайклінгу на дорозі зі зміною гранулометричного складу асфальтобетонної суміші. Автошляховик України. 2018 № 4. С. 20-27.

9. Головко С.К. Дослідження способів повторного використання дорожньо-будівельних матеріалів при ремонті дорожніх одягів капітального типу. Будівництво та цивільна інженерія. Вип. 24. С. 60-71.

10.Р В.3.2-218-02070915-204-2003 Рекомендації по регенерації та повторному використанню фрезерованого асфальтобетону. Київ 2003. -32 с.

11.ТТР 42.1-37641918-418:2017 Типовий технологічний регламент на виготовлення бітумомінеральних сумішей з використанням асфальтобетонної крихти. Київ. 2017. -34 с.

12.ДСТУ 8976:2020 Матеріали дорожні, виготовлені за технологією холодного ресайклінгу. Технічні умови. Київ. 2020. -98 с.

13.ДСТУ 8977:2020 Матеріали дорожні, виготовлені за технологією холодного ресайклінгу. Методи випробування.

14.ДСТУ 8978:2020 Настанова з улаштування шарів дорожнього одягу за технологією холодного ресайклінгу.

15.Р В.3.2-218-03450778-301-2004 Рекомендації по холодному ресайклінгу дорожнього одягу комплектом машин WR 2500 та WM 1000 Р. Київ. 2004. -32 с.

16.Р В.3.2-03450778-837:2014 Рекомендації з відновлення зношених шарів асфальтобетонного покриття за технологією гарячого ресайклінгу на дорозі. – Рекомендовано Науковою радою Укравтодору; протокол від 03.12.2014. № 2.-28 с.

17.Р В.2.7-37641918-887:2017 Рекомендації з підбору складу та застосування бітумомінеральних сумішей з використанням асфальтобетонної крихти. Рекомендовано Науковою радою Укравтодору, протокол від 05.10.2017. № 1. -40 с

18. ВБН В.2.3-218-539:2007 Споруди транспорту. Влаштування шарів дорожнього одягу автомобільних доріг загального користування з холодних сумішей, що містять фрезерований асфальтобетон.

19.ДСТУ EN 13108-8:2018 Бітумомінеральні суміші. Технічні умови. Частина 8. Регенерований асфальтобетон (EN 13108-8:2016, IDT).

QUALITY IMPROVING OF REGENERATED ASPHALT CONCRETE

Gameliak Igor P., Doctor of Engineering Sciences, professor, Head of department «Airports», National Transport University. https://orcid.org/0000-0001-9246-7561
Dmytrychenko Andij M., Candidate of Engineering Sciences, associate professor of department transport law and logistic, National Transport University. https://orcid.org/0000-0001-6144-7533
Zhuravskyi Demyan L., chief of laboratory, ShRBU N100 (Kyiv, Ukraine). https://orcid.org/0000-0003-2277-4333

Abstract. Asphalt concrete regeneration is a technology for processing old asphalt-concrete milled material, restoration involving and characteristics improvement for reuse during coating installation, as well as for other road works.

Old asphalt concrete processing is a resource-saving technology that can significantly reduce, material consumption of road repairs and work related with road surfaces installations. The regenerated asphalt mix, in addition to arranging layers of pavement, can also be used to create road base upper layers.

Depending on the method of regeneration and volume of old material used in the regenerated mixture preparation, it is possible to reduce the cost of restoring pavement by 30% compared to traditional technology, when work using a new asphalt mix, is performed.

The main methods of asphalt concrete regeneration in [1 - 5]. Old asphalt concrete material regeneration can be carried out in two main ways:

- at an asphalt concrete plant, when old asphalt material processing previously removed (by cold or hot milling) is carried out in stationary or mobile mixing plants;

- at the working place, when the regeneration of the old asphalt material is carried out directly in the process of laying the coating with the help of special road construction equipment (thermoprofilers, remixers, recyclers, etc.). Old asphalt pavement milling can be carried out in a cold or hot way. In the case of hot milling, infrared heaters are used to preheat asphalt concrete.

There are several basic regeneration methods of old asphalt concrete at the work site:

- hot regeneration;

- method of thermoplasticization - hot regeneration of old asphalt material with addition to its composition a plasticizer;

- thermomixing method - hot regeneration of old asphalt material with addition a new asphalt mix, as well as rubble, bitumen binder and plasticizer;

- thermoprofiling method - hot regeneration of old asphalt material without adding a new asphalt mix.

- cold regeneration - restoration of old asphalt material without heating with addition organics and mineral binders, stone material, as well as various impurities that improve regenerated material characteristics.

An important stage regeneration preceding of old asphalt concrete is the composition design of new regenerated mixture. Are determined, when selecting composition processing technology, type of mixing plant, is determined amount of old asphalt concrete in the regenerated mixture composition. Then determine composition and properties of milled asphalt concrete, evaluate the grain composition of mineral materials, viscosity of bitumen and its content in the old mixture. Similarly, evaluating the properties of new mineral materials and binders.

After that, calculating the regenerated mixture composition of mineral part and the amount of old asphalt concrete is specified, based on the mineral components resulting ratio. Based on data on content and viscosity of bitumen in the old mixture, the amount and viscosity of the new bitumen are selected to prepare the regenerated mixture. With a high viscosity of bitumen in the old asphalt concrete, the use of plasticizers is provided. Taking into account the data obtained, the composition of the regenerated mixture is finally determined.

The procedure for selecting regenerated asphalt concrete composition:

- Determination mineral materials of grain composition, binder content and properties in the old asphalt concrete.

- Determination new materials of grain composition and new binder properties.

- Calculating composition regenerated mixture of the mineral part and determining amount of old asphalt concrete, taking into account mixing plant type.

- Determination amount of new bitumen in regenerated asphalt mix composition.

- Determination viscosity required of new bitumen and the amount of plasticizer.

- Determination regenerated mixture composition, preparation and control samples testing of regenerated asphalt concrete.

- Clarification regenerated mixture composition according to the test results of control samples.

Keywords: asphalt concrete regeneration, milling, methods asphalt mix regeneration, asphalt concrete composition

References

1. V. Zhdaniuk, D. Sybylskyi Recycling of road clothes. Part 1. Guide to cold recycling of road clothing directly on the road using cement. X.: publishing house KhNADU, 2005. -76 p. [in Russian].

2. V. Zhdaniuk, D. Sybylskyi Recycling of road clothes. Part 2. Guide to cold recycling of road clothing using bitumen emulsion and foamed bitumen.- X.: publishing house KhNADU, 2006. -78 p. [in Russian].

3. V. Zhdaniuk, D. Recycling of road clothes. Part 3. Guide to hot recycling of old asphalt concrete coated at the plant. - X.: publishing house KhNADU, 2006.- 52 p. [in Russian].

4. Dmytrychenko M.F., Dmytriiev M.M., Hamelyak I.P., Raikovskyi V.F., Yakymenko Y.M. Reliability of road clothing structures. Education manual K.: NTU. 2012. -206 p. [in Ukrainian].

5. Horelyshev M.V. Progressive constructions of road clothing with asphalt concrete coating. Automobile roads. 1971. №10. p.5-7. [in Russian].

6. Siuny H.K., Usmanov K.Kh., Fainberh Z.S. Regenerated road asphalt concrete. M.: Transport, 1984. - 118 p. [in Russian].

7. Zolotarov V.A. Durability of road asphalt concrete. Kharkiv: Higher School, Publishing House KhDU, 1977. -116 p. [in Ukrainian].

8. Nahaichuk V.M., Illiash S I., Tereshchenko T.A. Features of hot recycling on the road with a change in the granulometric composition of the asphalt concrete mixture. Highway of Ukraine. 2018 № 4. p. 20-27. [in Ukrainian].

9. Holovko S.K. Study of methods of reuse of road construction materials in the repair of capital-type road clothing. Construction and civil engineering. publishing. 24. p. 60-71. [in Ukrainian].

10.R V.3.2-218-02070915-204-2003 Recommendations for regeneration and reuse of milled asphalt concrete. Kyiv 2003.- 32 p. [in Ukrainian].

11.TTR 42.1-37641918-418:2017 Standard technological regulations for the production of bituminous-mineral mixtures using asphalt concrete crumb. Kyiv. 2017. 34 p. [in Ukrainian].

12.DSTU 8976:2020 Road materials manufactured using cold recycling technology. Specifications. Kyiv. 2020. -98 p. [in Ukrainian].

13.DSTU 8977:2020 Road materials manufactured using cold recycling technology. Test methods. [in Ukrainian].

14.DSTU 8978:2020 Instructions for arranging layers of road clothing using cold recycling technology. [in Ukrainian].

15.R V.3.2-218-03450778-301-2004 Recommendations for cold recycling of road clothing with a set of WR 2500 and WM 1000 machines. Kyiv.. 2004. 32 p. [in Ukrainian].

16.R V.3.2-03450778-837:2014 Recommendations for restoration of worn layers of asphalt concrete pavement using hot recycling technology on the road. – Recommended by the Scientific Council of Ukravtodor; protocol from 03.12.2014. № 2.-28 p. [in Ukrainian].

17.R V.2.7-37641918-887:2017 Recommendations for selecting the composition and application of bituminous-mineral mixtures using asphalt concrete crumb. Recommended by the Scientific Council of Ukravtodor, protocol dated 05.10.2017. № 1. -40 p. [in Ukrainian].

18. VBN V.2.3-218-539:2007 Transport facilities. Arrangement of road wear layers of public highways from cold mixtures containing milled asphalt concrete. [in Ukrainian].

19.DSTU EN 13108-8:2018 Bituminous-mineral mixtures. Specifications. Part 8. Regenerated asphalt concrete (EN 13108-8:2016, IDT). [in Ukrainian].

УДК 625.70; УДК 658. 334
UDC 625.70; UDC 658. 334
DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-033-045

КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ЦЕМЕНТОБЕТОННИХ ПОКРИТТІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ НА ОБ'ЄКТАХ ВЕЛИКОГО БУДІВНИЦТВА

QUALITY CONTROL OF CEMENT-CONCRETE ROAD SURFACES AT LARGE CONSTRUCTION FACILITIES



***Гамеляк Ігор Павлович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Аеропорти», Національний транспортний університет*

https://orcid.org/0000-0001-9246-7561



***Дмитриченко Андрій Миколайович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортного права та логістики, Національний транспортний університет*

https://orcid.org/0000-0001-6144-7533



***Кривобок Олександр Вікторович,** аспірант, Національний транспортний університет, Київ, Україна, shuriksan1995@gmail.com,*

https://orcid.org/0000-0002-5424-8664

Анотація. Стаття присвячена контролю якості цементобетонних покриттів автомобільних доріг на об'єктах Великого будівництва.

Мета роботи. Удосконалення методів розрахунку характеристичних та розрахункових значень міцності цементобетону.

Об'єкт дослідження – цементобетонне покриття автомобільних доріг.

Метод дослідження: науково-експериментальний.

В статті наведено: процес контролю якості при будівництві цементобетонного покриття та основи, проведено статистичну обробка експериментальних даних міцності на стиск та розтяг при згині, виконано порівняльну характеристику нормативних документів та зазначено основні зміни між ними, також проведено аналіз європейського стандарту. Наведено значення толерантної межі *t* для розрахунку характеристичних та розрахункових значень міцності при кількості випробувань n = 25 при різній надійності для транспортних конструкцій та споруд та законах розподілу. Проведено розрахунок та порівняння характеристичних та розрахункових значень міцності бетону згідно з національним стандартом та європейським.

Результати статті можуть бути використані при розрахунку характеристичних та розрахункових значень міцності цементобетону під час підбору складу цементобетонної суміші.

Ключові слова: дорожній цементобетон, контроль якості, статистичний приймальний контроль, цементобетонна суміш.

Вступ. Контроль якості полягає у встановленні відповідності дорожньо-будівельних матеріалів, виробів, конструкцій, сировини і дорожньо-будівельних робіт вимогам нормативних, технологічних і проектних документів, та недопущення відхилень від них, підвищення оперативності та ефективності усунення дефектів і недоліків, а також запобігання їх виникненню у подальшому (рис.1).

Якість і довговічність автомобільних доріг з цементобетонним покриттям залежить від великої кількості факторів, які мають стохастичну природу.

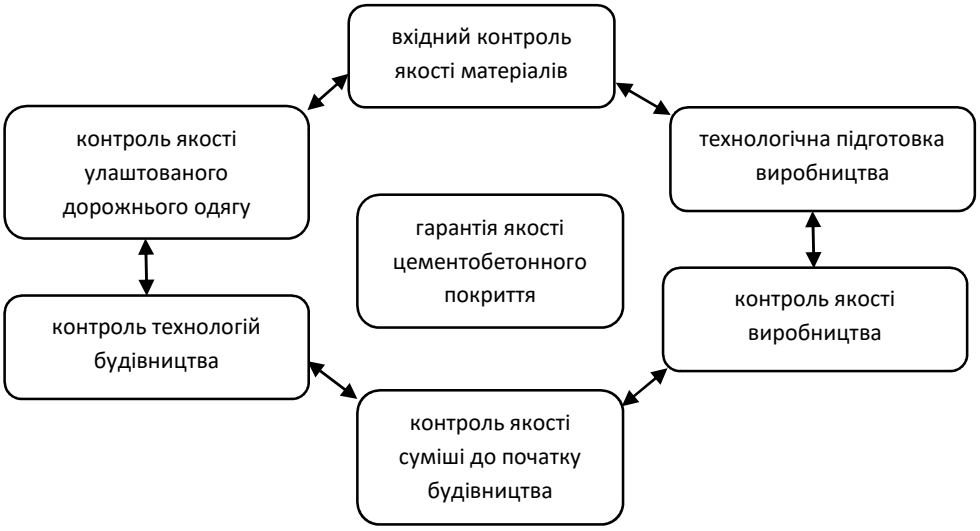


Рисунок 1.1 – Схема взаємозвязку основних елементів при контролі якості цементобетонного покриття

Figure 1.1 – Diagram of the relationship between the main elements in the cement concrete pavement quality control

Дорожній цементобетон отримується в результаті твердіння цементобетонної суміші, призначений для будівництва основи та покриття жорсткого дорожнього та аеродромного одягу, який є різновидом важкого бетону і характеризується підвищеними вимогами до міцності на розтяг за згином, за стираністю, морозостійкістю та корозійною стійкістю. Суміші цементобетонні дорожні це раціонально підібрана і перемішана суміш, що складається з цементного в'яжучого, крупного та дрібного заповнювачів, води та хімічних добавок і, за потреби, мінеральних добавок [1].

Під жорстким розуміють покриття, деформативність і міцність якого практично не залежать від температури, тривалості дії навантаження і вологості, і саме таким покриття містить цементобетонні шари. Перевагою цементобетону над асфальтобетоном є те, що жорсткість і міцність цементобетонного покриття не знижуються з підвищенням температури або збільшенням тривалості дії навантаження.

Термін служби 20 – 25 років до ремонту є звичайним для цементобетонних покриттів в США, а в країнах Західної Європи він часто перевищує 30 – 40 років, що приблизно в 2 – 3 рази більше міжремонтного терміну служби асфальтобетону. Поширеність цементобетону на дорогах в усьому світі становить за різними даними від 10 до 60 % [2].

При цьому зазначені показники терміну служби досягаються головним чином від якості проекту, матеріалів, які використовуються і технологічних процесів. Одним із головних факторів є контроль якості, який відіграє особливу роль в комплексній системі управління якістю продукції дорожнього будівництва.

Аналіз стану справ.

При будівництві цементобетонного покриття та основи здійснюють контроль за дотриманням вимог будівельних норм та нормативних документів.

Вимоги до контролю якості цементобетону, а також цементобетонної суміші здійснюють відповідно до ДСТУ-Н Б В.2.3-36 [3], а також ДСТУ 8858 [1].

Контроль якості вихідних матеріалів для приготування цементобетонних сумішей на ЦБЗ або змішувальних установках (цемент, пісок, крупний заповнювач, вода і добавки) підлягають вхідному контролю на відповідність нормативним документам.

Для цементу контроль проводять при надходженні кожної партії, а при тривалому зберіганні – через кожен місяць після першого контролю якості, для піску проводять шляхом визначення не менше одного разу за зміну вологості, зернового складу, модуля крупності, вмісту пилуватих і глинистих часток методом відмучування.

Контроль якості крупного заповнювача полягає у визначенні не менше одного разу в зміну вологості, зернового складу, в тому числі вміст пилуватих і глинистих часток. Визначення інших властивостей здійснюється для кожної нової партії.

Концентрацію робочих розчинів добавок слід контролювати на початку зміни та після приготування кожної нової порції розчину. Після відповідних перевірок якості матеріалів виконується приготування цементобетонної суміші.

Контроль якості цементобетонної суміші здійснюють згідно з ДСТУ Б В.2.7-96, ДСТУ Б В.2.7-176, ДСТУ Б В.2.7-114 [4 – 6].

Контроль якості цементобетонної суміші та цементобетону здійснюється на ЦБЗ і безпосередньо на місці влаштування шару покриття чи основи. Контроль міцності бетон у готовому покритті допускається здійснювати шляхом відбору та випробування кернів або ультразвуковим імпульсним методом. Доцільно впровадити вирізання зразків призм для більш точного контролю якості, особливо для бетонів, що ущільнюються котками.

Для визначення міцності бетону у готовому покритті або шарі основи відбирають не менше ніж три керни на кожних 9000 м^2 покриття та випробовують їх згідно з ДСТУ Б В.2.7-223, ДСТУ Б В.2.7-224 [7, 8]. Марку бетону за морозостійкістю для дорожнього покриття необхідно визначати згідно з ДСТУ Б В.2.7-47 і ДСТУ Б В.2.7-49 [9, 10].

Заключним етапом є контроль якості цементобетонного покриття руйнівними та неруйнівними методами (ультразвуковий метод, вимірювання відскоку склерометром тощо), зокрема вимірювання чаші прогину установкою з падаючим вантажем FWD.

Постановка проблеми.

Науковий підхід до проблеми управління якістю неможливий без застосування статистичних методів забезпечення якості. Одним із таких методів є статистичне регулювання технологічних процесів масового виробництва штучної і нештучної продукції. Статистичне регулювання технологічного процесу полягає в тому, що у визначений момент часу із сукупності одиниць продукції, які пройшли контролюючий процес, вибирають вибірку і вимірюють контролюючий параметр. За результатами вимірювань приймають рішення про корегуванню процесу або про продовження процесу без корегування [11].

Для забезпечення статистично керованого стану технологічних процесів у дорожньому будівництві, необхідно щоб якість матеріалів, що використовуються гарантовано відповідала встановленим вимогам.

Статистичний приймальний контроль матеріалів та відбракування матеріалів які не відповідають встановленим вимогам дозволить підтримувати технологічний процес будівництва цементобетонних доріг на прийнятому стабільному рівні, попередити витрати на руйнування доріг, та зробити висновки про технологію виготовлення матеріалів та вибирати виробників матеріалів які мають стабільні показники якості.

Задача статистичного керування процесами – забезпечення і підтримка на прийнятному і стабільному рівні, що гарантує відповідність продукції і технологічних операцій встановленим вимогам. [12].

Мета роботи. Аналіз даних з контролю якості покриттів із цементобетонних автомобільних доріг на об’єктах Великого будівництва за результатами випробувань міцності на стиск та згин цементобетонних зразків.

Основна частина.

В лабораторії жорсткого дорожнього одягу ДП «ДерждорНДІ» в рамках наукового-технічного супроводу виконується періодичний контроль якості цементобетону, цементобетонних зразків-кубів та зразків-балок на відповідність проектним показникам. На об’єктах Н-14 Олесандрівка – Кропивницький – Миколаїв на ділянці км 153+196 – км 161+204, Миколаївська область та М-14 Одеса – Мелітополь – Новоазовськ (на м. Таганрог) на ділянці км 126+000 – км 129+122, Миколаївська

область було здійснено відбір зразків-кубів та зразків-балок та їх випробування. На об'єкті Т-26-08 Сторожинець – Контрольно пропускний пункт «Красноїльськ» на ділянці км 21+354 – км 28+694 у Чернівецькій області. Науково-технічний супровід не здійснювався, але підрядною організацією було надано результати випробувань. Дані складу цементобетонних сумішей наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Склади цементобетонних сумішей
Table 1 – Compositions of cement-concrete mixtures

Об'єкт	Т2608	Н-14	М-14
Кілометр	км 21+354 – км 28+694	км 153+196 – км 161+204	км 126+000 – км 129+122
Склад суміші	кг/ на 1 куб. м		
Щебінь фр. 10-20 мм	825	735	735
Щебінь фр. 5-10 мм	440	565	565
Пісок	640	525	525
Цемент ПЦ І 500 - Н	360	440	440
Пластифікатор	Muraplast FK59	Muraplast FK59	Muraplast FK59
	2,52	4,4	4,4
Повітровтягувальна добавка	Centrament air 202 (konz)	Centrament air 202	Centrament air 202
	2,52	3,52	3,52
Вода	140	140	140
В/Ц	0,39	0,32	0,32
Підрядник	ТОВ «Бетонні покриття та технології»	ТОВ «Європейська дорожньо-будівельна компанія»	
Кількість випробуваних зразків	53	15	23

Результати статистичної обробки даних по об'єктах наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Результати статистичної обробки даних по об'єктах
Table 2 – Results of statistical data processing by objects

Об'єкт	Т2608			Н14			М14		
Показники властивостей	Густина, т/м^3	Границя міцності, МПа		Густина, т/м^3	Границя міцності, МПа		Густина, т/м^3	Границя міцності, МПа	
		на стиск	на розтяг при згині		на стиск	на розтяг при згині		на стиск	на розтяг при згині
мін.	2,29	37,0	4,6	2,39	39,10	5,8	2,35	40,1	5,8
макс.	2,41	47,8	5,1	2,48	45,30	6,1	2,45	43,7	6,2
різниця	0,12	10,8	0,5	0,09	6,20	0,3	0,10	3,6	0,4
середнє	2,35	42,65	4,87	2,43	41,78	5,94	2,41	41,80	6,06
СКВ	0,032	2,35	0,14	0,029	1,839	0,10	0,029	1,13	0,15
коеф. варіації (фактичний)	1,36	5,50	2,91	1,18	4,40	1,62	1,19	2,70	2,48
розрахунове значення	2,40	38,8	4,6	2,39	38,77	5,8	2,36	39,9	5,8
при варіації 13,5%		33,2	3,8		32,5	4,6		32,5	4,7
проектний клас міцності		B30	Btb3,6		B30	Btb4,4		B30	Btb4,4

Аналіз даних випробувань майже 100 зразків на трьох об'єктах Великого будівництва вказує на відповідність випробуваних цементобетонів проектному класу міцності Btb3,6 для автомобільної дороги III категорії (Т2608) та Btb4,4 – для I категорії. Причому, звертає на себе увагу дуже малі значення коефіцієнту варіації міцності як на стиск (значення змінюються від 2,7 до 5,5%) та варіації міцності розтяг при згині (від 1,62 до 2,91%). Ці значення 2,5 – 5 раз менше для міцності на стиск та 4,7 – 8,3 раз менші від загальногалузевого значення 13,5%.

Удосконалення методики встановлення класу міцності бетону.

Для побудови статистичного ряду значної довжини було використано дані випробувань міцності цементобетону на стиск та розтяг при згині, надані лабораторією ЦБЗ (підрядної організації) протягом 3 - х місяців 2019 року на автомобільній дорозі Н 31 Дніпро – Царичанка – Кобеляки - Решетилівка. На рис. 2 наведено графік зміни подобово даних випробувань.

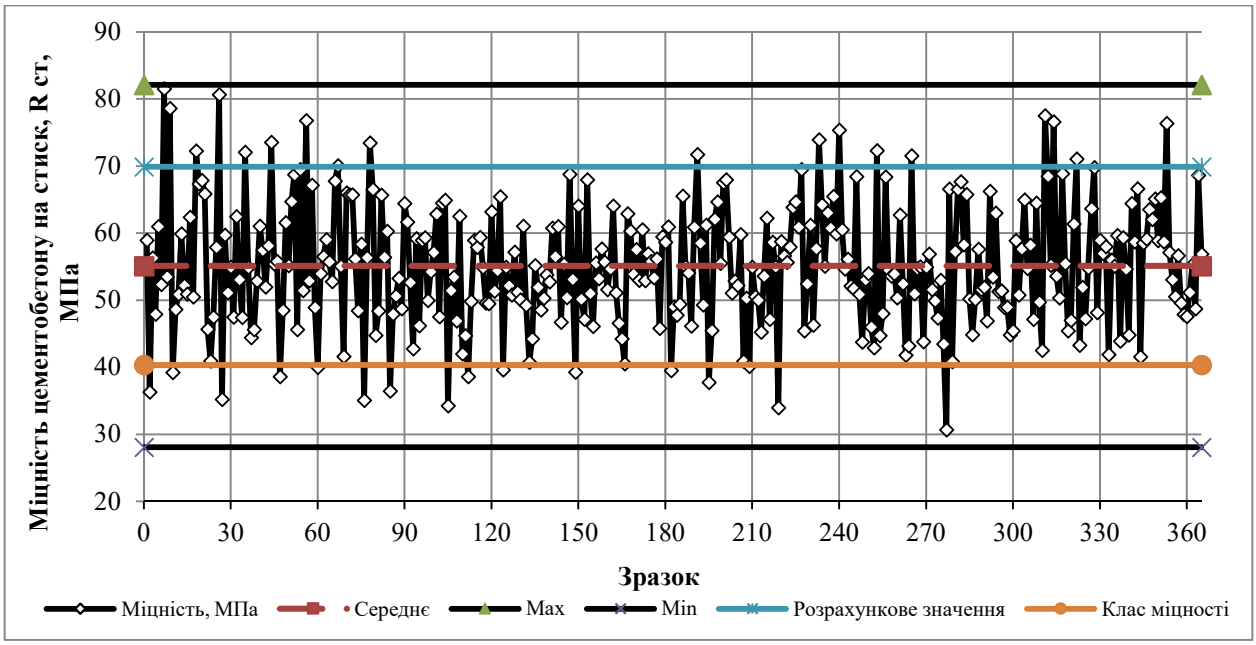
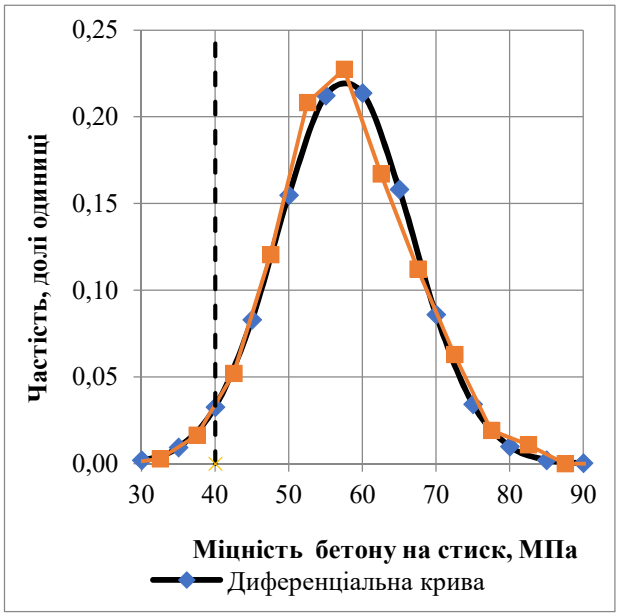


Рисунок 2 – Статистичний ряд випробувань міцності цементобетону на стиск лабораторією ЦБЗ протягом 3 - х місяців

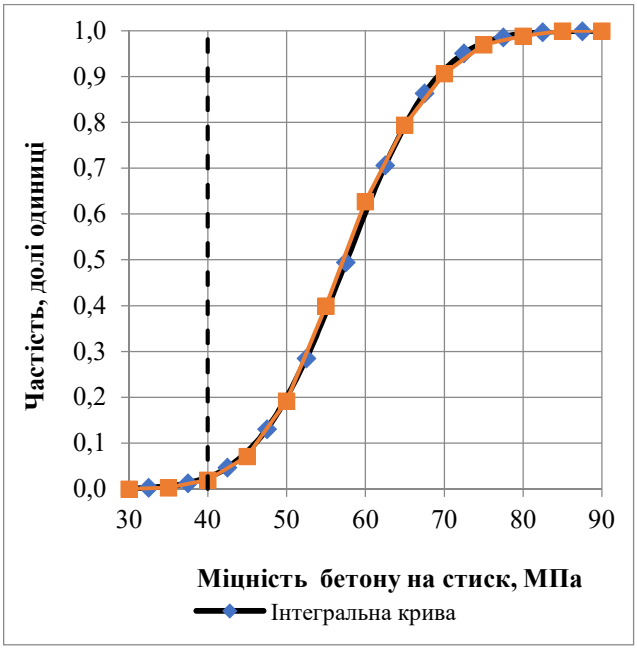
Figure 2 – A statistical series of tests of the compressive strength of cement concrete by the CCP laboratory during 3 months

Було виконано обробку даних лабораторних випробувань міцності на стиск у кількості 365 значень (протягом 3-х місяців 2019 року) які наведені на рис. 3, також було виконано обробку даних у кількості 291 значень (протягом вересня 2022 року) які наведені на рис. 4. Результати статистичної обробки наведено в зведеній табл. 3.

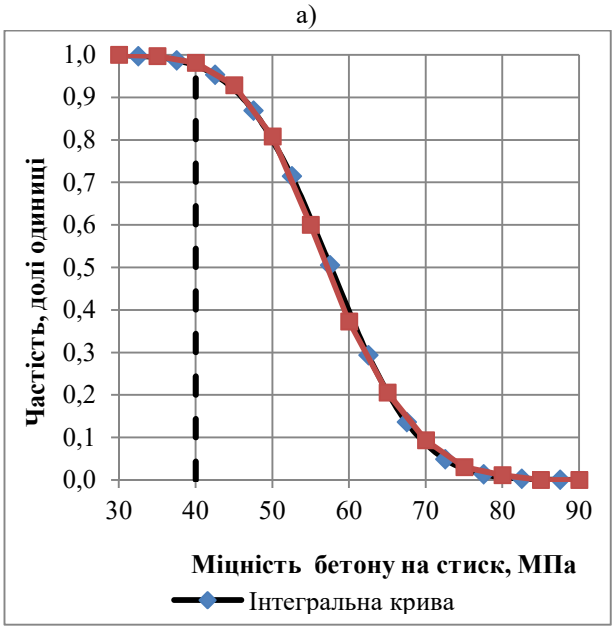
Дані випробувань надані у вересні 2022 р. апроксимуються усіченими нормальним законом. Причому відсутні дані з міцністю 40 МПа і нижче. А кількість даних в діапазоні від 40 до 45 МПа є дещо завищеною. Причиною може бути відсутність ряду результатів випробувань або вибраковка зразків із низькими значеннями міцності.



а)



б)



в)

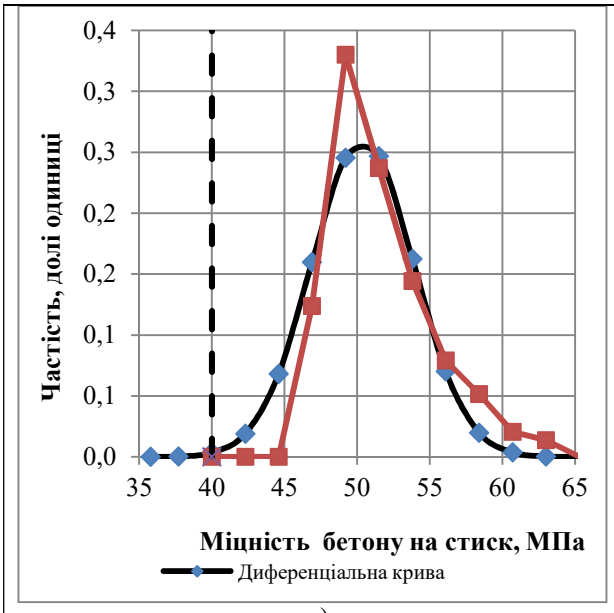
Рисунок 3 – Нормальний розподіл міцності цементобетону на стиск наданих лабораторією ЦБЗ за квітень 2019 року
а) графік полігону частостей та диференціальна крива;
б) графік накопичених частостей та інтегральна крива;
в) експериментальна та теоретична крива надійності

Figure 3 – Normal distribution of the compressive strength of cement concrete provided by the CCP laboratory for April 2019
a) frequency polygon graph and differential curve;
b) graph of accumulated frequencies and integral curve;
c) experimental and theoretical reliability curve

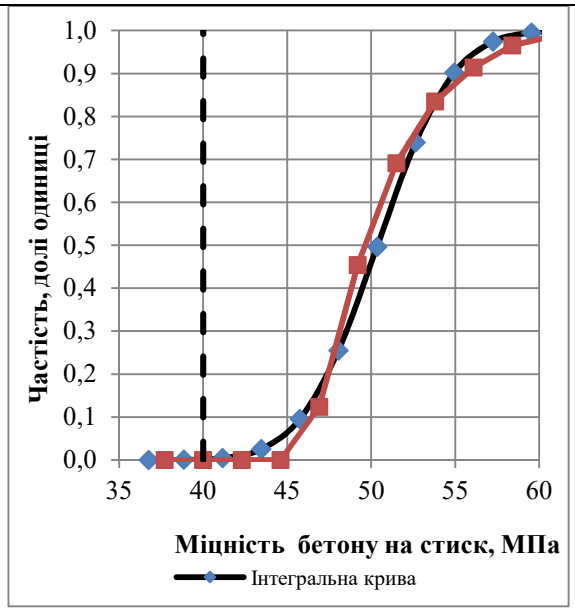
Аналіз результатів випробувань міцності на розтяг при згині

Для побудови статистичного ряду було використано дані випробувань міцності цементобетону на розтяг при згині надані лабораторією ЦБЗ (підрядної організації) протягом 2022 року.

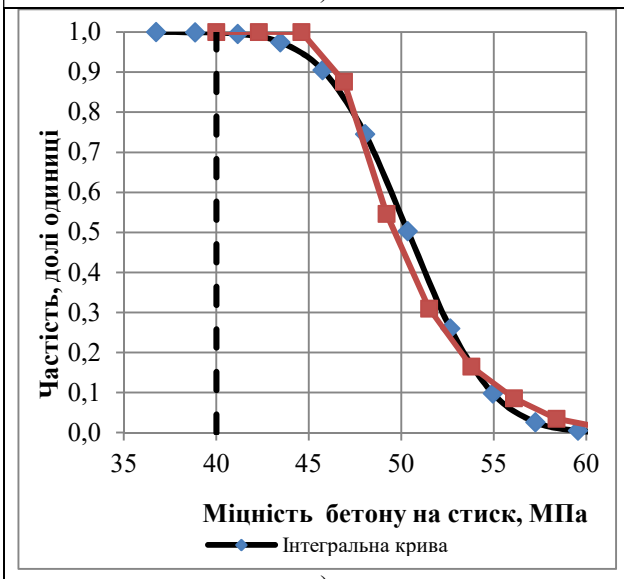
Було виконано обробку даних лабораторних випробуванням міцності на розтяг при згині у кількості 97 значень які наведені на рис. 5 та в табл. 3.



а)



б)



в)

Рисунок 4 – Усічений нормальний розподіл міцності цементобетону на стиск наданих лабораторією Підрядника в вересні 2022 року
а) графік полігону частотностей та диференціальна крива;
б) графік накопичених частотностей та інтегральна крива;
в) експериментальна та теоретична крива надійності

Figure 4 – Truncated normal distribution of the compressive strength of cement concrete provided by the CCP laboratory for September 2022
a) frequency polygon graph and differential curve;
b) graph of accumulated frequencies and integral curve;
c) experimental and theoretical reliability curve

За критеріями Кохрена та Фішера експериментальні дані рисунків 3 – 5 з великим ступенем достовірності апроксимуються нормальним законом розподілу (диференціальна функція):

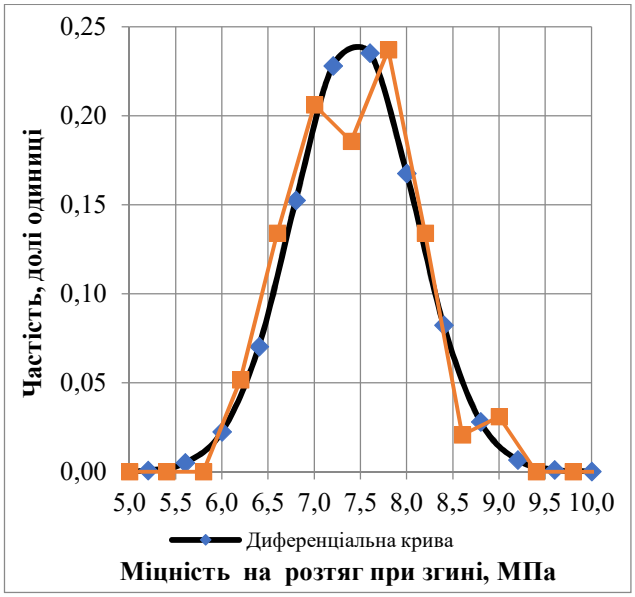
$$ff(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (1)$$

де параметр $\mu = M(x)$ – математичне сподівання величини x, для міцності $R_{ср}$; параметр σ^2 – дисперсія величини x ($\sigma(S_R)$ - середньо-квадратичне (стандартне) відхилення.

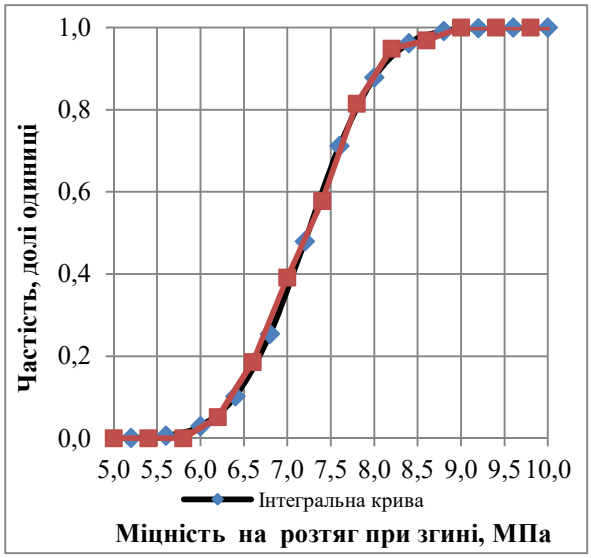
Коефіцієнт варіації визначається за формулою:

$$V = \frac{S_R}{R_{ср}} \cdot 100, , \quad (2)$$

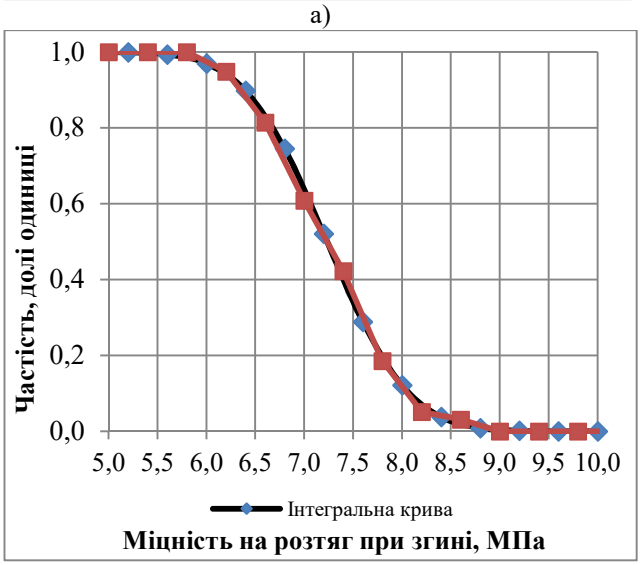
Отримані значення *Btb6,0* значно перевищують проектний клас міцності на розтяг при згині *Btb 4,4*, що прийнято при розрахунках конструкції дорожнього одягу I -шої категорії. Це потребує додаткового вияснення, так як кореляція між міцністю на стиск та згин для всього масиву даних недостатньо прослідковується, а відношення міцності на стиск та міцності на розтяг при згині рівне 7,0, що менше загальноприйнятого значення 9 – 12.



а)



б)



в)

Рисунок 5 – Нормальний розподіл міцності цементобетону на розтяг при згині за даними 2022 р.
а) графік полігону частотостей та диференціальна крива;
б) графік накопичених частостей та інтегральна крива;
в) крива надійності.

Figure 5 – Normal distribution of the flexural tensile strength of cement concrete based on 2022 data.
a) frequency polygon graph and differential curve;
b) graph of accumulated frequencies and integral curve;
c) reliability curve.

Клас міцності згідно ГБН В.2.3-37641918-557:2016 Жорсткий дорожній одяг [13] визначається за формулою

$$\text{В} = B_c \times (1 - 1{,}64 \times 13{,}5/100) \quad (3)$$

При наявності аналізованого періоду та статистичних характеристик бетону (фактичної однорідності) за міцністю середній рівень міцності R_y визначають за формулою:

$$R_y = R_t \times K_{\text{мп}}\,, \quad (4)$$

де $B_{\text{норм}}$ – нормоване значення міцності бетону, МПа (клас дорожнього бетону за міцністю на розтяг при вигині B_{btb}); R_t - коефіцієнт необхідної міцності згідно з ГОСТ 18105-86 [14] (який замінений на ДСТУ Б В.2.7-224 [15]).; $K_{\text{мп}}$ коефіцієнт враховує середній за аналізований період коефіцієнт варіації:

$$R_y = R_{\text{норм}} \times \frac{R_t}{100} K_{\text{мп}}\,, \quad (5)$$

де $R_{норм}$ – нормоване значення міцності бетону, МПа (для бетону даної марки за міцністю на розтяг); $K_{мп}$ – коефіцієнт необхідної міцності згідно з [14, 15]. Для випадку, коли аналізований період відсутній (відсутні дані про фактичну однорідність), R_y згідно з ГОСТ 27006-86 [16] (який замінений на ДСТУ Б В.2.7-215 [17]) слід приймати рівним необхідної міцності R_t згідно з [14, 15] для бетону цього класу або марки при коефіцієнті варіації 13,5 %. Це означає, що середній рівень міцності у зазначеному випадку

$$Ry = 1{,}28 \times \mathrm{B}_{норм}\text{ , або } Ry = R_{норм};\text{ ,} \quad (6)$$

Інакше трактує цей випадок у [14, 15] з якого:

$$Ry = 1{,}1 \times 1{,}28\ \mathrm{B}_{норм}\text{ , або } Ry = 1{,}1 \times R_{норм};\text{ ,} \quad (7)$$

Таблиця 3 – Статистична обробка експериментальних даних міцності на стиск та розтяг при згині
Table 3 – Statistical processing of experimental compressive strength data and flexural tension

Властивості	Міцність на стиск Періоди випробувань		Міцність на розтяг при згині
	Квітень 2019 р.	Вересень 2022 р.	Дані 2022 р.
Max	81,57	62,00	8,75
Min	30,71	44,90	5,82
Розмах Max-Min	50,86	17,10	2,93
Середнє	55,11	50,38	7,23
Стандарт	9,01	3,54	0,66
Коефіцієнт варіації	16,34	7,02	9,08
Розрахункове значення	40,34	44,58	6,16
Кількість даних випробувань	365	291	97
Інтервали (кількість діапазонів)	9,512	9,185	7,6
Приймаємо n=	9	9	8
Крок інтервалу	5,65	1,9	0,37
Приймаємо h	5	2,3	0,4
Клас бетону на стиск	B40	B40	Btb 6,0

Таким чином, за відсутності даних щодо фактичної однорідності бетону за міцністю середній рівень міцності, на який слід підбирати склад бетонної суміші, згідно з [14, 15] на 10 % більше R_y згідно [16, 17]. Іншими словами, дозволяє в початковий період вибирати склад бетонної суміші, як у цей період бетон має фактичний коефіцієнт варіації міцності 13,5 % або вірніше 13,0 %.

Однак, оскільки приймання партій бетону і в цей початковий період здійснюють згідно з [14, 15] то при призначенні за [16, 17] підрядник ризикує отримати бетон з міцністю меншою за необхідну, оскільки після розгляду аналізованого періоду фактичний коефіцієнт варіації може виявитися меншим за 13,0 -13,5 %.

Основними змінами в ДСТУ Б В.2.7-224 який став заміною ГОСТУ 18105-86 є:

- позначення $R_m - F_{c,cube}$; $R_i - f_{ci}$; $S_t - S_n$; $V_m - V_c$; $V_n - V_{cm}$; $R_T - f_c$; $B_{норм} - \mathrm{C}_n$; $\mathrm{R_y} - \mathrm{f_{cm}}$; $\mathrm{R_{норм}} - \mathrm{f_n}$.
- в ГОСТ 18105-86 [14] відсутній коефіцієнт варіації 13,5, а в ДСТУ Б В.2.7-224 [15] він є.

Аналіз ГОСТ 18105-86 та ДСТУ Б В.2.7-224 вказує на їх ідентичність, окрім вказаних вище змін.

В той же час в EN 1990:2002 [18] визначають характеристичне і розрахункове значення міцності в такий спосіб:

- характеристичне значення визначають за формулою

$$f_c = R_{ср} - t * S_R,\text{ ,} \quad (8)$$

або враховуючи (2)

$$f_c = R_{ср}\left(1 - t \cdot \frac{V_R}{100}\right) = R_ср \text{ (Кнеоднорідності)}, \quad (9)$$

де f_c – характеристичне значення міцності бетону; $R_{ср}$ – середнє значення міцності цементобетону; t – толерантна межа, що враховує обсяг вибірки показника міцності та необхідну забезпеченість розрахункового опору; S_R – стандартне відхилення; V_R – коефіцієнт варіації у відсотках.

При визначенні розрахункового значення міцності бетону f_c приймається згідно Єврокоду. Наприклад, кількості даних випробувань 25, при нормальному законі розподілу визначається за формулою 8 або 9 при *t*=1,64.

В таблиці 4 наведено значення толерантної межі *t* для розрахунку характеристичних та розрахункових значень міцності при кількості випробувань n = 25 при різній надійності для транспортних конструкцій та споруд та законах розподілу. Якщо менше 25 випробувань з серії то краще використовувати *t*-розподіл Стьюдента.

Таблиця 4 – Значення толерантної межі t для розрахунку характеристичних та розрахункових значень міцності

Table 4 – The value of the tolerance limit for calculating characteristic and design strength values

Параметри для закону розподілу	Об'єкт транспортного будівництва								
	Спецоб'єкти	Мости (плита проїзної частини)	Аеродромні покриття	Категорія автомобільної дороги					
				I-а	I-б-II	III	IV	-	V
Забезпеченість	0,001	0,003	0,01	0,03	0,05	0,1	0,15	0,20	0,25
Рівень довіри (надійність)	0,999	0,997	0,99	0,97	0,95	0,9	0,85	0,80	0,75
Нормальний закон розподілу	3,090	2,748	2,326	1,881	1,645	1,282	1,036	0,842	0,674
Розподіл Стьюдента для двосторонньої критичної області	3,725	3,287	2,784	2,301	2,06	1,708	1,485	1,316	1,178
-//- для односторонньої критичної області	3,450	3,003	2,485	1,970	1,708	1,316	1,058	0,856	0,684
Коефіцієнт неоднорідності $k_{неодн}$	0,583	0,629	0,686	0,746	0,778	0,827	0,860	0,886	0,909
	0,497	0,556	0,624	0,689	0,722	0,769	0,800	0,822	0,841
	0,534	0,595	0,665	0,734	0,769	0,822	0,857	0,884	0,908
Коефіцієнт запасу на неоднорідність з урахуванням надійності $k_{зпнеодн}$ =1/ $k_{неодн}$	1,716	1,590	1,458	1,340	1,285	1,209	1,163	1,128	1,100
	2,012	1,798	1,602	1,451	1,385	1,300	1,251	1,216	1,189
	1,872	1,682	1,505	1,362	1,300	1,216	1,167	1,131	1,102

Для розрахунку середнього значення (математичного сподівання) міцності при контролі якості при відомому значенні класу міцності на розтяг при згині , які відповідають різним коефіцієнтам рівня довіри(надійності) від 0,75 до 0,999 знаходяться за формулою:

$$R_{cp} = \mu_R = \frac{B_{btb}}{(1 - t \cdot V_R/100)} = \frac{B_{btb}}{k_{неодн}} = B_{btb}.k_{зпнеодн}, \quad (10)$$

Де прийнято $k_{неодн}$= -$\left(1 - t \cdot \frac{V_R}{100}\right)$

Наприклад, при одному і тому ж значенню класу міцності на розтяг при згині Bbtb= 4,4 середнє значення міцності, яке контролюється лабораторією має бути для автомобільної дороги I технічної категорії – 4,4/(1-1,881·0,135)= 4,4/0,746= 5,90 МПа; для II технічної категорії – 4,4/(1-1,64·0,135)= 4,4 / 0,778=5,65 МПа, а для аеродромних покриттів 4,4/(1-2,326·0,135)= 4,4 / 0,685= 6,42 МПа.Наприклад, при одному і тому ж значенню класу міцності на розтяг при згині B_{btb}= 4,4 середнє значення міцності, яке контролюється лабораторією має бути для автомобільної дороги I – шої технічної категорія 4,4/(1-1,881·0,135)= 4,4/0,746= 5,90 МПа; для II -гої 4,4/(1-1,64·0,135)= 4,4 / 0,778= 5,65 МПа, а для аеродромних покриттів 4,4/(1-2,326·0,135)= 4,4 / 0,685= 6,42 МПа.

Висновки

Для забезпечення надійності конструкції жорсткого дорожнього одягу, одним з основних напрямків є контроль якості, а саме відбір проб готової продукції або напівфабрикатів і співставлення їх результатів з вимогами стандартів, технічних умов або проектного рішення. Статистична обробка масиву даних дасть змогу забезпечити і підтримувати на прийнятному та стабільному рівні якість, що гарантуватиме відповідність продукції і технологічних операцій встановленим вимогам.

Проведено статистичну обробка експериментальних даних міцності на стиск та розтяг при згині, виконано порівняльну характеристику нормативних документів та зазначено основні зміни між ними, також проведено аналіз європейського стандарту.

Проведено розрахунок та порівняння характеристичних та розрахункових значень міцності цементобетону згідно з національним стандартом та європейським.

Під час контролю якості для розрахунку середнього значення міцності, при відомому значенні класу міцності на розтяг при згині і стиску, слід враховувати параметри закону розподілу, які відповідають різним коефіцієнтам рівня довіри(надійності) у залежності від об’єкта транспортного будівництва. При одному і тому ж значенні класу міцності на розтяг при згині B_{btb}= 4,4, середнє значення міцності, яке контролюється лабораторією повинно відповідати: для автомобільної дороги I технічної категорії 4,4/(1-1,881·0,135)= 4,4/0,746= 5,90 МПа, а при звичному розрахунку середнє значення дорівнює 4,4/(1-1,64·0,135)= 4,4/0,778= 5,65 МПа

Перелік посилань

1. ДСТУ 8858:2019 Суміші цементобетонні дорожні та цементобетон дорожній. Технічні умови.

2. Гамеляк І.П., Островерхий О.Г., Мороз В.С. Історія та перспективи будівництва цементобетонних покриттів автомобільних доріг та аеродромів в Україні // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник. Вип. 106. 2019.

3. ДСТУ Н Б В.2.3-36:2016 Настанова з влаштування жорсткого дорожнього одягу.

4. ДСТУ Б В.2.7-96-2000 Суміші бетонні. Технічні умови.

5. ДСТУ Б В.2.7-176:2008 Будівельні матеріали. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови.

6. ДСТУ Б В.2.7-114-2002 Суміші бетонні. Методи випробувань.

7. ДСТУ Б В.2.7-223:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за зразками, відібраними з конструкцій.

8. ДСТУ Б В.2.7-224:2009 Бетони. Правила контролю міцності.

9. ДСТУ Б В.2.7-47-96 Бетони. Методи визначення морозостійкості. Загальні вимоги.

10. ДСТУ Б В.2.7-49-96 Бетони. Прискорені методи визначення морозостійкості при багаторазовому заморожуванні та відтаванні.

11. Гамеляк І.П., Цимбал М.А., Статистичне управління якістю за допомогою контрольних карт якості. Збірник наукових праць НТУ: 339-343.

12. Гамеляк І.П., Дмитренко Л.А. Статистичний контроль якості геосинтетичних матеріалів // К.: Вісник КНУТД. - № 4 (60), 2011. – С. 12 - 16.

13. ГБН В.2.3-37641918-557:2016 Автомобільні дороги. Дорожній одяг жорсткий. Проектування.

14. ГОСТ 18105-86 Бетони. Правила контролю міцності.

15. ДСТУ Б В.2.7-224:2009 Бетони. Правила контролю міцності.

16. ГОСТ 27006-86 Бетони. Правила підбору складу.
17. ДСТУ Б В.2.7-215:2009 Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу.
18. EN 1990:2002 Eurocode – Basis of structural design. European Committee for Standardization. Brussels: 2003
19. ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ.
20. ДБН 362-93. Оцінка технічного стану сталевих конструкцій виробничих будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації. Держбуд України. К.: Укрархбудінформ, 1995.
21. Гамеляк І.П., Гнатів М.Я., Іваниця Ю.П. Неоднорідність фізико-механічних характеристик асфальтобетону. Автошляховик України", Київ, 1997, с. 34-36.
22. Гамеляк І.П., Гнатів М.Я. Статистичний розподіл показників фізико-механічних характеристик асфальтобетону // Автошляховик України, Київ, 1997, №4, с. 37-39.
23. Гамеляк І.П., Гнатів М.Я., Іваниця Ю.П, Кореляційно-регресійний аналіз показників властивостей асфальтобетону // Автошляховик України", Київ, 1998, № 1, С. 38-40.
24. ДСТУ 3514-97 Статистичні методи контролю та регулювання. Терміни та визначення.
25. ДСТУ ISO/TR 10017:2005 Настанови щодо застосування статистичних методів" згідно з ISO серії 9001.

QUALITY CONTROL OF CEMENT-CONCRETE ROAD SURFACES ATLARGE CONSTRUCTION FACILITIES

Gameliak Igor P., Doctor of Engineering Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, gip65@gmail.com, orcid.org/0000-0001-9246-7561
Dmytrychenko Andij M., Candidate of Engineering Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, andrew_d@ukr.net, orcid.org/0000-0001-6144-7533
Kryvobok Oleksandr V., National Transport University, Kyiv, Ukraine, shuriksan1995@gmail.com, orcid.org/0000-0002-5424-8664

Abstract. The article is devoted to qualit
y control of cement-concrete road surfaces at largeconstruction facilities.
Purpose of work. Improvement the methods of calculating the characteristic and design values of the cement concrete streng
The object of research is the cement concrete pavement.
Research method: experimental scientific-research.
The article provides: the quality control process in the construction of cement-concrete pavement and bottom, statistical processing of experimental values compressive and tensile strength, comparative characteristics in normative documents and the main changes between them are performed, also analysis of the European standard is carried out. The values of the tolerance limit t for calculating the characteristics and design values of strength are given, for the number of tests n = 25 with different reliability index for transport structures and distribution laws. The calculation and comparison of the characteristic and calculated design values of the cement concrete strength in accordance with the national standard and the European one is carried out.
The results can be used in the calculation of the characteristic and design values of the cement concrete strength during design of concrete mixes.
Key words: cement-concrete pavement, quality control, acceptance sampling for quality control, concrete mixture.

References

1. DSTU 8858:2019 Sumishi tsementobetonni dorozhni ta tsementobeton dorozhniy. Tekhnichni umovy. [in Ukrainian].
2. Gameliak I.P., Ostroverkhyy O.H., Moroz V.S. Istoriya ta perspektyvy budivnytstva tsementobetonnykh pokryttiv avtomobil′nykh dorih ta aerodromiv v Ukrayini // Avtomobil′ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo. Naukovo-tekhnichnyy zbirnyk. Vyp. 106. 2019. [in Ukrainian].
3. DSTU N B V.2.3-36:2016 Nastanova z vlashtuvannya zhorstkoho dorozhn′oho odyahu. [in Ukrainian].
4. DSTU B V.2.7-96-2000 Sumishi betonni. Tekhnichni umovy. [in Ukrainian].

5. DSTU B V.2.7-176:2008 Budivel′ni materialy. Sumishi betonni ta beton. Zahal′ni tekhnichni umovy. [in Ukrainian].

6. DSTU B V.2.7-114-2002 Sumishi betonni. Metody vyprobuvan′. [in Ukrainian].

7. DSTU B V.2.7-223:2009 Budivel′ni materialy. Betony. Metody vyznachennya mitsnosti za zrazkamy, vidibranymy z konstruktsiy. [in Ukrainian].

8. DSTU B V.2.7-224:2009 Betony. Pravyla kontrolyu mitsnosti. [in Ukrainian].

9. DSTU B V.2.7-47-96 Betony. Metody vyznachennya morozostiykosti. Zahal′ni vymohy. [in Ukrainian].

10. DSTU B V.2.7-49-96 Betony. Pryskoreni metody vyznachennya morozostiykosti pry bahatorazovomu zamorozhuvanni ta vidtavanni. [in Ukrainian].

11. Gameliak I.P., Tsymbal M.A., Statystychne upravlinnya yakistyu za dopomohoyu kontrol′nykh kart yakosti. Zbirnyk naukovykh prats′ NTU: 339-343. [in Ukrainian].

12. Gameliak I.P., Dmytrenko L.A. Statystychnyy kontrol′ yakosti heosyntetychnykh materialiv // K.: Visnyk KNUTD. - № 4 (60), 2011. – S. 12 - 16. [in Ukrainian].

13. HBN V.2.3-37641918-557:2016 Avtomobil′ni dorohy. Dorozhniy odyah zhorstkyy. Proektuvannya. [in Ukrainian].

14. GOST 18105-86 Betony. Pravyla kontrolyu mitsnosti. [in Ukrainian].

15. DSTU B V.2.7-224:2009 Betony. Pravyla kontrolyu mitsnosti. [in Ukrainian].

16. GOST 27006-86 Betony. Pravyla pidboru skladu. [in Ukrainian].

17. DSTU B V.2.7-215:2009 Budivel′ni materialy. Betony. Pravyla pidboru skladu. [in Ukrainian].

18. EN 1990:2002 Eurocode – Basis of structural design. European Committee for Standardization. Brussels: 2003. [in English].

19. DBN V.1.2-14-2009. Zahal′ni pryntsypy zabezpechennya nadiynosti ta konstruktyvnoyi bezpeky budivel′, sporud, budivel′nykh konstruktsiy ta osnov. [in Ukrainian].

20. DBN 362-93. Otsinka tekhnichnoho stanu stalevykh konstruktsiy vyrobnychykh budivel′ i sporud, shcho znakhodyat′sya v ekspluatatsiyi. Derzhbud Ukrayiny. K.: Ukrarkhbudinform, 1995. [in Ukrainian].

21. Gameliak I.P., Gnativ M.YA., Ivanytsya YU.P. Neodnoridnist′ fizyko-mekhanichnykh kharakterystyk asfal′tobetonu. Avtoshlyakhovyk Ukrayiny", Kyiv, 1997, s. 34-36. [in Ukrainian].

22. Gameliak I.P., Gnativ M.YA. Statystychnyy rozpodil pokaznykiv fizyko-mekhanichnykh kharakterystyk asfal′tobetonu // Avtoshlyakhovyk Ukrayiny, Kyiv, 1997, №4, s. 37-39. [in Ukrainian].

23. Gameliak I.P., Gnativ M.YA., Ivanytsya YU.P, Korelyatsiyno-rehresiynyy analiz pokaznykiv vlastyvostey asfal′tobetonu // Avtoshlyakhovyk Ukrayiny", Kyiv, 1998, № 1, S. 38-40. [in Ukrainian].

24. DSTU 3514-97 Statystychni metody kontrolyu ta rehulyuvannya. Terminy ta vyznachennya. [in Ukrainian].

25. DSTU ISO/TR 10017:2005 Nastanovy shchodo zastosuvannya statystychnykh metodiv z·hidno z ISO seriyi 9001. [in Ukrainian].

УДК 625.768 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-046-052**
UDC 625.768

ВПЛИВ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОНУ ДОБАВКИ RW ELAST З КОНЦЕТРОВАНОГО ПОЛІМЕРНО-МОДИФІКОВАНОГО БІТУМУ (PmB)

INFLUENCE ON PHISICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF ASPALT CONCETE ADDITIVE RW ELAST FROM CONCENTRATED POLYMER-MODIFIED BITUMEN (PmB)



Гуйван Євген Федорови, *аспірант, Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне); e-mail: e.f.huivan@nuwm.edu.ua, тел. +380678839280*

https://orcid.org/0000-0002-1016-0396



Кузло Микола Трохимович, *доктор технічних наук, професор, Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне), завідувач кафедри автомобільних доріг, основ і фундаментів, e-mail: kuzlo-@ukr.net тел. +380966890792*
https://orcid.org/0000-0001-9242-2478

Анотація. У даній статті наведені данні дослідження впливу добавки RW Elast на фізико-механічні властивості асфальтобетонну гарячого дрібнозернистого типу А. Проведене експериментальне дослідження його стійкості до колієутворення в агресивному середовищі.

Основним питання даного дослідження є визначення ефективності модифікатора на асфальтобетон, що значною мірою може перспективо вплинути на економічну вигоду застосування добавки. Оскільки змінюються фізико-механічні властивості досліджуваного вихідного матеріалу в залежності від відсоткового вмісту добавки та опір матеріалу до утворенню колії.

Аналіз отриманих результатів виконаного експериментального дослідження показує позитивний вплив добавки RW Elast на фізико-механічні показники асфальтобетонну.

Ключові слова: асфальтобетон, колієстікість, колієутворення, модифікуюча добавка, бітум, фізико-механічні властивості.

Вступ. Як показує багаторічна практика експлуатації автомобільних доріг з нежорстким дорожнім покриттям, за підвищенні інтенсивності транспортного потоку останніх років та при постійних порушеннях габаритно-вагових норм вантажних перевезень ми можемо спостерігати руйнування асфальтобетонного покриття раніше його запланованого строку служби. Тріщино та колієутворення нежорсткого покриття призводить до зменшення його строку служби і відповідно всієї конструкції дорожнього одягу загалом.

Якщо з порушниками габаритно-вагових норм ми можемо боротися шляхом збільшення механізмів здійснення контролю за ними. То вирішення питання зі збільшенням навантаження на покриття, яке виникає в наслідок підвищення інтенсивності транспортного потоку на автомобільних шляхах України потребує пошуків.

Одним з варіантів вирішення цієї проблеми, що з'явилася за останні роки є підвищення фізико-механічних властивостей асфальтобетонного покриття за рахунок додавання різних модифікуючих добавок в асфальтобетонну суміш.

Огляд наукових досліджень останніх років показує, що різними авторами розглядалися питання покращення властивостей асфальтобетону. Мішутін А.В. розглядав фактори, які впливають на стійкість асфальтобетонного покриття до утворення колії [1]. Автори Куцман А.М., Баран С.А., Мерзлікін А.Е., Мозговий В.В. досліджували вплив термореологічних процесів на міцність та довговічність асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу [2].

Жданюк В. К. в своїх роботах досліджував вплив модифікації бітумів на властивості та колієстійкість асфальтобетонів [3,4].

Мета дослідження – дослідження впливу добавки RW Elast з концентрованого полімерно-модифікованого бітуму (PmB) на фізико-механічні властивості асфальтобетонну.

Завдання дослідження: Дослідження серії контрольних зразків для визначення деформації та міцності при стиску не модифікованого асфальтобетону, та серії зразків модифікованих добавкою RW Elast з різними відсотковими вмістом. Проведення випробувань щодо замірів утворенню колії асфальтобетону при постійному навантажені в агресивному середовищі.

Методика досліджень. Дослідження проводилися на базі дорожньо-будівельної лабораторії ПрАТ «Хмельницьке ШБУ №56»м. Хмельницький, що є філіалом кафедри «Автомобільних доріг основ та фундаментів» Національного університету водного господарства та природокористування.

Випробування виготовлених зразків асфальтобетону проводилися за стандартними методиками згідно ДСТУ Б В.2.7-319:2016 [5]. Також додатково проводилися випробування щодо замірів утворення колії асфальтобетону при постійному навантажені в агресивному середовищі (у воді при температурі +60 ºС) на приладі SMARTRACKER™ Hamburg version AASHTO T324 (Matest Італія) за ДСТУ EN 12697-22:2018 [6]. Зразки для дослідження формувалися на гіраторному ущільнювачі Superpave Gyratory Compactor B041 (Matest Італія).

Результати досліджень та їх аналіз. Для проведення досліджень було взято наступні матеріали: бітум нафтовий дорожній марки 70/100 Мозирського нафтопереробного заводу (виробництва Білорусь). З наступними характеристики: пенетрація 86 при 25ºС, температурою розм'якшення 47,8ºС, розтяжність склала 100см, динамічна в'язкість при 135ºС = 0,856 Па×с, при 160ºС = 0,209 Па×с. Щебінь фракцій 0-5мм, 5-10мм, 10-20мм Новоград-Волинського кар'єру. Мінеральний порошок МП-1 неактивований марки І виробництва ПрАТ «Хмельницьке ШБУ №56», що відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-121:2014 [7]. Порошок мінеральний для асфальтобетонних сумішей. Технічні умови. Довбака для модифікації RW Elast виробника ROADWAY Solution, (країна походження Франція) з концентрованого полімерно-модифікованого бітуму (PmB).

Виробник добавки RW Elast за інструкцією рекомендує її введення безпосередньо в змішувач асфальтобетонного заводу з рекомендованими межами від 7,5% до 12,5% від маси бітумного в'яжучого. У зв'язку з тим, що при виготовленні асфальтобетонної суміші в лабораторному змішувачі схожого ефекту, як при змішувані на асфальтобетонному заводі дії добавки складно досягнути, тому модифікація проходила безпосередньо бітуму.

Модифікування бітуму з різною концентрацією добавки RW Elast складалася з наступних етапів. Необхідна кількість бітуму розігрівалася до температури 160 ºС. Нагрітий бітум переливався в заздалегідь розігрітий лабораторний перемішувач для сумішей з подальшим додаванням добавки RW Elast в необхідній кількості. Модифікація бітуму проводилася при постійній температурі 160 ºС протягом 20 хвилин з постійним перемішуванням в лабораторному змішувачі (рисунок1).



Рисунок 1 – Лабораторний перемішувач для сумішей і в'яжучих матеріалів
Figure 1 – Laboratory mixer for mixtures and binder materials

Змішування заздалегідь підготовлених та розігрітих до необхідної температури компонентів асфальтобетонної суміші відбувалося в PAVEMIX - Asphalt laboratory mixer B026-05N (рисунок 2). Циліндричні зразки, що використовувалися для випробування при одноосьовому навантажені, були виготовлені за стандартом ДСТУ Б В.2.7-319:2016 [5]. Для виміру границі міцності при одноосьовому навантаженні використовувався прилад Універсальний тестер S215A , з максимальним навантаженням до 50 кН, Matest, Італія (рисунок 3).



Рисунок 2 – Асфальтний лабораторний змішувач
Figure 2 – Asphalt laboratory mixer



Рисунок 3 – Випробування стандартних зразків при одноосьовому стиску для визначення границі міцності при стиску
Figure 3 – Testing of standard samples at a single sided compressed to determine the strength boundary at a compressed

Результати досліджень фізико-механічних властивостей після випробувань виготовлених зразків асфальтобетону наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Показники фізико-механічних властивостей зразків асфальтобетону
Table 1 – Physical and mechanical properties of asphalt concrete samples

Найменування показників	Не модифікований	7,5% RW Elast	10.0% RW Elast	12.5% RW Elast	15.0% RW Elast	17,5% RW Elast
Середня щільність, т/м^3	2,43	2,41	2,41	2,41	2,41	2,40
Водонасичення, % за об'ємом	1,45	1,38	1,84	2,18	2,28	2,64
Границя міцності при стиску, МПа, за температури:						
0 ºС	6,6	8,1	8,3	8,5	8,9	9,1
20 ºС	3,2	3,7	3,9	4,3	4,6	5,0
50 ºС	1,3	1,5	1,9	2,3	2,1	1,8
Вміст від маси бітуму БНД 70/100,%	5,5	5,4	5,5	5,4	5,4	5,5

Дослідження циліндричних зразків асфальтобетонну при одноосьовому стиску за температури 0 ºС, 20 ºС та 50 ºС показує зростання показника границі міцності з додаванням в бітум добавки RW Elast в порівнянні з контрольними зразками без добавки. В межах рекомендованих виробником 7,5%

–12,5% добавки від маси бітуму, міцність модифікованих зразків в середньому збільшилася: на 20% при 0 ºС та 20 ºС, та на 31% при температурі 50 ºС. При підвищенні вмісту добавки за межами рекомендації виробника 15,0% – 17,5% спостерігається подальше збільшення міцності модифікованих зразків в середньому на 26% при 0 ºС та 33% при 20 ºС та 50 ºС в порівнянні з контрольними. Також спостерігається, що при збільшенні вмісту добавки за рекомендовані межі виробника 15,0% – 17,5% при температурі 50 ºС міцність асфальтобетонних зразків при одноосьовому стисненні починає зменшуватися на 15% в порівнянні з зразками з вмістом добавки 12,5%. Вони показали, що задовільнять вимоги [8,9].

Дані показники дозволяють припустити, що асфальтобетонне покриття влаштоване з додаванням добавки має підвищені характеристики щодо опору утворення зсувів та появи колій. У зв'язку з цим, були проведені експериментального дослідження для оцінки накопичення залишкових деформацій у вигляді утворення колій модифікованого і не модифікованого дрібнозернистого асфальтобетону. Дослідження проводились на випробувальному приладу SMARTRACKER™ – Multi wheels hamburg wheel tracker (рисунок 5). Випробування полягає у багаторазових проходах сталевого колеса (203x47) по одному сліду у прямому та зворотному напрямку по поверхні асфальтобетонних зразків при навантаженні 705 Н/мм^2 за температури 60 ºС. При цьому, ці зразки перед початком випробування термостатувалися протягом 1 години за температури 60 ºС. Зразки для проведення експериментального дослідження на визначення глибини утворення колії виготовлялися у гіраторному ущільнювачі (Gyrotronic - Superpave Gyratory Compacto) за ДСТУ EN 12697 (рисунок 4).



Рисунок 4 – Формування зразків для визначення колійності у гіраторному компакторі
Figure 4 – Formation of samples for determining rutting in a gyratory compactor



Рисунок 5 – Випробування зразків асфальтобетону на утворення колії
Figure 5 – Testing asphalt concrete samples for rutting

Результати проведення дослідження з оцінки накопичення залишкових деформацій у вигляді утворення колій наведені на рисунках 6 та 7.

Контрольні зразки асфальтобетону, які були виготовлені з використанням не модифікованого бітуму показали, що при 8000 проходах сталевого колеса по одному сліду глибина колії становила 10,35мм. За отриманими результатами подальше випробування даних зразків є недоцільним і було зупинене.

В зразках асфальтобетонну модифікованого добавкою RW Elast в межах рекомендованих виробником глибина колії при 10000 проходах колеса по одному сліду становила при 7,5% – 4,14мм,

10,0% – 3,04мм, та 12,5% – 2,43мм від маси бітуму. Глибина колії модифікованого асфальтобетону становить на 60 – 70% менше показника глибини колії в асфальтобетоні без добавки при 8000 проходах.

В зразках асфальтобетонну модифікованого в межах 15,0% – 17,5% RW Elast від маси бітуму глибина колії при 10000 проходах колеса по одному сліду становила від 4,19мм до 4,23мм, що на 60% менше показника глибини утвореної колії в асфальтобетоні без добавки при 8000 проходах.

При застосуванні добавки перевищуючи межу рекомендовану виробником при 15,0% та 17,5% від маси бітуму, не спостерігається підвищення супротиву накопичення залишкових деформацій у вигляді утворення колій. Ефективність застосування великого вмісту добавки в асфальтобетоні є нераціональним. Це пов'язано з тим, що добавка в такій кількості дає мінімальне покращення фізико-механічних властивостей асфальтобетону.

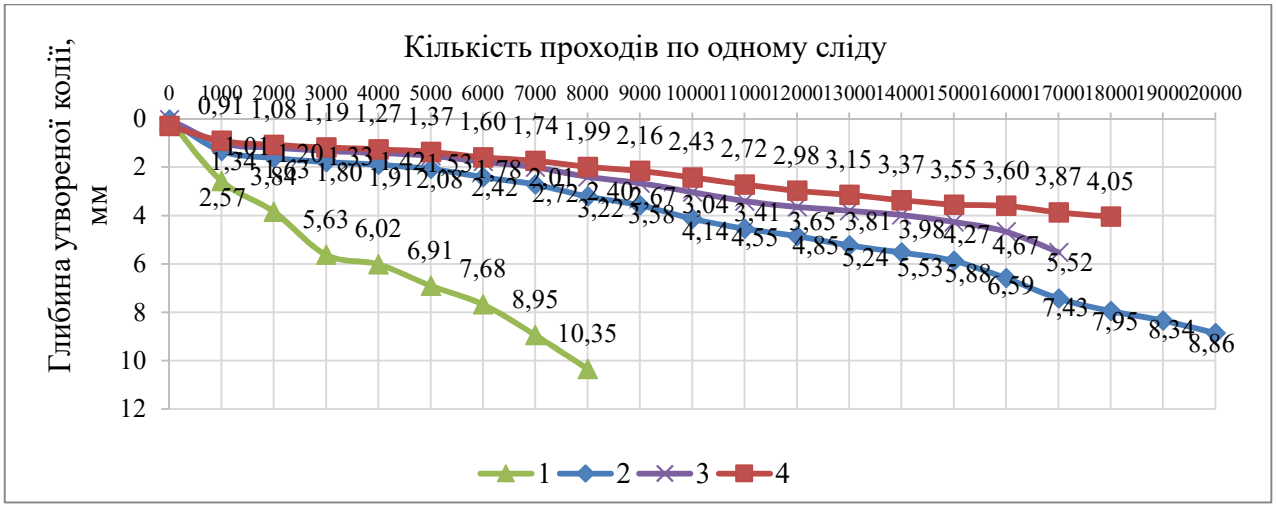


Рисунок 6 – Залежність глибини отриманої колії в дрібнозернистому асфальтобетоні від кількості проходів колеса: 1 – без добавки, 2 – 7,5% RW Elast від маси бітуму, 3 – 10,0% RW Elast від маси бітуму, 4 -12,5%% RW Elast від маси бітуму

Figure 6 – Dependence of the depth of the resulting rut in fine grained asphalt concrete on the number of wheel passes: 1 – without additive, 2 – 7.5% RW Elast from the mass of bitumen, 3 – 10.0% RW Elast from the mass of bitumen, 4 – 12.5% RW Elast from the mass of bitumen

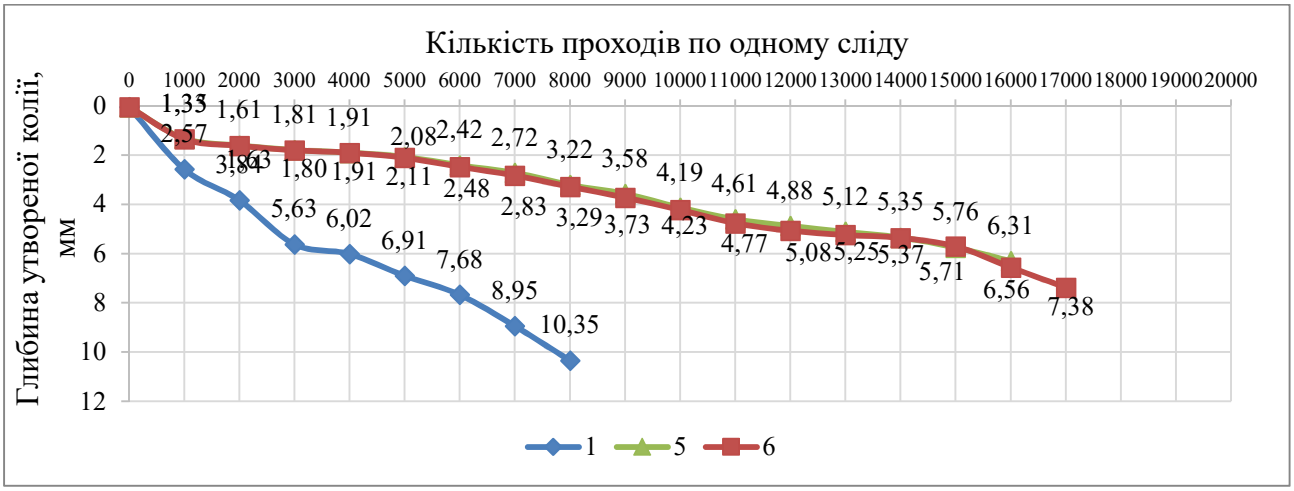


Рисунок 7 – Залежність глибини отриманої колії в дрібнозернистому асфальтобетоні від кількості проходів колеса: 1 – без добавки, 5 – 15,0% RW Elast від маси бітуму, 6 – 17,5% RW Elast від маси бітуму

Figure 7 – Dependence of the depth of the resulting rut in fine grained asphalt concrete on the number of wheel passes: 1 – without additive, 5 – 15.0% RW Elast from the mass of bitumen, 6 – 17.5 % RW Elast from the mass of bitumen



Рисунок 8 – Візуальне порівняння зразків після випробування на колієвимірювальній машині
Figure 8 – Visual comparison of samples after tests on a track-measuring machine

Висновки

Аналіз отриманих результатів експериментальних досліджень показують про суттєвій вплив добавки RW Elast на фізико-механічна показники асфальтобетону. Випробування модифікованого дрібнозернистого асфальтобетону типу А в межах від 7,5% до 12,5% кількості добавки від маси бітуму за температури 0 ºС, 20 ºС, 50 ºС при одноосьовому навантаженні показало збільшення границі міцності асфальтобетонну на 20 – 30%. Крім того, вопробуквання даних зразків за тиких умов показало підвищену стійкість щодо деформацій та утворенню колії. Покращення колієстійкості модифікованих зразків у середньому становить 65% в порівняні з немодифікованими зразками. Отримані дані свідчать про позитивний вплив на підвищення довговічності дорожніх одягів при застосуванні добавки RW Elast. Закрема, їх експлуатації з інтенсивним рухом транспортних засобів при більш високих температурах самого покриття і навколишнього середовища.

Перелік посилань

1. Мішутін А.В. Фактори, які впливають на стійкість асфальтобетонного покриття до утворення колії / Мішутін А.В., Заволока М.В., Твердохліб О.Л. // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури , 2017 вип.№68 ст. 76-85

2. Куцман А.М., Баран С.А., Мерзликин А.Е., Мозговой В.В. и др. Влияние термореологических процессов на прочность и долговечность асфальтобетонного покрытия нежестких дорожных одежд // Дороги и мосты. – 2015. Вып. 34/2. – С.102-112

3. Жданюк В.К. Вплив модифікації бітумів на властивості та колієстійкість щебенево-мастикових асфальтобетонів. / Жданюк В.К. Костін Д.Ю. // Науково-технічний збірник, «Автомобільні дороги та дорожнє будівництво». 2017. №100. С. 57-67

4. В.К.Жданюк. Дослідження властивостей дрібнозернистого асфальтобетону з добавкою «TRINIDSD EPURE Z 0/8 / В.К.Жданюк, О.О.Воловик, Д.Ю.Костін // Науково-технічний збірник Містобудування та територіальне планування випуск №40 ст.395- 400

5. ДСТУ Б В.2.7-319:2016 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Методи випробувань - [Чинний від 01.04.2017] - Технічний комітет стандартизації ТК 307 «Автомобільні дороги і транспортні споруди» (ДП «ДерждорНДІ») – (Державний стандарт України)

6. ДСТУ EN 12697-22:2018 Бітумомінеральні суміші. Методи випробування гарячих асфальтобетонних сумішей. Частина 22. Колійність (EN 12697-22:2003+A1:2007, IDT) - [Чинний від 01.07.2019] - Технічний комітет стандартизації ТК 307 «Автомобільні дороги і транспортні споруди» (ДП «ДерждорНДІ») – (Державний стандарт України)

7. ДСТУ Б В.2.7-121:2014 Порошок мінеральний для асфальтобетонних сумішей. Технічні умови

8. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови - [Чинний від 01.10.2012] - Національний транспортний університет (НТУ)

9. ДСТУ 8959:2019 Асфальтобетонні суміші та асфальтобетон дорожні на основі бітумів, модифікованих полімерами. Технічні умови - [Чинний від 01.01.2021] - Технічний комітет стандартизації ТК 307 «Автомобільні дороги і транспортні споруди»

INFLUENCE ON PHISICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF ASPALT CONCETE ADDITIVE RW ELAST FROM CONCENTRATED POLYMER-MODIFIED BITUMEN (PmB)

Guyvan Evgen F., postgraduate student, National University of Water Management and Environmental Engineering (Rivne), e-mail: *e.f.huivan@nuwm.edu.ua* *+380678839280,* *https://orcid.org/0000-0002-1016-0396*

Kuzlo Mykola T., Doctor of Technical Sciences, Professor, National University of Water Management and Environmental Engineering (Rivne), Head of the Department of Automobile Roads, Bases and Foundations, e-mail: *kuzlo-@ukr.net*, +380966890792, https://orcid.org/0000-0001-9242-2478

Abstract. This article presents data on the influence of the RW Elast additive on the physical and mechanical properties of hot fine-grained type A asphalt concrete. An experimental study of its resistance to rutting in an aggressive environment was conducted.

The main issue of this study is the determination of the effectiveness of the modifier on asphalt concrete, which can significantly affect the economic benefit of using the additive. Indeed the physico-mechanical properties of the studied starting material change depending on the percentage content of the additive and the material's resistance to rutting.

The analysis of the obtained results of the performed experimental study shows the positive effect of the RW Elast additive on the physical and mechanical parameters of asphalt concrete.

Key words: asphalt concrete, track resistance, track formation, modifying additive, bitumen, physical and mechanical properties.

References

1. Mishutin A.V. Factors that affect the stability of asphalt concrete pavement before rutting / Mishutin A.V., Zavoloka M.V., Tverdokhlib O.L. // Bulletin of the Odesa State Academy of Construction and Architecture, 2017 issue No. 68, art. 76-85. [in Ukrainian].

2. Kutsman A.M., Baran S.A., Merzlikin A.Ye., Mozgovoy V.V. i dr. Vliyaniye termoreologicheskikh protsessov na prochnost' i dolgovechnost' asfal'tobetonnogo pokrytiya nezhestkikh dorozhnykh odezhd // Dorogi i mosty. – 2015. Vyp. 34/2. – S.102-112. [in Russian].

2. Zhdanuk V.k. Influence of modification of bitumen on properties and coliability of rubble-mastic asphalt concrete. / Zhdanuk V.k. Kostin D.Yu. // Scientific and technical collection, "Auto-mobile roads and road construction". 2017. №100. C. 57-67. [in Ukrainian].

3. V.K. Zhdanyuk. Study of the properties of fine-grained asphalt concrete with the additive "TRINIDSD EPURE Z 0/8 / V.K. Zhdanyuk, O.O. Volovik, D. Yu. Kostin // Scientific and technical collection of urban planning and territorial planning, issue No. 40, art. 395-400. [in Ukrainian].

4. DSTU B V.2.7-319:2016 Asphalt concrete mixtures and road and airfield asphalt concrete. Test methods - [Effective from 01.04.2017] - Technical standardization committee TC 307 "Roads and transport structures" (SE "DerzhdorNDI") - (State standard of Ukraine)\. [in Ukrainian].

5. DSTU EN 12697-22:2018 Bituminous-mineral mixtures. Methods of testing hot asphalt-concrete mixtures. Part 22. Trackability (EN 12697-22:2003+A1:2007, IDT) - [Effective from 01.07.2019] - Technical Committee for Standardization TK 307 "Roads and Transport Facilities" (SE "DerzhdorNDI") - (State standard of Ukraine). [in Ukrainian].

6. DSTU B V.2.7-121:2014 Mineral powder for asphalt concrete mixtures. Specifications. [in Ukrainian].

7. DSTU B V.2.7-119:2011 Asphalt concrete mixtures and road and airfield asphalt concrete. Technical conditions - [Effective from 01.10.2012] - National Transport University (NTU). [in Ukrainian].

8. DSTU 8959:2019 Asphalt concrete mixtures and road asphalt concrete based on polymer-modified bitumens. Technical conditions - [Effective from 01.01.2021] - Technical committee of standardization TC 307 "Roads and transport facilities".[in Ukrainian].

УДК 624.21/.8 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-053-061**
UDC 624.21/.8

АНАЛІЗ КОЕФІЦІЄНТІВ ВАГИ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ МОСТІВ ЗА МЕТОДОМ ІЄРАРХІЙ

ANALYSIS OF THE WEIGHTING FACTORS FOR THE EVALUATION OF THE TECHNICAL CONDITION OF BRIDGES BY THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS



***Давиденко Олександр Олександрович**, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, e-mail: oleksandr.davydenko@ntu.edu.ua, тел. +380504713399*

http://orcid.org/0000-0003-0176-3256

Анотація. В системі експлуатації транспортних споруд автодорожньої мережі України ранжування мостів за необхідністю ремонтів визначається згідно рейтинговою формули технічного стану. Інтегральна формалізована рейтингова оцінка прийнята в системі експлуатації автодорожніх мостів України за нормативним документом ДСТУ-Н Б.В.2.3-23:2012 (ДСТУ 9181:2022 з 01.01.2023). Споруди транспорту. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів [1]. Коефіцієнти ваги групи елементів мосту є складовими формули від яких напряму залежить присвоєння технічного стану. Отримання нормалізованих коефіцієнтів ваги висвітлені недостатньо та потребують обґрунтування. На практиці не існує усталеної процедури створення ієрархій. Генерування цілей і критеріїв для ієрархій, в першу чергу залежить від галузі і задач, що обирає автор для декомпозиції складної системи. В нашому дослідженні складну систему представляє транспортна споруда, яка має сім груп елементів для мосту через водну перешкоду з регуляційними спорудами; шість груп елементів для мосту без регуляційних споруд; п'ять груп елементів для шляхопроводу. Три групи елементів: прогонова будова, опора та опорні частини, фундаменти є несними елементами мосту.
Ключові слова: автодорожній міст, експертна рейтингова оцінка, ієрархія, коефіцієнти ваги, матриця переваг, матриця попарного порівняння, метод аналізу ієрархій, технічний стан

Вступ. Оцінка технічного стану мосту в цілому є багатокритеріальною проблемою. Вирішення якої реалізується шляхом попарних порівнянь. В багатьох сферах це найзручніший спосіб визначення ступеню переваги. Зокрема, якщо порівнюється n кількість елементів, то переваги визначаються за допомогою попарних порівнянь $n \times n$ матриці $\mathbf{W} = (w_{ij})$, де w_{ij} це ступінь переваги елемента i над елементом j.

Виділяють три часткових випадки вирішення багатокритеріальних задач аналізу ієрархій [2]:

1) Отримання матриці попарних порівнянь $\mathbf{W} = (w_{ij})$, яка задовольняє вимогам $0 < w_{ij} = 1 / w_{ji}$ для визначення наближених тверджень відношення ступеню переваг елементів i та j, що напряму пов'язані з отриманням коефіцієнтів ваги w з матриці $\mathbf{W}$ за умови, що w_i / w_j достатньо наближено відповідає w_{ij}.

2) Створення матриць переваги та їх поєднання для подальшого визначення вектору вагових коефіцієнтів, значення якого залежать від найвищого рівню ієрархій.

3) Врахування судження більш ніж одного експерта (або створення додаткових критеріїв для оцінки) в рамках однієї ієрархії для подальшого визначення вектору вагових коефіцієнтів, значення якого залежать від судження експертів.

Для визначення коефіцієнтів ваги елементів мостів України в рамках експертної оцінки технічного стану використано підхід відомий як Метод аналізу ієрархій (MAI) Thomas L. Saaty [3–5]. Метод являє собою процедуру розкладання задачі порівняння на прості складові критерії та прийняття експертних рішень відносно цих складових шляхом попарних порівнянь елементів мосту.

При застосуванні МАІ в сфері транспортного будівництва слід враховувати існуючі парадокси. В дослідженні [6] зазначається, що при великій кількості елементів w_{ij} = 9 в матриці попарних порівнянь результатом парадоксу є нелогічні критерії ваги. Автори [7] показують на прикладі матриці порівнянь розміром 3×3 чотири види неузгодженостей:

1) Неузгодженість викликана протиріччями.
2) Неузгодженість викликана слабкими протиріччями.
3) Неузгодженість викликана кінцевістю числового масштабу.
4) Неузгодженість викликана дискретністю числового масштабу.

Мета та задачі дослідження. Глобальною метою дослідження є обґрунтування та уточнення коефіцієнтів ваги формули (1) рейтингової оцінки мосту в цілому. Для досягнення поставленої мети були розглянуті наступні задачі:

1) Аналіз застосування МАІ в оцінці технічного стану споруд.

2) Дослідження процесу отримання коефіцієнтів ваги прийнятих згідно нормативних документів України.

3) Розробка алгоритму отримання коефіцієнтів ваги.

Основна частина дослідження.

Для практичної методики прогнозування технічного стану споруди прийнято числовий критерій технічного стану споруди в цілому – інтегральна формалізована рейтингова оцінка прийнята в системі експлуатації автодорожніх мостів за нормативним документом ДСТУ-Н [1].

Оцінка технічного стану мосту – це загальна характеристика його експлуатаційної придатності, як споруди в цілому з врахуванням стану всіх елементів, з яких складається міст. Показником експлуатаційного стану споруди (мосту в цілому) є формалізована оцінка інженера з обстеження у вигляді числового показника (рейтингу), що використовується для визначення потреб у ремонті або реконструкції мостів та планування експлуатаційних заходів в межах певної ділянки дорожньої мережі.

Експертна експлуатаційна оцінка є середньозваженим значенням визначеного експлуатаційного стану групи конструктивних елементів споруди, що розглядаються. За нормативним документом ДСТУ-Н [1] експлуатаційна оцінка технічного стану споруди E визначається за шкалою безрозмірних коефіцієнтів у 100 балів, обчислюється за формулою

$$E = \frac{80(5 - \sum_{i=1}^{i=7} \alpha_i D_i)}{4} + 20, \quad (1)$$

де α_i – нормалізовані коефіцієнти впливу стану (вагові коефіцієнти) i-ї групи елементів на загальний стан споруди, i = 1, 2, …, 7; D_i – номер експлуатаційного стану групи конструктивних елементів споруди згідно з класифікаційною таблицею документу [1].

Далі стисло опишемо процедуру отримання вагових коефіцієнтів (табл. 1), яка відсутня в нормативному документі [1] та ДСТУ 9181:2022. Ця процедура дає можливість зрозуміти основну ідею вагових коефіцієнтів – визначення долі впливу елементів, як складових із семи груп елементів (несних та конструктивних), на оцінку технічного стану споруди в цілому.

Таблиця 1 – Вагові коефіцієнти α_i у формулі (1) експертної оцінки технічного стану споруди [1]
Table 1 – Weighted α_i coefficients in the formula (1) of the expert assessment of the technical condition of the structure [1]

Вид споруди	Групи елементів						
	Проїзна частина	Прогонова будова	Опора та опорні частини	Фундамент	Підмостове русло	Регуляційна споруда	Підходи
Міст через водну перешкоду	0,04	0,40	0,25	0,15	0,09	0,05	0,02
Міст без регуляційних споруд	0,05	0,44	0,25	0,15	0,09	-	0,03
Шляхопровід, естакада, віадук	0,05	0,56	0,25	0,12	-	-	0,02

За результатами попарних порівнянь формується матриця переваг, яка відображає відносні переваги кожного з тверджень за прийнятими критеріями. Для попарних порівнянь застосовується шкала відносних переваг наведена в табл. 2.

Розглянемо матрицю попарних порівнянь, яка відображає думку експерта, що приймає рішення, відносно вагомості прийнятих критеріїв. В нашому випадку її розмір $n = 7$, що відповідає кількості груп елементів моста відповідно до ДСТУ-Н п.4.2 [1]. Позначимо матрицю порівнянь **W**. Формується матриця в такий спосіб.

Наддіагональні елементи матриці переваг **W** отримуються шляхом парних порівнянь таким чином, що критерій у рядку $i = 1, 2, ..., n$, оцінюється щодо кожного із критеріїв, представлених у стовпцях. Діагональні елементи $w_{ii}=w_{jj}=1$, що є наслідком прийнятої шкали відносних переваг. Піддіагональні елементи приймаються обернено-симетричними відносно наддіагональних:

$$w_{ij} = 1/w_{ji},\ i \geq j\ ,\ i = 2,3,\ \ldots,7;\ j = 1,\ 2,\ \ldots,\ 7\ , \tag{2}$$

де w_{ij} – показники відносних переваг компонентів матриці **W**

Таблиця 2 – Шкала відносних переваг методу ієрархій
Table 1 – The scale of relative advantages of the method of hierarchies

$w_{ij} = 1$	якщо критерій *i* однаково важливий по відношенню до критерію *j*
$w_{ij} = 3$	якщо критерій *i* більш важливий по відношенню до критерію *j*
$w_{ij} = 5$	якщо критерій *i* явно важливіший по відношенню до критерію *j*
$w_{ij} = 7$	якщо критерій *i* суттєво важливіший по відношенню до критерію *j*
$w_{ij} = 9$	якщо критерій *i* безумовно важливіший критерія *j*
$w_{ij} = 2, 4, 6, 8$ в проміжних випадках	

Матриця переваг має такий вид:

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} w_{11} & w_{12} & w_{13} & w_{14} & w_{15} & w_{16} & w_{17} \\ w_{21} & w_{22} & w_{23} & w_{24} & w_{25} & w_{26} & w_{27} \\ w_{31} & w_{32} & w_{33} & w_{34} & w_{35} & w_{36} & w_{37} \\ w_{41} & w_{42} & w_{43} & w_{44} & w_{45} & w_{46} & w_{47} \\ w_{51} & w_{52} & w_{53} & w_{54} & w_{55} & w_{56} & w_{57} \\ w_{61} & w_{62} & w_{63} & w_{64} & w_{65} & w_{66} & w_{67} \\ w_{71} & w_{72} & w_{73} & w_{74} & w_{75} & w_{76} & w_{77} \end{bmatrix}, \tag{3}$$

де w_{ij} – критерії відносної важливості компонентів матриці; рядки й стовпці відповідають такому порядку: $i = j = 1$ – елементи прогонової будови; $i = j = 2$ – опори та опорні частини; $i = j = 3$ – фундаменти; $i = j = 4$ – підмостове русло; $i = j = 5$ – регуляційні споруди; $i = j = 6$ – елементи проїзної частини; $i = j = 7$ – підходи.

Числові елементи сформованої матриці переваг **W** мають такі значення:

$$\mathbf{W} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \\ 1/2 & 1 & 3/2 & 4/2 & 5/2 & 6/2 & 7/2 \\ 1/3 & 2/3 & 1 & 4/3 & 5/3 & 6/3 & 7/3 \\ 1/4 & 2/4 & 3/4 & 1 & 5/4 & 6/4 & 7/4 \\ 1/5 & 2/5 & 3/5 & 4/5 & 1 & 6/5 & 7/5 \\ 1/6 & 2/6 & 3/6 & 4/6 & 5/6 & 1 & 7/6 \\ 1/7 & 2/7 & 3/7 & 4/7 & 5/7 & 6/7 & 1 \end{bmatrix}. \tag{4}$$

Вектор коефіцієнтів впливу $\mathbf{w} = [w_1 \ w_2, \ \ldots, \ w_n]^T$ знаходиться з рівняння

$$\mathbf{W}\mathbf{w} = n\,\mathbf{w}, \tag{5}$$

де n – кількість критеріїв на заданому рівні ієрархії і одночасно *розмір квадратної матриці попарних порівнянь*, $n = 7$.

Рівняння (2.5) є подібним до класичного рівняння, яке зв'язує квадратну матрицю з власним числом і власним вектором:

$$\mathbf{A}\mathbf{w} = \lambda_{max}\,\mathbf{w}, \tag{6}$$

де λ_{max} – максимальне власне число матриці **A**;

w – максимальний власний вектор.

Звідси виходить, що шуканий вектор коефіцієнтів впливу **w** є максимальним власним вектором матриці **W**, якщо максимальне власне число λ_{max} дорівнює порядку матриці n.

Отриманий з матричного рівняння (6) максимальний власний вектор – вектор переваг нормалізується:

$$\alpha_i = \frac{w_i}{\sum_1^n w_i}, \tag{7}$$

Очевидно, що вектор α_i за формулою (7) задовольняє умові нормалізації

$$\sum_1^n \alpha_i = 1. \tag{8}$$

Перевіримо вагові коефіцієнти α_i табл. 1 на відповідність умові нормалізації (8).

Таблиця 3 – Відповідність вагових коефіцієнтів α_i умові нормалізації
Table 3 – Compliance of weight coefficients α_i with the normalization condition

Вид споруди	Відповідність умові нормалізації, $\sum_1^n \alpha_i = 1$
Міст через водну перешкоду	1,00
Міст без регуляційних споруд	1,01
Шляхопровід, естакада, віадук	1,00

Для кожної групи споруд вагові коефіцієнти α_i – нормалізовані. Для мосту без регуляційних споруд, очевидно, допущено незначна похибка в округленні коефіцієнтів. Звісно в ДСТУ-Н [1] необхідно скорегувати в майбутньому значення вагових коефіцієнтів, але це не впливає на кінцеву рейтингову оцінку в значній мірі.

Аналіз вітчизняних публікацій показав відсутність обґрунтування коефіцієнтів ваги представлених у табл. 1, також не представлено ієрархію та матрицю попарних порівнянь за якими ці коефіцієнти були отримані. Отже, опишемо процес отримання власних пропонованих коефіцієнтів ваги. В нашому випадку складну систему представляє транспортна споруда, яка має сім груп елементів для мосту через водну перешкоду з регуляційними спорудами; шість груп елементів для мосту без регуляційних споруд; п'ять груп елементів для шляхопроводу. Три групи елементів: прогонова будова, опора та опорні частини, фундаменти є відповідальними елементами мосту. Тепер нам необхідно визначити силу, з якою інші чотири групи елементів впливають на несні елементи враховуючи величини дії всіх груп елементів на визначення рейтингової оцінку мосту в цілому.

Визначимо шкалу пріоритетів для шляхопроводу з групами елементів

A. Елементи прогонової будови.

B. Опори та опорні частини.

C. Фундаменти.

D. Елементи проїзної частини.

E. Підходи.

$$\mathbf{W} = \begin{array}{c|ccccc} & A & B & C & D & E \\ \hline A & 1 & 1,5 & 1,5 & 6 & 9 \\ B & 0,67 & 1 & 1 & 4 & 6 \\ C & 0,67 & 1 & 1 & 4 & 6 \\ D & 0,17 & 0,25 & 0,25 & 1 & 1,5 \\ E & 0,11 & 0,17 & 0,17 & 0,17 & 1 \end{array} \quad (9)$$

Матриця попарних порівнянь **W** (9) для шляхопроводу була побудована виходячи з наступних суджень

1. Елемент *A* незначно важливіший за *B*, запишемо 1,5.
2. Елементи *B* і *C* однаково важливі, запишемо 1,5.
3. Елемент *C* значно важливіший за *D*, запишемо 6.
4. Елемент *D* значно важливіший за *D*, запишемо 9.

При порівнянні елемента с самим собою маємо рівноцінну значимість, так як це пересічення строки *A* з стовбцем *A* в позиції (*A*, *A*) записуємо 1. Тому головна діагональ матриці повинна складатися з одиниць. На пересічені стовбців і строк записуємо зворотні відповідні величини, наприклад (*B*, *D*) = 1,5/6 =0,25, тоді (*D, B*) = 6/1,5 = 4.

Для прискорення підбору та аналізу коефіцієнтів ваги, скористаємося алгоритмом, який напишемо на внутрішній мові MathCad:

$$A := 1 \quad B := 1.5 \quad C := 1.5 \quad D := 6 \quad E := 9$$

$$W := \begin{pmatrix} A & B & C & D & E \\ \frac{A}{B} & 1 & \frac{C}{B} & \frac{D}{B} & \frac{E}{B} \\ \frac{A}{C} & \frac{B}{C} & 1 & \frac{D}{C} & \frac{E}{C} \\ \frac{A}{D} & \frac{B}{D} & \frac{C}{D} & 1 & \frac{E}{D} \\ \frac{A}{E} & \frac{B}{E} & \frac{C}{E} & \frac{D}{E} & 1 \end{pmatrix} \qquad W = \begin{pmatrix} 1 & 1.5 & 1.5 & 6 & 9 \\ 0.67 & 1 & 1 & 4 & 6 \\ 0.67 & 1 & 1 & 4 & 6 \\ 0.17 & 0.25 & 0.25 & 1 & 1.5 \\ 0.11 & 0.17 & 0.17 & 0.67 & 1 \end{pmatrix}$$

$$w := \text{eigenvals}(W)_2 \cdot \text{eigenvecs}(W)^{\langle 2 \rangle}$$

$$\omega := \frac{w}{\sum_{i=1}^{5} w_i} = \begin{pmatrix} 0.38 \\ 0.26 \\ 0.26 \\ 0.06 \\ 0.04 \end{pmatrix} \qquad \sum_{i=1}^{5} \omega_i = 1.00$$

Рисунок 1 – Алгоритм аналізу коефіцієнтів ваги на внутрішній мові MathCad
Figure 1 – Algorithm for analyzing the coefficients of weight on the internal language of Mathcad

Де eigenvals(**W**) – обчислює власні значення квадратної матриці **W**; eigenvecs(**W**) – обчислює власний вектор квадратної матриці **W**, значенням функції є матриця, стовбці якої є власними векторами матриці. Порядок слідування векторів відповідає порядку слідування власних значень, що

обчислюються функцією eigenvals(**W**). Алгоритм MathCad (рис. 1) базується на класичному рівнянні, яке зв'язує квадратну матрицю з власним числом і власним вектором:

$$\mathbf{W}\mathbf{w} = \lambda_{max}\,\mathbf{w}, \tag{10}$$

де λ_{max} – максимальне власне число матриці **W**;

w – максимальний власний вектор.

Звідси виходить, що шуканий вектор коефіцієнтів впливу **w** є максимальним власним вектором матриці **W**, якщо максимальне власне число λ_{max} дорівнює порядку матриці *n*.

Далі наведемо матрицю для мосту через водну перешкоду (11)

A. Елементи прогонової будови.
B. Опори та опорні частини.
C. Фундаменти.
D. Підмостове русло.
E. Регуляційні споруди.
F. Елементи проїзної частини.
G. Підходи.

W =

	A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*	*G*
A	1	1,20	1,20	3	5	6	7
B	0,83	1	1	2,50	4,17	5	5,83
C	0,83	1	1	2,50	4,17	5	5,83
D	0,33	0,40	0,40	1	1,67	2	2,33
E	0,20	0,24	0,24	0,60	1	1,20	1,40
F	0,17	0,20	0,20	0,50	0,83	1	1,17
G	0,14	0,17	0,17	0,43	0,71	0,86	1

(11)

Матриця попарних порівнянь для мосту без регуляційних споруд (12)

A. Елементи прогонової будови.
B. Опори та опорні частини.
C. Фундаменти.
D. Підмостове русло.
E. Елементи проїзної частини.
F. Підходи.

W =

	A	*B*	*C*	*D*	*E*	*F*
A	1	1,50	1,50	6	8	9
B	0,67	1	1	4	5,33	6
C	0,67	1	1	4	5,33	6
D	0,17	0,25	0,25	1	1,33	1,50
E	0,13	0,19	0,19	0,75	1	1,13
F	0,11	0,17	0,17	0,67	0,89	1

(12)

Обчислені вагові коефіцієнти w_i зведемо до таблиці 4

Таблиця 4 – Вагові коефіцієнти w_i
Таблиця 4 – Weight coefficients w_i

Вид споруди	Групи елементів						
	Проїзна частина	Прогонова будова	Опора та опорні частини	Фундамент	Підмостове русло	Регуляційна споруда	Підходи
Міст через водну перешкоду	0,05	0,28	0,24	0,24	0,09	0,06	0,04
Міст без регуляційних споруд	0,05	0,37	0,24	0,24	0,06	-	0,04
Шляхопровід, естакада, віадук	0,06	0,38	0,26	0,26	-	-	0,04

Для вище описаних залежностей девіація узгодженості може бути отримана за формулою [4, 6]:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n-1}, \tag{13}$$

де CI – consistency index (коефіцієнт узгодженості);

n – кількість критеріїв на заданому рівні ієрархії і одночасно розмір квадратної матриці попарних порівнянь.

Коефіцієнт узгодженості (CI) отриманий випадковим чином для обернено-симетричної матриці з критеріями від 1 до 9 з відповідними зворотними значеннями елементів називається випадковим коефіцієнтом (random index, RI) [4]. Що є середнім значенням CI, отриманим із 10 000 випадкових матриць порівняння, записи яких були згенеровані випадковим чином за допомогою шкали відносних переваг методу ієрархій від 1 до 9 (табл. 2). Відношення коефіцієнта узгодженості (CI) до випадкового коефіцієнту (RI) для матриці однакового порядку називається показником узгодженості (consistency ratio, CR):

$$CR = \frac{CI}{RI}. \tag{14}$$

Сааті вважає [4, 8], що значення CR нижче 0,10 вказує на те, що попарна матриця порівняння має прийнятну узгодженість. У таблиці 5 наведені значення RI (друга строка) для матриць різного порядку n (перша строка)

Таблиця 5 Випадковий коефіцієнт (RI) [6, 8]
Table 5 The random index (RI) [6, 8]

n	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

За формулами (13, 14) визначаємо коефіцієнт узгодженості (CI), випадковий коефіцієнт (RI) та показник узгодженості для перевірки узгодженостей матриць попарних порівнянь (9, 11, 12):

$$\begin{aligned}
&\lambda_{max} = 5;\ CI = \frac{5-5}{5-1} = 0;\ CR = \frac{0}{1,11} = 0.\\
&\lambda_{max} = 6;\ CI = \frac{6-6}{6-1} = 0;\ CR = \frac{0}{1,25} = 0.\\
&\lambda_{max} = 7;\ CI = \frac{7-7}{7-1} = 0;\ CR = \frac{0}{1,35} = 0.
\end{aligned} \tag{15}$$

Отже, матриці попарних порівнянь (9, 11, 12) є узгодженими. Постає відкрите питання, чи є узгодженими матриці попарних порівнянь для коефіцієнтів ваги за ДСТУ-Н [1] та ДСТУ 9181:2022 (на заміну з 01.01.2023).

Метод аналізу ієрархій в першу чергу є простим математичним апаратом, який тісно пов'язаний з досвідом та інтуїцією експерта з обстеження мостів. Розробка моделі ієрархії передбачає послідовне виконання декількох етапів [9]:

1. Структурування задачі та виявлення зв'язків між її складовими.
2. Формування критеріїв оцінювання.
3. Аналіз та вибір альтернативних пріоритетів.

Для коефіцієнтів ваги регламентованих ДСТУ-Н [1] та ДСТУ 9181:2022 не зазначається модель ієрархії за якими вони визначенні. Враховуючи групи елементів мостів можна зробити припущення, як виглядає модель ієрархій для яких отримані регламентовані коефіцієнти ваги елементів мосту.

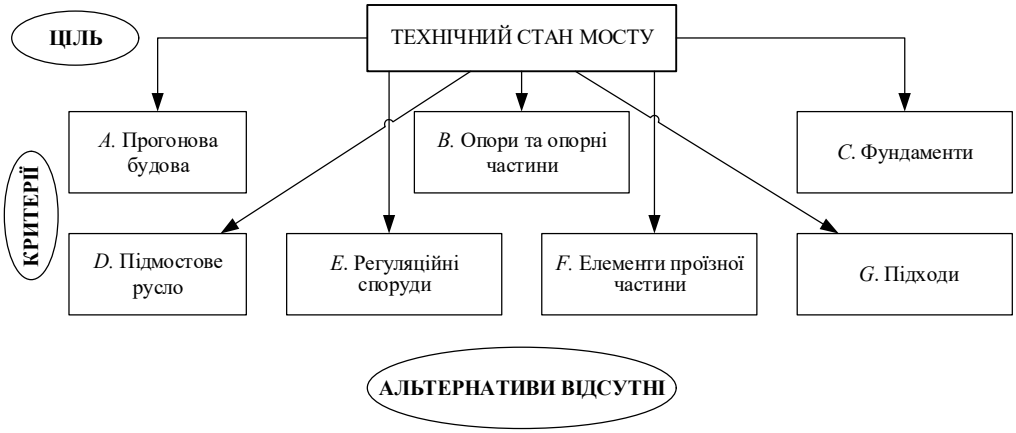


Рисунок 2 – Графік ієрархії за моделлю ДСТУ-Н [1] (ДСТУ 9181:2022 з 01.01.2023)
Figure 2 – Hierarchy graph based on the DSTU-N model [1] (DSTU 9181: 2022 from 01.01.2023)

Висновки. Метод аналізу ієрархій Сааті може використовуватися для прийняття рішення щодо оцінки технічного стану автодорожніх мостів. Проте слід дослідити можливість використання інших методів з прийняття рішень, наприклад: метод розрахунку компромісних кривих, метод Джоффріона-Дайєра-Файнберга, метод випадкового пошуку та ін. [9]

Коефіцієнти ваги, що регламентуються ДСТУ-Н [1] та ДСТУ 9181:2022 (вступає в дію на заміну з 01.01.2023) потребують наукового обґрунтування, перевірки на узгодженість та адекватність у порівнянні з іншими моделями ієрархій.

Метод аналізу ієрархій в першу чергу орієнтовано на експерта, що приймає рішення для конкретної задачі в галузі. В такому разі не зрозуміло, чому коефіцієнти ваги регламентуються Державними стандартами України для всіх мостів та не враховують наступні критерії: тип матеріалу, статичну схему, довжину мосту, дату будівництва тощо. Особливо важливо врахувати мету оцінки технічного стану, тому що в залежності від неї пріоритет елементів може змінюватися.

Очевидно, що графік ієрархії за моделлю ДСТУ-Н [1] та ДСТУ 9181:2022 є примітивним та не враховує альтернативні пріоритети для прийняття рішень. Необхідно в рамках методу аналізу ієрархій розробити декілька моделей та їх апробувати. Дослідження показало необхідність у методиці розробки моделей ієрархій для користування інженерами під час обстеження мостів для кожного об'єкту окремо з врахуванням їх особливостей, пріоритетів та мети оцінки технічного стану.

Перелік посилань

1. ДСТУ-Н Б.В.2.3-23:2012. Споруди транспорту. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. [Чинний від 2013-07-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2012. 116 с.

2. Barzilai J., Cook W.D., Golany B. The analytic hierarchy process: structure of the problem and its solutions // Systems and management science by extremal methods / под ред. F.Y. Phillips, J.J. Rousseau. Boston, MA: Springer US, 1992. P. 361–371.

3. Saaty T.L. A scaling method for priorities in hierarchical structures // J. Math. Psychol. 1977. V. 15. № 3. P. 234–281.

4. Saaty T.L. The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. New York: McGraw-Hill International Book Co., 1980.

5. Saaty R.W. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used // Mathematical Modelling. 1987. V. 9. № 3–5. P. 161–176.

6. Xu K., Xu J. A Direct Consistency Improvement Method for the Probability-Hesitant Analytic Hierarchy Process // IEEE Access. 2019. V. 7. P. 9445–9458.

7. Zhang H. и др. Analyzing Saaty's consistency test in pairwise comparison method: a perspective based on linguistic and numerical scale // Soft comput. 2016. V. 22. № 6. P. 1933–1943.

8. Saaty T.L. Deriving the AHP 1-9 Scale form First Principles Proceedings of the international symposium on the analytic hierarchy process.: Creative Decisions Foundation, 2001.

9. Synenko M. Saaty's method decision-making on the example of a small business enterprise [Ukrainian] // Biznes ta intelektualnyi kapital. 2018. V. Intelekt XXI.

ANALYSIS OF THE WEIGHTING FACTORS FOR THE EVALUATION OF THE TECHNICAL CONDITION OF BRIDGES BY THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS

Davydenko Oleksandr O., PhD (Candidate of Technical Sciences), National Transport University, Associate Professor of Department of Bridges, Tunnels and Hydrotechnical Structures, e-mail: oleksandr.davydenko@ntu.edu.ua, tel. +380504713399, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovycha-Pavlenka, 1, r.229. http://orcid.org/0000-0003-0176-3256.

Abstract. In the system of operation of the transport structures of the highway network of Ukraine, the ranking of bridges as necessary for repairs is determined according to the rating formula of the technical condition. The integral formalized rating assessment was adopted in the system of operation of the highway bridges of Ukraine under the normative document DSTU-N BV.3-23: 2012 (DSTU 9181: 2022 from 01.01.2023). Transport structures. Guidelines for evaluation and prediction of the technical condition of highways [1]. The weight coefficients of the group of bridge elements are components of the formula on which the direction depends on the assignment of the technical condition. Obtaining normalized weight ratios are insufficient and require justification. In practice, there has yet to be an established procedure for creating hierarchies. First, the generation of goals and criteria for hierarchies depends on the industry and the tasks the author chooses to decompose a complex system. In our study, a complex system is a transport structure with seven groups of elements for the bridge through a water obstacle with regulatory structures; six groups of elements for the bridge without regulatory structures; Five groups of elements for the overpass. Three groups of elements: run structure, support, and supporting parts, foundations are the necessary elements of the bridge.

Keywords: highway bridge, expert rating, hierarchy, weight coefficients, reciprocal matrix, pairwise comparison matrix, Analytic Hierarchy Process (AHP), technical condition

References

1. DSTU-N B.V.2.3-23:2012. Sporudy transportu. Nastanova z otsiniuvannia i prohnozuvannia tekhnichnoho stanu avtodorozhnikh mostiv. [Chynnyi vid 2013-07-01]. Vyd. ofits. Kyiv: Minrehionbud Ukrainy, 2012. 116 c. [in Ukrainian]

2. Barzilai J., Cook W.D., Golany B. The analytic hierarchy process: structure of the problem and its solutions // Systems and management science by extremal methods / под ред. F.Y. Phillips, J.J. Rousseau. Boston, MA: Springer US, 1992. P. 361–371. [in English].

3. Saaty T.L. A scaling method for priorities in hierarchical structures // J. Math. Psychol. 1977. V. 15. № 3. P. 234–281. [in English].

4. Saaty T.L. The analytic hierarchy process: planning, priority setting, resource allocation. New York: McGraw-Hill International Book Co., 1980. [in English].

5. Saaty R.W. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used // Mathematical Modelling. 1987. V. 9. № 3–5. P. 161–176. [in English].

6. Xu K., Xu J. A Direct Consistency Improvement Method for the Probability-Hesitant Analytic Hierarchy Process // IEEE Access. 2019. V. 7. P. 9445–9458. [in English].

7. Zhang H. и др. Analyzing Saaty's consistency test in pairwise comparison method: a perspective based on linguistic and numerical scale // Soft comput. 2016. V. 22. № 6. P. 1933–1943. [in English].

8. Saaty T.L. Deriving the AHP 1-9 Scale form First Principles Proceedings of the international symposium on the analytic hierarchy process.: Creative Decisions Foundation, 2001. [in English].

9. Synenko M. Saaty's method decision-making on the example of a small business enterprise [Ukrainian] // Biznes ta intelektualnyi kapital. 2018. V. Intelekt XXI. [in English].

УДК 627.13 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-062-069**
UDC 627.13

МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОНАКОПИЧЕННЯ В РОБОЧОМУ ШАРУ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ЗА ТИПАМИ ЗВОЛОЖЕННЯ

DETERMINING MOISTURE ACCUMULATION METHODS IN THE WORKING LAYER OF THE ROAD BED BY TYPES OF MOISTURE



***Рутковська Інеса Анатоліївна**, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, професор кафедри аеропортів, e-mail: ria_ntu@ukr.net, тел. +380442807073,*

https://orcid.org/0000-0001-7832-4222



***Кватадзе Євгенія Іродіонівна**, аспірантка, Національний транспортний університет, аспірантка кафедри транспортного будівництва та управління майном та кафедри аеропортів, e-mail: kvatadzeev@gmail.com, тел. +380442803942,*

https://orcid.org/0000-0003-2798-8955

Анотація. *Вступ.* Стан дорожнього одягу і термін його служби пов'язані з особливостями водно-теплового режиму, тобто з щільністю та вологістю ґрунту земляного полотна, значення яких змінюються протягом річного циклу за глибиною. В районах з сезонним промерзанням в дорожньому одязі та земляному полотні одночасно відбувається декілька процесів: теплообмін зволоженого матеріалу з приземним повітрям; дифузія пари і води в порах матеріалу; вологообмін між дорожнім покриттям і приземним повітрям; інфільтрація опадів через тріщини в одязі і полотні; інфільтрація води в полотно з боку узбіччя; надходження капілярної води. Водний режим верхніх шарів земляного полотна також погіршується внаслідок ускладнення просушування ґрунту під водопроникним покриттям, що призводить до зниження його міцності при відтаванні.

Проблематика. Задача забезпечення несної здатності земляного полотна та, як наслідок, рівності покриття потребує якісного рішення шляхом визначення об'ємів сезонного вологонакопичення у робочому шарі земляного полотна, з метою подальшої розробки ефективних конструктивних заходів щодо регулювання водно-теплового режиму за рахунок відведення води за межі дорожньої конструкції.

Мета роботи: проведення аналізу та визначення напрямків удосконалення методів розрахунку об'ємів сезонного вологонакопичення з урахуванням процесів тепло- та вологобміну в дорожній конструкції.

Матеріали і методи: аналітичні методи; методи математичного моделювання; основні положення теорії пружності, термо- та гідродинаміки.

Результати: у роботі досліджено моделі міграції сезонного вологонакопичення в залежності від походження джерел зволоження, проведено аналіз існуючих методів з розрахунку поля вологості у робочій зоні земляного полотна та визначено наступні напрямки їх удосконалення.

Висновки. Запропоновані рішення враховують властивості ґрунту з вологопровідності, показник якої визначається за застарілими, ще за радянських часів, методами. Наступним напрямком роботи авторів є розробка удосконалених методів визначення сезонної вологості ґрунтів в тілі земляного полотна на основі коефіцієнта вологопровідності, адаптованих до європейських.

Ключові слова: земляне полотно, водно-тепловий режим, вологість ґрунту, вологонакопичення, джерела зволоження.

Вступ

Однією з актуальних проблем сьогодення у дорожній галузі лишається руйнування покриттів внаслідок недостатньої міцності шарів основи дорожнього одягу та робочої зони земляного полотна. Істотною причиною цього є перезволоження ґрунту земляного полотна, як правило через незадовільний стан або відсутність систем дренування та поверхневого водовідведення.

На відміну від покриття, земляне полотно і шари основи дорожнього одягу повинні влаштовуватись міцними відразу на достатню перспективу, через потенційне зростання інтенсивності руху, особливо великовагових транспортних засобів. Тоді не буде виникати потреба перебудови усієї дороги, що пов'язано зі значними труднощами та витратами. Лише на досить міцній основі дорожнє покриття може протягом тривалого часу зберігати свою міцність і рівність.

Середня кількість опадів за осінній період 2022 року в Україні становила 188,5 мм, що перевищує середнє багаторічне значення на 71,5 мм та є найбільшим показником за останні 10 років [1]. В цей період відбувається зволоження полотна через узбіччя і укоси (рис. 1). В місцях примикання узбіч до проїзної частини може утворюватися застій води на більш або менш тривалий період. При незадовільному стані покриття, наявності тріщин і руйнувань, а також при водопроникних покриттях зволожуються шари основи дорожнього одягу за рахунок інфільтрації опадів. В періоди частих зимових відлиг сніг тане і через тріщини в покритті також зволожує дорожню конструкцію.

Найбільш складні умови роботи земляного полотна виникають при його промерзанні та відтаванні. В ці періоди процеси зміни вологості ґрунту супроводжуються змінами фазового складу води з виділенням або поглинанням тепла. Також осіннє вологонакопичення визначає хід процесів промерзання ґрунту і міграції вологи до границі льодовиділення. З іншого боку, ступінь зменшення вологості ґрунту земляного полотна в літній період внаслідок випаровування вологи та зниження рівня ґрунтових вод залежить від його вологості у весняний період.

Весною танення снігу відбувається у період, коли ґрунт на укосах і узбіччях ще не відтанув. Зволоження полотна поверхневим стоком на ділянках доріг з незадовільним водовідведенням може бути значним. При інтенсивному русі великовагового автомобільного транспорту вільна вода відтискається з робочої зони земляного полотна доверху, сприяючи зниженню міцності вище розміщених конструктивних шарів дорожнього одягу. Відсутність ефективних поперечних випусків вільної води з дренувальних шарів та постійне надмірне перенавантаження сприяє утворенню масових деформацій на дорожніх покриттях.

Для прогнозу зміни об'єму вологонакопичення в дренувальному шарі у роботі [2] запропоновано аналітичне рішення на основі одновимірної моделі, що враховує капілярний ефект та водонасичення. Також наведено аналіз щодо дренажної здатності матеріалів, за властивістю водоутримання та розмірами фракцій, і вимог за міцністю, що обумовлює ефективність роботи дренажів мілкого закладання.

Вплив частих промерзань та відлиг на стан ґрунту земляного полотна на основі експериментальних досліджень було проаналізовано у роботі [3]. Експериментальні результати підтвердили збільшення інтенсивності амплітуди напружень і накопичувальних деформацій зі збільшенням числа циклів замерзання – відтавання та кількості циклів навантаження.

Для визначення у робочому шарі земляного полотна об'єму вологонакопичення, що впливає на міцність та морозостійкість дорожнього одягу, потрібно встановити тип його зволоження. У роботах [4 – 6] для аналізу процесу накопичення вологи використовується принцип диференційного дослідження, згідно з яким водно-тепловий режим дорожньої конструкції класифікується за чотирма розрахунковими типами – дифузний, плівковий, капілярний та інфільтраційний. В основу такого поділу покладені наступні ознаки: 1) джерела зволоження; 2) ступінь водопроникності дорожнього одягу, що характеризується відсутністю або наявністю в покритті тріщин, а в одязі водопроникних шарів; 3) характер розподілу вологості за глибиною дорожньої конструкції в несприятливі за зволоженням періоди року (весна, осінь); 4) вологопровідність ґрунту, інтервал сезонного коливання вологості, і, відповідно, деформованості ґрунту полотна.

Складність вказаних процесів обумовлює **мету роботи** щодо аналізу та визначення напрямків удосконалення методів розрахунку об'ємів сезонного вологонакопичення в дорожній конструкції. Досягнення поставленої мети потребує вирішення наступних **задач**: дослідження моделі міграції сезонного вологонакопичення в залежності від походження джерел зволоження, проведення аналізу існуючих методів з розрахунку поля вологості у робочій зоні земляного полотна та визначення напрямків їх удосконалення.

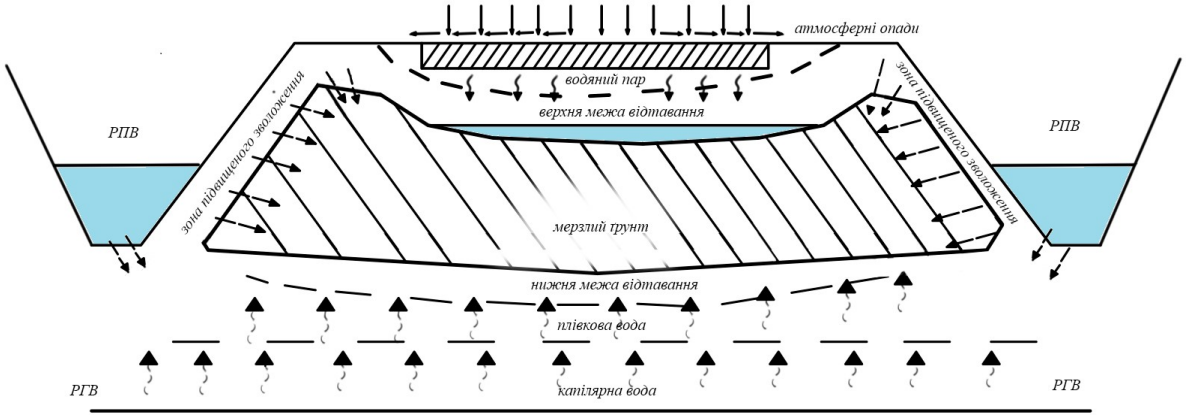
Виклад основного матеріалу дослідження.

Експериментально встановлено, що фазовий склад води у земляному полотні залежить від загальної вологості ґрунту [5, 6]. Оскільки вологість ґрунту полотна протягом року змінюється, то відбувається і систематична зміна співвідношення фаз водяної пари та плівкової вологи (рис. 1) у широкому інтервалі вологості від максимальної гігроскопічності до повної вологоємності. Отже, для

всіх трьох гідрологічних груп необхідно досліджувати моделі міграції та вологонакопичення не однофазної, а двофазної вологи. За такої постановки механізм міграції вологи суттєво ускладнений.

Вологообмін у ґрунтах, що сезонно промерзають, відбувається в наступному інтервалі вологості $W_{МГ} < W < W_{ПВ}$, де $W_{МГ}$ – максимальна гігроскопічна вологоємність, $W_{ПВ}$ – повна вологоємність. У такому інтервалі стан ґрунту відповідає гетерогенній системі, яка неводонасичена рідкою фазою вологи. Зі збільшенням вологості та обводненості мінеральних частинок такого ґрунту механізми міграції вологи є змішаними [4 - 6]: в інтервалі вологості $0,25\,W_{ПВ} < W < 0,5W_{ПВ}$ – дифузно-конденсаційний + плівковий; в інтервалі $0,5\,W_{пв} < W < 0,7\,W_{пв}$ – дифузно-конденсаційний + плівковий, капілярний; в інтервалі $0,7\,W_{пв} < W < W_{пв}$ – дифузно-конденсаційний + капілярний.

Незалежно від походження і потужності джерел зволоження протягом всього холодного періоду року відбувається рух пари і води у верхню частину полотна з більш глибоких шарів. Причина цього - різниця тисків в плівках ґрунтової води в теплій і холодній зонах полотна. Внаслідок накопичення води в зоні промерзання вологість у верхній частині полотна зростає, досягаючи максимального значення до кінця холодного періоду. Тому в період відтавання ґрунтова основа має найбільшу сезонну вологість і найменшу міцність, яка приймається для розрахунку товщини одягу (рис. 1). В теплий період року відбувається зворотній процес – висихання ґрунту полотна, зменшення вологості та підвищення міцності.



— — межа відтавання на початку холодного періоду; ——— межа відтавання наприкінці холодного періоду; ——► рух вологи на початку холодного періоду; ——► рух вологи наприкінці холодного періоду.

Рисунок 1 – Модель міграції вологонакопичення двофазної вологи в дорожній конструкції під впливом джерел зволоження.

Figure 1 – The migration model of the moisture accumulation of two-phased moisture in road structure under the influence of sources of moisture

Таким чином, при глибокому заляганні ґрунтових вод зволоження дорожньої конструкції можливе атмосферними опадами, поверхневим стоком і водяною парою. При водонепроникних для опадів покриттях основними джерелами зволоження є водяна пара і вода, яка конденсується з неї. Однак визначення розрахункової вологості вимагає аналізу змін вологості ґрунту і, відповідно, здійснення її прогнозування послідовно по сезонам.

Початкове накопичення вологи у ґрунтах земляного полотна після літнього просихання починається з переходом середніх добових температур повітря через +3 – +5˚С [5, 6]. До цього часу відбувається зміна напрямку теплового потоку в ґрунтах. При літньому просиханні ґрунтів тепловий потік спрямований зверху вниз (рис. 1). Основним джерелом зволоження в період початкового осіннього накопичення є атмосферні опади і водяна пара.

Спостереження на дорогах показують, що притока вологи зверху за період початкового накопичення визначається не лише сумою опадів, але й інтенсивністю, тривалістю їх випадіння, температурою і дефіцитом вологості повітря.

Восени, як правило, збільшується тривалість випадіння опадів, зменшується інтенсивність та дефіцит вологості повітря і випаровування, розпочинається підняття ґрунтових вод. При зволоженні земляного полотна від рівня ґрунтових вод, вище зазначена, умова щодо визначення початку періоду осіннього вологонакопичення є також справедливою. Підвищення рівня ґрунтових вод (РГВ), а відповідно, і збільшення кількості вологи, яка підтягується вверх від РГВ, може наставати тільки при підвищенні інфільтрації дощових опадів в ґрунт. Кінець періоду осіннього вологонакопичення в ґрунтових основах може визначатися за датами початку промерзання ґрунту. Знаючи тривалість періоду осіннього вологонакопичення, можна знайти середню осінню вологість ґрунту, а потім спрогнозувати зимову і весняну.

Зимове накопичення вологи в ґрунтах відбувається шляхом її переміщення за напрямком теплового потоку знизу і з боків, від більш теплих місць до більш холодних, за рахунок перерозподілу її внутрішніх запасів та міграції від рівня підземних вод (рис. 1).

При неглибокому заляганні підземних вод від поверхні землі інтенсивність зимового вологонакопичення особливо зростає, коли фронт промерзання досягає капілярної кайми. Чим глибше промерзання входить в капілярну кайму, особливо в її нижню зону, де більша частина вологи перебуває у вільному стані, тим більше зимове вологонакопичення.

На інтенсивність зимового вологонакопичення, окрім швидкості промерзання ґрунту, впливає також швидкість міграції води, яка залежить від виду ґрунту, ступені його ущільнення і умов підтоку вологи, в тому числі, від наявності ґрунтової води. Найбільш небезпечні пилуваті ґрунти, у яких велика поверхнева енергія поєднується з малим опором підйому води у порах, внаслідок чого швидкість підтоку води в можливу зону здимання велика і відбувається інтенсивне утворення льодяних лінз у ґрунті.

На основі теорії тепломасообміну, представленій у роботах [4, 5], визначається зміна вологості ґрунту полотна по глибині для певного типу місцевості за характером зволоження. Величина загального вологонакопичення ΔW у верхній частині полотна глибиною h_j за холодний період значною мірою залежить від гідрологічних умов. За відсутності перепаду вологості перед промерзанням $W_0 - W_i$ (дифузний водно-тепловий режим) характерне лише незначне зволоження у верхній частині (0 – 5 см) полотна. За наявності деякого перепаду $W_0 - W_i$ (дифузно-плівковий водно-тепловий режим) відзначається помітне зростання вологості у верхній частині (0 – 25 см) полотна. За наявності значного перепаду $W_0 - W_i$ (капілярний водно-тепловий режим) у верхній частині полотна відбувається інтенсивне вологонакопичення.

Так, для місцевості з сухими ділянками поле вологості (тобто зміна вологості за глибиною h_j (м), в різні моменти холодного періоду) можна розрахувати за рівнянням

$$W\left(h_j, T_p\right) = W_n - mh_j\sqrt{\frac{T_p}{\pi k_1}}exp\left(-\frac{h_j^2}{4k_1T_p}\right) + m\left(T_p + \frac{h_j^2}{2k_1}\right)erfc\left(\frac{h_j}{2\sqrt{k_1T_p}}\right), \quad (1)$$

де W_n – відносна вологість ґрунту по глибині земляного полотна на початку холодного періоду, $W\left(h_j, 0\right) = const$, T_p – час в годинах, який відраховується від початку періоду з W_n, год.; m – коефіцієнт, що враховує зміну вологості ґрунту полотна під дорожнім одягом в період морозного вологонакопичення, 1/год; k_1 – коефіцієнт вологопровідності двофазової вологи, м^2/год.

Визначення тривалості розрахункового холодного періоду T_p має важливе значення як для розробки методу прогнозування сезонної вологості, так, відповідно, і міцності. Як правило, початок розрахункового періоду T_n відносять до дати середньодобової температури повітря 0°С. Але визначення цього показника залежить від багатьох факторів: району, конструкції одягу, його міцності, кольору покриття, фізико теплових властивостей. У першому наближенні можна записати $T_n = f(\mathrm{R}_0, t_{пов}, t_{пок})$, де R_0 сумарний тепловий опір одягу ($K \times м^2/Bm$); $R_0 = \sum h_i/\lambda_i$; $t_{пов}, t_{пок}$ – товщина шарів (м) з коефіцієнтами теплопровідності λ_i ($Bm/K \times м$), температура повітря і покриття, $°C$.

У роботі [4] тривалість T_p запропоновано розраховувати як деяку швидкість відтавання земляного полотна на глибину $T_p = h_j / \alpha_{тан}$, де $\alpha_{тан}$ - середня швидкість відтавання земляного полотна з врахуванням шаруватості одягу:

$$T_p = \frac{1}{\alpha_{тан}} \sqrt{\frac{\alpha_{тан} T(t_в - t_л)}{\rho_г W \theta_л} + 0,25(\mathrm{R}_п - R_0)^2 \lambda^2} - \frac{0,5}{\lambda}(\mathrm{R}_п - R_0)\lambda, \quad (2)$$

де $\lambda, W, \rho_г$ – коефіцієнти теплопровідності, вологості і щільності мерзлого ґрунту; $\theta_л$ – прихована теплота льодоутворення, кДж/кг; $t_л$ – температура льодоутворення; $\mathrm{R}_п$ – тепловий опір на межі повітря-покриття.

Для місцевості з сирими ділянками небезпека зволоження виникає внаслідок міграції води з бічних канав. Поле вологості у даному випадку можна розрахувати за формулою

$$W(h_j, T_{св}) = W_{пв} - [W_{пв} - (W_{п1} + m_1 T_{св})]\frac{h_j}{l} + \\ + \frac{2}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\left\{\frac{1}{n}\exp\left(-\frac{\pi^2 n^2 k_1 T_{св}}{l^2}\right)\left[W_{п1} - W_{пв} - \frac{(-1)^n l^2 m}{\pi^2 n^2 k_1}\right] + \frac{(-1)^n l^2 m}{\pi^2 n^3 k_1}\right\} sin\frac{n\pi h_j}{l}, \quad (3)$$

де l – горизонтальна відстань від точки перетину тимчасового (застійного) горизонту поверхневих вод (ГПВ) з укосом полотна до кромки проїзної частини; $W_{пв}$ – відносна вологість ґрунту полотна по вертикалі, проведеній через точку перетину ГПВ з укосом; $W_{п1}$ – початкова відносна вологість ґрунту в точці перетину ГПВ до наповнення бічної канави водою; $T_{св}$ – тривалість стояння води в бічній канаві, год; m, m_1 – коефіцієнти, що враховують інтенсивність наростання вологості ґрунту за період $T_{св}$ у вертикальних площинах відповідно біля канави і біля кромки проїзної частини.

Для місцевості з мокрими ділянками виникає серйозна небезпека міграції вологи з зони капілярного зволоження знизу. Рівняння для розрахунку поля вологості для цих умов має вигляд

$$W\left(h_j, T_{св}\right) = W_1 + mT_{св} + 1/h_{гв}(W_{п1} - W_1 - mT_{св}) - \sum_{n=1}^{\infty}\frac{2mh_{гв}^2}{\pi^3 n^3 k_1}\left[1 - exp\left(\frac{\pi^2 n^2 k_1 T_{св}}{h_{гв}^2}\right) sin\frac{n\pi h_j}{h_{гв}}\right], \quad (4)$$

де $h_{гв}$ – відстань від розрахункового горизонту ґрунтових вод (РГГВ) до низу дорожнього одягу, м; $T_{св}$ – тривалість стояння РГГВ в год.; W_1 – відносна вологість ґрунту під граничним шаром одягу в період $T_{св} = 0$; $W_{п1}$ – початкова відносна вологість ґрунту в площині дзеркала РГГВ.

Прогнозування осіннього та зимового вологонакопичення в земляному полотні виконується на основі розрахунку величини середньої осінньої $W_{ср}^{ос}$ і весняної $W_{ср}^{вес}$ вологостей, згідно [5], за відповідними формулами.

Для визначення середньої осінньої вологості $W_{ср}^{ос}$ при $F_{ов} \le 0,25$:

$$\frac{W_{ср}^{ос} - W_0}{W_{ПВ} - W_0} = \left(1 + \frac{H_в}{H_а}\right) \cdot erfc\left[\left(1 + \frac{H_в}{H_а}\right) \cdot \frac{1}{2\sqrt{F_{ов}}}\right] + \left(1 - \frac{H_в}{H_а}\right) erfc\left[\left(1 - \frac{H_а}{H_в}\right) \cdot \frac{1}{2\sqrt{F_{ов}}}\right] + \\ + \frac{2\sqrt{F_{ов}}}{\sqrt{\pi}} \times \frac{H_в}{H_а}\left\{\exp\left[-\frac{1}{4F_{ов}}\left(1 - \frac{H_а}{H_в}\right)^2\right] - \exp\left[-\frac{1}{4F_{ов}}\left(1 + \frac{H_а}{H_в}\right)^2\right]\right\}; \quad (5)$$

при $F_{он} > 0,25$

$$\frac{W_{ср}^{ос} - W_0}{W_{ПВ} - W_0} = 1 - \frac{8}{\pi^2}\left(\frac{H_в}{H_а}\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{H_а}{H_в}\right) \cdot \exp\left(-\pi^2 \frac{F_{ов}}{4}\right), \quad (6)$$

де $H_а$ – глибина активної зони дорожньої конструкції, м; W_o – початкова (оптимальна) вологість; $F_{ов}$ – критерій осіннього вологонакопичення:

$$F_{ов} = \frac{k_1 \tau_{вн}}{H_в^2} \quad (7)$$

$\tau_{вн}$ – тривалість періоду вологонакопичення, год; $H_в$ – відстань від верху земляного полотна до рівня ґрунтових або поверхневих вод, м.

Існуючі методи щодо визначення розподілу вологості в робочій зоні земляного полотна, зокрема рівняння (1), (3-6) ґрунтуються на показнику вологопровідності ґрунту, що визначається експериментально за застарілими методиками, лабораторна база яких не відповідає новим європейським вимогам [7].

Величину $H_в$ можна визначати за наявності багаторічних (не менше 20 років) спостережень або за даними разових вимірів рівня ґрунтових вод у будь-яку пору року. У цьому випадку слід використовувати типові графіки сезонних коливань рівня ґрунтових вод.

Період відтавання та максимального вологонасичення починається з визначенням у верхніх шарах ґрунту стійких позитивних температур і продовжується до повного відтавання ґрунту. Перед його початком підвищується температура мерзлих ґрунтів і змінюється напрямок теплового потоку. Цей період від початку відтавання до певної глибини h_j характеризується найнебезпечнішим станом дорожнього одягу за умовами зволоження.

Вода, яка звільняється при відтаванні льодяних лінз в мерзлих ґрунтах, насичує в результаті здимання розущільнений ґрунт, що призводить до різкого зниження його стійкості. До запасів вологи, що накопичились за зиму, у процесі відтавання додається волога від атмосферних опадів і снігу, що тане (рис. 1).

При неглибокому заляганні від поверхні землі ґрунтових вод і значному зимовому вологонасиченні підземні води можуть перешкоджати просочуванню вниз вологи, яка звільнилась у процесі відтавання мерзлих ґрунтів, і тим самим сприятимуть перезволоженню відталих ґрунтів. Дослідженнями [4 - 6] встановлено, що по мірі танення льоду в ґрунті частина звільненої вологи іде на гідратацію обезводнених при промерзанні частинок (до 15% від ваги скелету ґрунту), частина води залишається у відталому ґрунті в капілярах і замкнених пустотах, які утворюються на місці льодяних лінз. Решта вільної води по мірі відтавання опускається донизу, а частина під впливом сил напору піднімається до поверхні і надходить в дренувальний шар.

Швидкість відтавання суттєво впливає на процес зміни вологості земляного полотна. Чим триваліша затяжна весна з нічними заморозками, які змінюються теплими сонячними днями без опадів, тим швидше знижується вологість ґрунту внаслідок підвищеного випаровування вдень і морозного вимерзання вночі, отже менша ймовірність зниження модуля пружності ґрунту. Якщо ж весна дощова, що характеризується високою швидкістю відтавання, збільшується кількість деформацій на покриттях через зниження міцності ґрунту і матеріалу підстиляючого шару.

В якості розрахункової, при призначенні конструкцій дорожнього одягу, приймають найбільшу відносну весняну вологість:

$$W_{весн.відн} = \frac{W_{весн.}}{W_T} = W_{ос.відн} + \frac{Q_{нак.}\rho_в}{\delta_г (h_{пр} - h_j) W_T S} = W_{осін.відн} + \frac{W_{з.н}}{W_T}, \quad (8)$$

де $W_{весн.}$ – вологість ґрунту земляного полотна навесні; W_T – вологість на межі текучості; $W_{ос.відн}$ – відносна осіння вологість; $Q_{нак.}$ – об'єм накопиченої за зиму вологи в стовпчику ґрунту перетином S =1 см^2 [1, 7];

$\rho_в$ – щільність води, г/см^3; $\delta_г$ – об'ємна вага талого ґрунту, г/см^2; $h_{пр}$ – глибина промерзання від поверхні покриття по осі проїзної частини, см; h_j – загальна товщина шарів дорожнього одягу, см; $W_{з.н}$ – зимова накопичена вологість.

З наведеної формули видно, що зі зміною параметрів дорожньої конструкції змінюється розрахункова вологість ґрунту земляного полотна, а також його деформативні та міцнісні характеристики.

Окрім загальної товщини перезволоженого ґрунту у робочій зоні земляного полотна, має значення рівномірність відтавання в поперечному та поздовжньому напрямках до осі дороги. Навесні

через велику теплопровідність одягу земляне полотно відтає під проїзною частиною швидше, ніж на узбіччях і укосах, тому в середній частині полотна відбувається скупчення вільної води, яка не має виходу через мерзлі укоси. На ділянках доріг з поздовжніми похилами вода, що накопичилась в кориті земляного полотна, стікає і скупчується у знижених місцях, особливо поблизу увігнутих переломів профілю дороги. В результаті в окремих місцях суттєво знижується міцність ґрунту земляного полотна і виникають руйнування дорожнього одягу.

По мірі прогрівання земляного полотна починається період просихання ґрунтів, тобто зменшення їх вологості і відновлення щільності та несної здатності. Прискорення просихання може бути досягнуто влаштуванням дренажу мілкого закладання. Тому, чим ефективніше працюють дренуючі пристрої, тим швидше відновлюється літній режим і підвищується модуль пружності ґрунту. В цей період основним джерелом зволоження є атмосферні опади. Висока інтенсивність випадання літніх опадів та великий дефіцит вологості повітря сприяють утворенню великих запасів вологи у верхній частині земляного полотна. Притік вологи знизу від підземних вод зменшується, а в деяких випадках і зовсім зупиняється, оскільки в цей період відбувається пониження рівня ґрунтових вод. Для цього періоду характерні мінімальна вологість і максимальна щільність ґрунтів земляного полотна [6].

Висновки. Основними умовами, які визначають вологонакопичення, вважають: зміну зимових температур в ґрунті та джерела зволоження. Визначення фізичного змісту водно-теплових процесів земляного полотна і дорожнього одягу дозволяє розкрити закономірності руху, а, відповідно, і раціонального регулювання накопичення вологи в дорожній конструкції.

Принцип проектування дорожніх конструкцій заснований на законах термо- та гідродинаміки. Відповідно, на додаток до розрахунку на міцність, необхідно враховувати температурні та вологісні властивості дорожнього одягу та земляного полотна. Для практичного використання цього принципу є необхідність розробки методу розрахунку та регулювання водно-теплового режиму дорожніх конструкцій для різних умов зволоження з урахуванням сучасних європейських вимог.

Запропоновані методи визначення обсягів вологонакопичення враховують властивості ґрунту з вологопровідності, показник якої визначається, на сьогодні, за застарілими, ще за радянських часів, методами проведення експериментальних досліджень. Наступним кроком авторів в цьому напрямку буде розробка удосконалених методів щодо визначення сезонної вологості ґрунтів в тілі земляного полотна на основі коефіцієнта вологопровідності, визначення якого буде адаптоване до європейського підходу.

Перелік посилань

1. https://superagronom.com/news/16357-osin-2022-vidznachilas-naybilshoyu-kilkistyu-atmosfernoyi-vologi-za-ostanni-10-rokiv

2. Han-Cheng Dan, Zhi Zhang, Xiang Liu, Jia-Qi Chen. Transient unsaturated flow in the drainage layer of a highway: solution and drainage performance. Road Materials and Pavement Design. 2019. Volume 20, Issue 3. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14680629.2017.1397049

3. Xiangtian Xu, Weidong Zhang, Caixia Fan, Ying Lai, Jun Wu. Effect of freeze–thaw cycles on the accumulative deformation of frozen clay under cyclic loading conditions: experimental evidence and theoretical model. Road Materials and Pavement Design. 2021. Volume 22, Issue 4. https://doi.org/10.1080/14680629.2019.1696221

4. Сиденко В.М., Расчет и регулирование водно-теплового режима дорожных одежд и земляного полотна, М: Н-Т изд. Минавтотранса и шос. дорог РСФСР, 1962, 116 с.

5. Пузаков Н.А., Золотарь И.А., Сиденко В.М., Тулаев А.Я. и др. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд. М., Транспорт, 1971. 413 с.

6. Сіденко В.М., Фомін В.О. Водно-тепловий режим міських доріг. Харків: Видавництво Харківського університету, 1971. 180 с.

7. Бондаренко Л.П., Кватадзе Є.І. Методи визначення коефіцієнта вологопровідності ґрунтів земляного полотна. Дороги і мости. Київ, 2022. Вип. 26. С. 138–146. https://doi.org/10.36100/dorogimosti2022.26.138

DETERMINING MOISTURE ACCUMULATION METHODS IN THE WORKING LAYER OF THE ROAD BED BY TYPES OF MOISTURE

Rutkovska Inessa **A.**, Candidate of Science (Engineering), National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: ria_ntu@ukr.net, https://orcid.org/0000-0001-7832-4222

Kvatadze Evgenia I., PhD student, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: kvatadzeev@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-2798-8955

Abstract. *Introduction.* The condition of the road surface and its service life are related to the features of the hydrothermal regime, i.e., the density and moisture of the subgrade soil, the values of which change during the annual cycle by depth. In areas with seasonal freezing, several processes occur simultaneously in the road surface and ground surface: heat exchange of moistened material with surface air, diffusion of steam and water in the pores of the material, moisture exchange between the road surface and surface air, infiltration of precipitation through cracks in the surface and surface air, infiltration water into the fabric from the side of the road, capillary water inflow. The water regime of the upper layers of the subsoil also deteriorates due to the complication of soil drying under the waterproof coating, which leads to a decrease in its strength during thawing.

Problem Statement. Ensuring the load-bearing capacity of the ground surface and the evenness of the coverage requires a qualitative solution by determining the volumes of seasonal moisture accumulation in the working layer of the ground surface for the subsequent development of effective constructive measures to regulate VTR due to the diversion and removal of water outside the road structure.

Purpose: conducting an analysis and determining directions for improvement of methods for calculating the volumes of seasonal moisture accumulation, taking into account the heat and moisture exchange processes in the road structure.

Materials and Methods: analytical methods; methods of mathematical modeling; basic provisions of the theory of elasticity; thermo- and hydrodynamics.

Results: in the paper, migration models of seasonal moisture accumulation depending on the origin of sources of moisture were investigated, analysis of existing methods for calculating the field of moisture in the working zone of the subgrade was carried out, and the following directions for their improvement were determined.

Conclusion. The proposed solutions take into account the moisture-conducting properties of the soil, the indicator of which is determined by outdated, even Soviet-era, methods. The next direction of the authors' work is the development of improved methods for determining the seasonal humidity of the soil in the body of the earth bed based on the moisture conductivity coefficient, adapted to the European approach.

Keywords: subsoil, water-thermal regime, soil moisture, moisture accumulation, sources of moisture.

References

1. https://superagronom.com/news/16357-osin-2022-vidznachilas-naybilshoyu-kilkistyu-atmosfernoyi-vologi-za-ostanni-10-rokiv

2. Han-Cheng Dan, Zhi Zhang, Xiang Liu, Jia-Qi Chen. Transient unsaturated flow in the drainage layer of a highway: solution and drainage performance. Road Materials and Pavement Design. 2019. Volume 20, Issue 3. https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/14680629.2017.1397049

3. Xiangtian Xu, Weidong Zhang, Caixia Fan, Ying Lai, Jun Wu. Effect of freeze–thaw cycles on the accumulative deformation of frozen clay under cyclic loading conditions: experimental evidence and theoretical model. Road Materials and Pavement Design. 2021. Volume 22, Issue 4. https://doi.org/10.1080/14680629.2019.1696221

4. Sidenko V.M., Raschet i regulirovaniye vodno-teplovogo rezhima dorozhnykh odezhd i zemlyanogo polotna [Calculation and regulation of the water-thermal regime of road pavements and subgrade, M: N-T ed. Ministry of Autotrans and SCO. roads of the RSFSR , 1962, 116 p.] , M: N-T izd. Minavtotransa i shos. dorog RSFSR, 1962, 116 s. [in rusian]

5. Puzakov N.A., Zolotar' I.A., Sidenko V.M., Tulayev A.YA. i dr. Vodno-teplovoy rezhim zemlyanogo polotna i dorozhnykh odezhd [Water-thermal regime of the subgrade and road pavement. M., Transport, 1971. 413 p.]. M., Transport, 1971. 413 s. [in rusian]

6. Sidenko V.M., Fomin V.O. Vodno-teplovyy rezhym mis′kykh dorih. [Water-thermal regime of the city roads. Kharkiv: Kharkiv: Kharkiv University Publishing House, 1971. 180 p.] Kharkiv: Vydavnytstvo Kharkivs′koho universytetu, 1971. 180 s. [in Ukrainian]

7. Liudmyla Bondarenko, Yevheniia Kvatadze. Methods of determining the coefficient of moisture conductivity of soils subgrade. Dorogi i mosti [Roads and bridges]. Kyiv, 2022. Iss. 26. P. 138–146. [in Ukrainian] https://doi.org/10.36100/dorogimosti2022.26.138.

УДК 625.7 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-070-077**
UDC 625.7

ВАРІАНТНЕ ПРОЕКТУВАННЯ СЕРЕДНІХ РЕМОНТІВ НЕЖЕРСТКИХ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ

OPTION DESIGN OF MEDIUM REPAIRS OF NON-RIGID ROAD CLOTHING



Кизима Станіслав Степанович, *кандидат технічних наук, професор, професор кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету); e-mail: stanislaaavl23@gmail.com, тел. +380442803942*

https://orcid.org/0000-0002-6178-0720

Анотація. Розглянуто функціональне призначення середніх ремонтів нежерстких дорожніх одягів. Показана їх техніко-економічна роль в роботі дороги. Наведені умови ефективності роботи ресурсів на проведення середніх ремонтів. Доведена необхідність використання принципів варіантного проектування та техніко-економічної оптимізації видів та обсягів середніх ремонтів неорстких одягів. Наведені необхідні математичні та економічні залежності для реалізації варіантного проектування середніх ремонтів неорстких одягів. Приведені необхідні розрахункові параметри для різних видів мередніх ремонтів. Встановлено коомплекс техніко-економічних параметрів, який необхідно досягти у процесі варіантного проектування середніх ремонтів неорстких одягів, математичні залежності для їх визначення, наведено їх взаємозвязок. Викладена детальна методика варіантного проектування середніх ремонтів неорстких одягів.

Ключові слова: варіантне проектування, середні ремонти, нежерсткі дорожні одяги, техніко-економічна оптимізація.

Вступ

Середній ремонт нежерстких дорожніх одягів – це найбільш ефективна група дорожньо-експлуатаційних робіт. Ефективність її зумовлюється відносно невеликою вартістю у порівнянні з капітальним ремонтом і практично повним відновленням за цю вартість транспортно-експлуатаційних показників проїзної частини до норм, які досягаються проведенням робіт з капітального ремонту.

Середні ремонти спрямовані на підтримку швидкостей руху на дорозі в межах норм, властивих даній категорії дороги, за рахунок цілеспрямованого регулювання рівності проїзної частини і її зчіпних якостей.

Оскільки середній ремонт по суті представляє набір робіт з покращення транспортних якостей проїзної частини і практично не впливає на інші параметри дорожнього одягу, то строк служби (ресурс) остатнього в 2-4 рази менше капітального ремонту. Враховуючи превалюючий вплив стану проїзної частини на техніко-економічні показники роботи рухомого складу (швидкість руху, паливна економічність , собівартість перевезень та ін.), надзвичайно важливе значення має оптимізація строків проведення, виду і обсягу середніх ремонтів і строків їх служби.

Це достатньо складна багатофакторна проблема, яка сьогодні ще недостатньо вивчена. Першим кроком у вирішенні цієї проблеми є варіантне проектування середніх ремонтів нежорстких одягів.

Матеріали даної роботи вміщують вперше проведені, завершені і доведені до практичної методики результати досліджень у цьому напрямку.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Середній ремонт нежорстких дорожніх одягів відноситься до групи ремонтно-відновлювальних дорожньо-ремонтних робіт. Основне призначення середнього ремонту – підтримання швидкостей руху на дорозі в межах норм до існуючої категорії дороги. Це призначення досягається за рахунок регулювання у процесі експлуатації дороги найважливіших транспортно-експлуатаційних показників, що впливають на формування швидкісного режиму роботи дороги – рівності і зчіпних якостей проїзної

частини. На відміну від інших показників, які досягаються у процесі будівництва чи капітального ремонту дороги і впливають на швидкісний режим дороги – параметрів плану і продольного профілю дороги, геометрії поперечника, типу покриття, системи інформаційного забезпечення, інженерного оснащення дороги і т. ін. , які залишаються практично постійними на протязі всього періоду життя дороги чи дорожнього одягу, рівність і зчіпні якості проїзної частини не залишаються постійними у процесі експлуатації дороги. Підчиняючись дії об'єктивних фізичних, фізико-хімічних і механічних законів та масообмінних процесів, ці показники з часом змінюються, при чому єдиним вектором їх змін є поступове їх погіршення. Це погіршення визиває погіршення умов і безпеки руху, що зумовлює необхідність зміни водіями параметрів швидкісного режиму руху.

Оскільки останній є дуже важливим економічним показником взаємодії транспортних засобів і дороги, то середній ремонт, спрямований на відновлення цих показників, по суті є запобіжником невиходу параметрів швидкісного режиму дороги за встановлені техніко-економічні норми.

Середній ремонт як група ремонтно-відновлювальних дорожньо-експлуатаційних робіт має певні особливості. Найважливішою з них є те, що при відносно невеликий вартості у порівнянні з капітальним ремонтом (вартість його, як правило, у 7-10 разів нижча вартості капітального ремонту) транспортна ефективність (його звичайно, при достатній міцності дорожньої конструкції) наближається до такої за результатами капітального ремонту – транспортний процес отримує транспортно-експлуатаційні показники проїзної частини, які практично не відрізняються від таких за результатами капітального ремонту.

Друга важлива особливість середнього ремонту полягає в тому, що для ефективного використання коштів на його проведення і досягнення необхідної ефективності роботи дороги в цілому вкрай необхідно забезпечити одночасне виконання трьох умов – кошти повинні вкладати туди, куди треба, тоді, коли треба і в обсязі, який необхідний за технічними показниками.

Третьою особливістю середнього ремонту є те, що для проведення останнього, як правило, немає потреби у попередній розробці спеціального проекту. Крім того, цю роботу здатна виконувати безпосередньо дорожньо-експлуатаційна організація, не прибігаючи до послуг тієї чи іншої підрядної організації. Важливо тільки забезпечити виконання вимог технологічного протоколу ведення даних робіт.

Викладені особливості середніх ремонтів вказують на те, що для досягнення найбільшої їх ефективності необхідно використовувати принцип варіантного їх проектування. Діючий нині принцип адміністрування виду і обсягу середнього ремонту без належного техніко-економічного їх обґрунтування повинен бути виключений з практики експлуатації доріг як такий, що залишає за полем зору велику кількість шляхів підвищення ефективності роботи доріг і взагалі не відповідає сучасним економічним умовам.

Середні ремонти нежорстких дорожніх одягів за їх специфікою і призначенням розподіляють на дві групи.

Перша група – середні ремонти за критерієм зчіпних якостей. Мета їх – відновлення зчіпних якостей проїзної частини. Основний показник останніх – величина коефіцієнта зчеплення шин з проїзною частиною $\varphi_ф$. Потреба в таких ремонтах настає тоді, коли досягається умова

$$\varphi_ф \leq \varphi_{доп}, \tag{1}$$

де $\varphi_ф, \varphi_{доп}$ – значення коефіцієнтів зчеплення, відповідно фактичне і мінімальне допустиме (нормоване) для даних умов руху.

У зв'язку особливостями виливу на рух надійні зв'язки між $\varphi_ф$ і параметрами швидкісного режиму, а відтак і економічними показниками, сьогодні відсутні. Тому умова (1) повинна розглядатись як індикативна, тобто така, яку не можна допускати на практиці ні при яких умовах. При наближенні до умови (1) необхідно призначати середній ремонт, здатний змінити текстуру поверхні проїзної частини. Як правило, це легкі поверхневі обробки з кам'яних матеріалів 4-6 мм або 6-10 мм.

Друга група – це середні ремонти за критерієм рівності проїзної частини. Мета їх – відновлення рівності проїзної частини $S_ф$, см/км, до базової її значення, $S_б$, передбачених [1; 2]. Основний показник рівності проїзної частини – показання поштовхоміра $S_в$ см/км, отримані при польових обстеженням чи внаслідок прогнозування. Потреба в середніх ремонтах цієї групи наступає тоді, коли досягається умова

$$S_{\text{ф}} \geq S_{\text{доп}}\,, \tag{2}$$

де $S_{\text{ф}}, S_{\text{доп}}$ – значення показників рівності проїзної частини за поштовхоміром, см/км, відповідно фактичне і гранично допустиме для дороги даного значення.

Особливістю середніх ремонтів даної групи є те, що по-перше, потреба в таких ремонтах настає приблизно в 70% випадків раніше від ремонтів за критерієм зчіпних якостей; по-друге, виконання ремонтів даної групи автоматично вирішує мету ремонтів критерієм зчіпних якостей, оскільки повністю міняє текстуру поверхні проїзної частини. Тому перш за все треба навчитись варіанту проектуванню середніх ремонтів якраз цієї (другої) групи.

У відповідності з викладеним, запропонована наступна методика варіантного проектування середніх ремонтів нежорстких одягів. Вона включає декілька етапів.

На першому етапі за результатами інструментальних обстежень дороги виявляють всі ділянки дороги, які потребують середнього ремонту за критерієм зчіпних якостей. Ділянки, де міцність дорожніх одягів і рівність проїзної частини забезпечені, включають в програму робіт з середніх ремонтів без техніко-економічних обґрунтувань, з використанням в якості останніх легкої поверхневої обробки на щебеневому дріб'язку 3-5 мм або 5-10 мм.

Для остальних ділянок доріг, які потребують середнього ремонту за критерієм рівності проїзної частини і мають достатню міцність дорожнього одягу ($К_{зм}^{ф} > К_{зм}^{доп}$, де $К_{зм}$ – коефіцієнт запасу міцності одягу, відповідно фактичний і мінімально допустимий [1, 2]), здійснюють варіантне проектування середнього ремонту. Мета такого проектування – пошук найбільш економічно доцільного варіанту (виду і обсягу) середнього ремонту з числа тих, які доступні для даної дорожньо-експлуатаційної організації. Крім того, такий ремонт повинен забезпечувати найбільш ефективну роботу автомобільної дороги. Критерієм для відбору такого варіанту середнього ремонту з числа можливих повинен використовуватись стандартний коефіцієнт ефективності вкладень, який являє собою відношення очікуваного прибутку від середнього ремонту до обсягу дорожніх вкладень, які його визвали.

$$К_{\text{е}} = \frac{\text{прибуток}}{\text{обсяг дорожніх вкладень}} \rightarrow max \tag{3}$$

Відбір такого варіанту повинен здійснюватись на основі простого ранжування $К_{е}$.

Враховуючи, що середній ремонт спрямований перш за все на покращення рівності проїзної частини, а відтак на покращення умов взаємодії автомобілів і дороги і внаслідок цього зменшення вартості транспортного процесу, вираз (3) можна записати так:

$$К_{\text{е}} = \frac{0.8(Т_0 - Т_1)}{Д}, \tag{4}$$

де $Т_0, Т_1$ – обсяги транспортних витрат на ділянці дороги в грн./км в рік, відповідно до і після середнього ремонту.

Д – вартість даного варіанту середнього ремонту грн./км;

0.8 – ордината центра параболи, за якою знижується з роками прибуток від середнього ремонту.

Розміри обсягів транспортних витрат найпростіше знайти за виразом

$$Т = 365 N_{ep} a_{ep}\,, \text{ грн./км в рік}\,, \tag{5}$$

де N_{ep} – середньодобова інтенсивність руху на дорозі в одиницях економічно розрахункових автомобілях, од/добу.

$$N_{ep} = N_{\text{ф}} \frac{\sum P_i \varepsilon_i}{100}\,, \text{ од/добу}, \tag{6}$$

$N_{\text{ф}}$ - фактична змішана середньодобова інтенсивність руху, од/добу;

P_i - процент автомобілів і-ї вагової групи в транспортному потоці;

ε_i - коефіцієнт зведення автомобілів і-ї вагової групи до економічно розрахункового автомобіля.

$$\varepsilon_{\text{i}} = \frac{a_i}{a_{ep}}\ , \tag{7}$$

a_i, a_{ep} - собівартість перевезень відповідно для автомобілів і-ї вагової групи і економічно розрахункового (середньої вантажності) автомобілів, грн./автом-км; Останні можуть бути знайдені з урахуванням зовнішніх характеристик автомобілів.

На найближчий період значення коефіцієнтів зведення ε_{i} можуть характеризуватися даними, наведеними в табл.1.

Таблиця – 1 Очікувані значення коефіцієнтів зведення ε_{i} до економічно розрахункового автомобіля

Table – 1 Expected values of reduction coefficients ε i to an economically calculated car.

Вагові групи автомобілів	Значення коефіцієнтів зведення ε_{i}
Легкі вантажівки і мікроавтобуси	0,45
середні вантажівки (до 5 т)	1,00
з причепом автопоїздів	1,45
важкі вантажівки	1,6
з сідельними причепами	2,0
автобуси середні	0,6
автобуси важкі	0,9
легкові	0,30

У відповідності з діючою в країні економічною політикою в області автоперевезень станом їх організації та деякими нормативними документами, величину собівартості а логічно зв'язати з станом проїзної частини, який характеризується показником рівності за даними вимірювань поштовхоміром. Проведеними дослідженнями встановлено, що на найближчі 5-7 років для економічно, розрахункового автомобіля (середньої вантажності) має місце тісний зв'язок

$$a_{ep} = 37 + 0{,}117S, \text{ грн./автом-км} \tag{8}$$

де S – показник рівності проїзної частини в показаннях поштовхоміра, см/км. Цей зв'язок використаний і в програмному комплексі СУСП [5].

Показник S в (8) у процесі служби одягу не залишається постійним. У відповідності з процесами, що протікають і дорожній конструкції, він монотонно зростає, слідуючи закону [2; 5].

$$S(t) = S_0 + \alpha t e^{ct}, \quad \text{см/км}, \tag{9}$$

де S_0 – показник рівності проїзної частини в нульовий рік планування, см/км;

t – координата часу в роках, t = 0, 1, 2 …;

c – параметр, що відображає вплив на процес зростання S (t) щорічного приросту руху. На найближчі 5-7 років його можна приймати c = 0,05;

α - комплексний параметр, що враховує особливості одягу і умови його роботи. Його значення визначають за виразом [2; 5].

$$\alpha = \frac{0{,}57\gamma(7{,}62-\text{B}_0)\delta\xi}{(h_{\text{зв}}-2)^{0{,}6}\cdot\text{K}_{\text{н}}\sqrt{(\text{K}_{\text{зм}}-0{,}7)^{3\tau}}} \cdot \exp\left[0{,}87(\text{K}_{\text{зм}}-0{,}7) - 0{,}023h_{\text{зв}} + 0{,}45\cdot 10^{-3}\frac{N_{ep}}{f}\right] \tag{10}$$

де S (t) – показник рівності проїзної частини за поштовхоміром на t-й рік; γ - параметр самокоричування моделі (9); B_0 – ширина смуги руху в м;

δ - коефіцієнт впливу дорожньо-кліматичної зони; ξ – коефіцієнт впливу типу місцевості за характером зволоження;

$h_{зв}$ – приведена до асфальтобетону товщина верхніх зв'язаних шарів одягу $h_{зв} = \sum h_i \sqrt{\frac{E_i}{E_{аб}}}$, см;

$К_н$ – коефіцієнт неоднорідності міцності одягу; $К_{зм}$ – фактичний коефіцієнт запасу міцності одягу в нульовий рік планування;

τ - показник структурної міцності несучого шару дорожнього одягу, кг/см^2;

f – коефіцієнт врахування впливу числа смуг руху.

Результатом проведення середнього ремонту за критерієм рівності проїзної частини показник рівності останньої знижується. Це залежить від «потужності» середнього ремонту (товщини влаштованого шару) і слідує [2] виразу

$$S = Sexp(-0{,}6h) + 13h^{0{,}7},\ \text{см/км} \tag{11}$$

де S, S – показники рівності проїзної частини за поштовхоміром, см/км, відповідно до і після проведення середнього ремонту;

h – товщина влаштовуваного замикаючого шару при даному середньому ремонті.

Різниця між S і S носить назву вирівнювальної ефективності даного середнього ремонту

$$\Delta S = S - S \tag{12}$$

і слідуючи (11), вона залежить від товщини влаштовуваного замикаючого шару ремонту h. Якщо в (11) підставити замість S гранично допустиме значення показника рівності проїзної частини $S_{доп}$, а замість S – передбачена нормами [1, табл. 2.1] базове його значення $S_б$, як показано в (13)

$$S_б = S_{доп} exp(-0{,}6h) + 13h^{0{,}7},\ \textit{см/км,} \tag{13}$$

То вирішенням (13) відносно *h* можна знайти необхідну "потужність" (товщину влаштовуваного шару) середнього ремонту *h* для відновлення рівності проїзної частини до нормативного базового її значення $S_б$.

За отриманим значенням *h* за допомогою даних табл.2 можна встановити вид і параметри необхідного середнього ремонту.

Використовуючи далі вираз (9), після підстановки замість *S(t)* гранично допустимого його значення для даної дороги $S_{доп}$, а замість S_0 базового його значення $S_б$, як показано в (14),

$$S_{доп} = S_б + \alpha t e^{ct},\ \textit{см/км,} \tag{14}$$

шляхом вирішення (14) відносно *t* знайдено технічний ресурс даного середнього ремонту в роках за критерієм рівності проїзної частини t_{RS}, тобто такий перілд в роках, за який показник рівності проїзної частини зросте від базового $S_б$, до гранично допустимого $S_{доп}$.

Враховуючи наведені вище залежності (5, 6, 7, 8), можемо записати

$$T_0 = 365 N_ф \frac{\sum p_i \varepsilon_i}{100}\left(37 + 0{,}117\dot{S}\right),\ \textit{грн/км в рік;}$$
$$T_1 = 365 N_ф \frac{\sum p_i \varepsilon_i}{100}\left(37 + 0{,}117\hat{S}\right),\ \textit{грн/км в рік,} \tag{15}$$

а далі, згідно (4),

$$K_e = \frac{0{,}8(T_0 - T_1)}{Д} = \frac{0{,}8[365\ \ _ф\frac{\sum p_i \varepsilon_i}{100}(37+0{,}117\dot{S}) - 365 N_ф \frac{\sum p_i \varepsilon_i}{100}(37+0{,}117\hat{S})]}{Д} \tag{16}$$

Таблиця – 2 Види середніх ремонтів і їх техніко-технологічні параметри
Table – 2 Types of average repairs and their technical and technological parameters

№ п/п	Види середніх ремонтів	Тип влаштовуваного шару	Фракції щебеню, *мм*		Товщина шару, *см*	
			перший розсип	другий розсип	техно-логічна	розра-хункова
1	2	3	4	5	6	7
1	Одинична дрібношорста поверхнева обробка одним розсипом щебеню	п/щ	3-5		0,4	0,5
2	Одинична дрібношорста поверхнева обробка	п/щ	5-10		0,7	0,7
3	Одинична дрібношорста поверхнева обробка	п/щ	5-15		1,0	1,0
4	Одинична дрібношорста поверхнева обробка	п/щ	10-15		1,2	1,2
5	Одинична дрібношорста поверхнева обробка	п/щ	10-20		1,5	1,4
6	Дрібношорста поверхнева обробка з двома розсипами	п/щ/щ	10-15(20)	5-10	1,8	1,6
7	Подвійна дрібношорста поверхнева обробка	п/щ, п/щ	10-15	5-10	2,0	2,0
8	Подвійна середньошорста поверхнева обробка	п/щ, п/щ	10-15(25)	10-15	2,5	2,4
9	Подвійна крупношорста поверхнева обробка	п/щ, п/щ	20-25(30)	10-15	3,0	2,8
10	Подвійна крупношорста поверхнева обробка	п/щ, п/щ	20-30(40)	15-20	3,5	3,2
11	Термопрофілювання з поверхневою обробкою	п/щ/щ	10-15		1,2	2,0
12	Поверхнева обробка типу «сендвіч»	п/щ/щ	15-20	10-15	3,5	1,4
13	Влаштування шару з холодної асфальтобетонної суміші	а/б			1,5-2,0	1,7
14	Влаштування тонкошарового емульсійно-мінерального шару	ТЕМП			1,0-1,5	1,4
15	Холодне часткове фрезарування асфальтобетонного покриття на глибину 2-3 см з наступним укладанням тонкошарового асфальтобетонного покриття з горячої суміші А чи Б чи щебенево-мастикової				3,5	4,2
16	Влаштування тонкошарового асфальтобетонного покриття з горячої багатощебенистої суміші або щебенево-мастикової суміші товщиною 3-4 см				4,0	4,0

Після упорядкування маємо вираз для визначення коефіцієнта ефективності вкладень в даний варіант середнього ремонту

$$K_e = \frac{34{,}164 N_\phi \frac{\sum p_i \varepsilon_i}{100} \Delta S}{Д}. \quad (17)$$

Маючи значення K_e, легко знайти строк окупності вкладень в даний середній ремонт

$$t_{ok} = \frac{1}{K_e}, \textit{років.} \quad (18)$$

Зрозуміло, що з часла доступних для даної дорожньо-експлуатаційної організації варіантів середнього ремонту повинен бути відбраний такий, для якого значення K_e буде максимальним. Але вимоги до цього варіанту не обмежуються тільки умовою $K_e \to max$. Важливо також, щоб строк окупності варіанту був менше технічного ресурсу варіанту ремонту t_{RS}. Також треба перевірити аналізуємий варіант середнього ремонту на предмет задовільнення тим вимого до зчіпних якостей в інтервалі часу $t_o - t_{RS}$. Для цього можна скористатись залежністю

$$t_\varphi = \frac{\beta \, lg\frac{\varphi_ф}{\varphi_{доп}}}{\gamma\varepsilon + 0{,}3 \times 10^{-4} N_{A_2}} \quad (19)$$

де β – коефіцієнт, що враховує тип покриття. Для асфальтобетону $\beta = 1.8$, для поверхневої обробки з щебеню фракцій 10-20 *мм* $\beta = 0.85$, з щебню фракцій 5-10 мм - $\beta = 0{,}7$;

$\varphi_ф$, $\varphi_{доп}$ – коефіцієнт зчеплення шин з проїзною частиною, відповідно фактичній в нульовий рік і допустимий за умовами руху;

N_{A_2} – розрахункова інтенсивність руху в одиницях розрахункових автомобілів групи A_2 на суму руху в нульовий рік;

$\gamma -$ коефіцієнт, що враховує вплив вяжучого;

$\varepsilon -$ коефіцієнт, що враховує вплив дорожньо-кліматичної зони;

$t_\varphi -$ період в роках до моменту виникнення необхідності в проведенні середнього ремонту за критерієм зчіпних чкостей.

Таким чином, економічно обрунтованим варіантом середнього ремонту нежерсткого дорожнього одягу в результаті варіантного проектування слід вважати варіант, який відповідає наступним узагальненим умовам:

$$K_e \Big|^{\to max}_{\substack{t_{ok} < t_{RS} \\ t_\varphi \geq t_{RS} \\ K^ф_{зм} > K^{доп}_{зм}}} \quad (20)$$

В останьому комплекті умов (20):

$K_e -$ коефіцієнт економічної ефективності дорожніх вкладень в варіант середнього ремонту;

$t_{ok} -$ строк окупності дорожніх вкладень в роках;

$t_{RS} -$ технічний ресурс варіанту середнього ремонту в роках за критерієм рівності проїзної частини;

$t_\varphi -$ період варіанту середнього ремонту в роках до моменту виникнення потреби в проведені середнього ремонту за критерієм зчіпних якостей (технічний ресурс варіанту в роках за критерієм зчіаних якостей);

$K^ф_{зм}$, $K^{доп}_{зм} -$ коефіцієнти запасу міцності одягу, відповідно фактичнийв нульовий рік плануванняі мінімально допустимий для даної дороги.

Значення цих показників, за виключенням останніх, легко встановити за наведеними вище залежностями.

Висновок

Для ділянок доріг, де $K_{зм}^{ф} \leq K_{зм}^{доп}$, планування і проведення середніх ремонтів недоцільне. Для таких ділянок необхідно розробляти, економічно обгрунтовувати і оптимізувати дострокові стратегії ремонтно-відновлювальних робіт з урахуванням всіх можливих видів цих робіт. Але це вже зовсім інша проблема.

Перелік посилань.

1. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України. П.-Г.1-218-113-2009. К.: Фенікс, 2009. – 232 с.
2. Кизима С.С. Експлуатація автомобільних доріг. К.: НТУ, 2009. – 272 с.
3. Державний Стандарт України. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди. Вимоги до експлуатаційного стану. ДСТУ 3587-07. К.: Держстандарт, 1997. – 20 с.
4. Класифікація робіт з ремонтів автомобільних доріг загального користування. ВБН Г.1-218-182.
5. Кизима С.С. Структура та технічні можливості вітчизняної системи управління станом дорожніх покриттів (СУСП). В н.-т. збірнику «Підвищення ефективності будівництва та експлуатації автомобільних доріг. Харків, ХНАДУ, 2002. – 187 с.

OPTION DESIGN OF MEDIUM REPAIRS OF NON-RIGID ROAD CLOTHING

Kyzyma Stanislav S., candidate of technical sciences, professor, professor of the department of transport construction and property management of the National Transport University); e-mail: stanislaaavl23@gmail.com, phone +380442803942, https://orcid.org/0000-0002-6178-0720.

Abstract. The functional purpose of average repairs of non-hard road clothing is considered. Their technical and economic role in the operation of the road is shown. The conditions for the efficiency of resources for carrying out medium repairs are given. The necessity of using the principles of variant design and technical and economic optimization of the types and volumes of average repairs of non-woven clothing is proven. The necessary mathematical and economic dependencies for the implementation of variant design of average repairs of non-orthical clothing are given. The necessary calculation parameters for various types of mechanical repairs are given. A complex of technical and economic parameters, which must be achieved in the process of variant design of average repairs of non-woven clothing, is established, mathematical dependencies for their determination, and their relationship is given. A detailed method of variant design of average repairs of non-orthical clothes is described.
Keywords: alternative design, average repairs, non-rigid road clothing, technical and economic optimization.

References

1. Tekhnichni pravyla remontu ta utrymannya avtomobil′nykh dorih zahal′noho korystuvannya Ukrayiny. P.-H.1-218-113-2009. K.: Feniks, 2009. – 232 s. [in Ukrainian].
2. Kyzyma S.S. Ekspluatatsiya avtomobil′nykh dorih. K.: NTU, 2009. – 272 s. [in Ukrainian].
3. Derzhavnyy Standart Ukrayiny. Avtomobil′ni dorohy, vulytsi ta zaliznychni pereyizdy. Vymohy do ekspluatatsiynoho stanu. DSTU 3587-07. K.: Derzhstandart, 1997. – 20 s. [in Ukrainian].
4. Klasyfikatsiya robit z remontiv avtomobil′nykh dorih zahal′noho korystuvannya. VBN H.1-218-182. [in Ukrainian].
5. Kyzyma S.S. Struktura ta tekhnichni mozhlyvosti vitchyznyanoyi systemy upravlinnya stanom dorozhnikh pokryttiv (SUSP). V n.-t. zbirnyku «Pidvyshchennya efektyvnosti budivnytstva ta ekspluatatsiyi avtomobil′nykh dorih. Kharkiv, KHNADU, 2002. – 187 s. [in Ukrainian].

УДК 539.3 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-078-084**
UDC 539.3

ЕФЕКТИВНІСТЬ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ З ПЕРЕМІННИМИ ТА УСЕРЕДНЕНИМИ МЕХАНІЧНИМИ ТА ГЕОМЕТРИЧНИМИ ПАРАМЕТРАМИ НАПІВАНАЛІТИЧНОГО МЕТОДА СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

PERFORMANCE OF FINITE ELEMENTS WITH VARIABLE AND AVERAGED MECHANICAL AND GEOMETRIC PARAMETERS OF THE SEMI-ANALYTICAL FINITE ELEMENT METHOD



Кузьмінець Микола Петрович, *доктор технічних наук, професор, завідувач кафедрою комп'ютерної, інженерної графіки та дизайну, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: kuzminecmp@ukr.net, тел. +380983600812, Україна, 01103, м. Київ, вул. М. Бойчука, 40 А.*

https://orcid.org/0000-0002-9636-919X



Максим'юк Юрій Всеволодович, д*октор технічних наук, професор, професор кафедри будівельної механіки, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ*

https://orcid.org/0000-0002-5814-6227



Мартинюк Іван Юрійович, к*андидат технічних наук, докторант кафедри будівельної механіки, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ*

https://orcid.org/0000-0001-7957-2068

Анотація. Дослідження проблем, що відносяться до розробки чисельних методів розрахунку конструкцій на основі МСЕ, слід особливо виділити обґрунтування достовірності отриманих результатів і порівняння ефективності підходів, що розвиваються по відношенню до існуючих. Теоретично це не завжди вдається виконати навіть для окремих випадків, через це до розв'язання зазначених питань залучаються, як правило, дані чисельних експериментів, одержуваних на контрольних задачах. У цій статті шляхом розв'язання конкретних задач проводиться порівняння ефективності скінченних елементів зі змінними і усередненими механічними і геометричними параметрами і досліджується збіжність рядів Фур'є, поліномів і МСЕ. Крім того для більш повного обґрунтування достовірності результатів, одержуваних на основі розробленої методики та програм, додатково розглянуто в пружному та пружно-пластичному постановках ряд контрольних прикладів, які охоплюють масивні і тонкостінні об'єкти.

Ключові слова. Метод скінчених елементів (МСЕ), напіваналітичний метод скінчених елементів (НМСЕ), призматичний скінчений елемент (СЕ1), масивні, тонкостінні призматичні тіла, вектор вузлових реакцій, коефіцієнти матриці жорсткості.

Постановка проблеми

Значне число досліджень, пов'язаних з розробкою і застосуванням НМСЕ [1, 2, 14,], як правило, використовуються співвідношення тонких оболонок (в враховані деформації поперечного зсуву). Розглянуто різні питання, пов'язані з урахуванням локальних впливів [3], розрахунком розгалужених і

складових систем [4, 5], визначенням напружено-деформованого стану ребристих оболонок змінної товщини при термосилового навантаження [6], орієнтацією підкріплює набору конструктивно-анізотропної оболонки. В [9] запропоновано методику аналізу напружено-деформованого стану циклічно неоднорідних в круговому напрямку оболонок.

У роботах, що відображають застосування напіваналітичного методу скінченних елементів до розрахунку тіл обертання [2, 3, 4, 5, 11], використані трикутні СЕ з лінійним [2] і квадратичним [16] розподілом переміщень, прямокутні чотирьохвузлові [15] і чотирикутні криволінійні восьмивузлові [17]. Достовірність отриманих на їх основі результатів підтверджена розв'язанням контрольних прикладів [16]. Розв'язані також конкретні задачі про пружне [3, 4, 8] і пружно-пластичне [9, 10] деформування ряду об'єктів.

Різні аспекти розробки і застосування підходу, заснованого на використанні універсального скінченого елемента, що дозволяє досліджувати в пружній і пружно-пластичній постановці масивні і тонкостінні не вісесиметричні навантажені силовими і температурними впливами тіла обертання, розглянуті в роботах [1,7]. Основні принципи узагальнення даної модифікації НМСЕ на розв'язання задач пружного і пластичного деформування циклічних об'єктів зі змінними по круговій координаті механічними і геометричними параметрами викладені в [12]. Публікації [11, 13] присвячені реалізації цих принципів стосовно зазначеного класу об'єктів.

Проведений аналіз літературних джерел показує, що в розглянутих публікаціях не знайшли належного відображення питання, пов'язані із застосуванням напіваналітичного методу скінченних елементів до розрахунку тонкостінних призматичних тіл, в пружно-пластичній, а масивних навіть в пружній постановках. Крім того відсутні публікації з даного напрямку, присвячені розробці універсальних призматичних кінцевих елементів, що дозволяють досліджувати масивні, тонкостінні і комбіновані конструкції.

Порівняння ефективності скінченних елементів зі змінними та усередненими механічними та геометричними параметрами

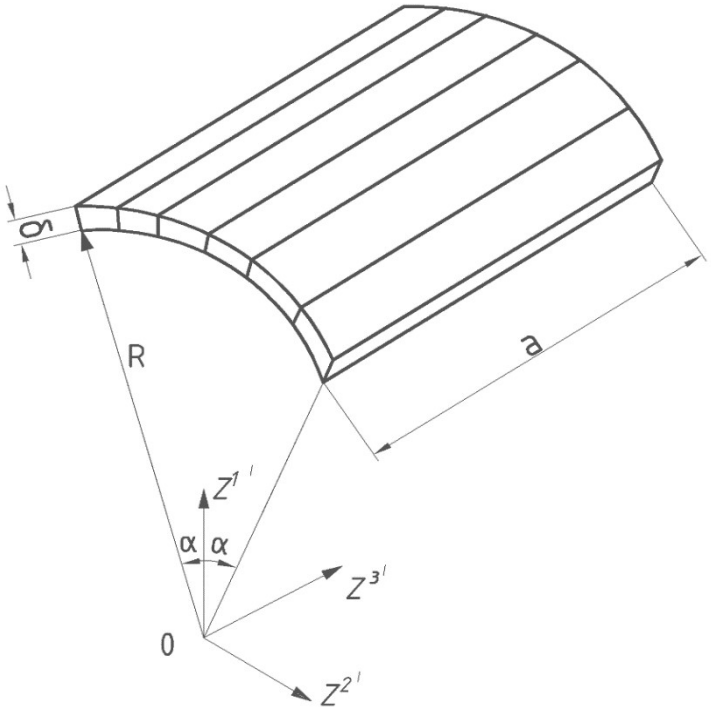
По відношенню до скінченного елементу зі змінними механічними і геометричними параметрами (СЕ1) використання скінченного елемента з їх усередненими значеннями (СЕ2) дозволяє значно скоротити обсяг обчислень, пов'язаних з виконанням операцій чисельного інтегрування в перерізі $X^3 = const$. Однак внаслідок прийнятих припущень щодо характеру розподілу C^{ijkl} та g за площею поперечного перерізу СЕ2 цих елементів може знадобитися більше, ніж СЕ1, для досягнення однакової точності результатів.

З метою порівняння ефективності обох варіантів скінченних елементів розглянемо задачу про пружну рівновагу циліндричної панелі і пружно-пластичній деформації нескінченної смуги прямокутного перерізу.

Розрахункова схема шарнірно закріплена по торцях і навантажена власною вагою панелі приведена на рис.1. Товщина оболонки $\delta = 7,62\cdot10^{-2} м$, довжина утворюваної $a = 200$, радіус середньої поверхні $R = 100$, кут $\alpha = 40^o$. Відношення інтенсивності рівномірно розподіленого по площі серединної поверхні навантаження до модуля пружності матеріалу $q^{1'} \Big/ E = 2,09\cdot10^{-7}$, коефіцієнт Пуассона $\upsilon = 0$. За товщиною оболонка апроксимувалася одним скінченним елементом при утриманні 9 членів розкладання в ряди Фур'є

Дані, що відображають вплив на результати розрахунку панелі кількості скінченних елементів зі змінними механічними та геометричними параметрами, представленими в табл. 1. Тут M - число елементів вздовж направляючої, що припадає на кут α, $V_{3'} = U_{3'}/\delta$ -максимальне відносне переміщення по напрямку осі $Z^{3'}$, $V_{1'} = U_{1'}/\delta$ -максимальне відносне переміщення по напрямку осі $Z^{1'}$. У відсотках представлена їх похибка по відношенню до значень, обчислених при $M = 12$. Її зміна показує, що для отримання порівняно стійких результатів потрібно не менше 8 елементів типу СЕ1. Виявилося, що при цьому значенні використання замість СЕ1 елементів з усередненими механічними і геометричними параметрами практично не впливає на величину максимальних переміщень (табл. 2),

дозволяючи в той же час значно скоротити обсяг обчислень. Так, час рахунку τ_2, необхідний для розв'язання даної задачі на основі СЕ2, зменшується більше ніж в 1,6 рази у порівнянні з СЕ1.



$$U_{\alpha'\left(z^{3'}=0\right)} = U_{\alpha'\left(z^{3'}=a\right)} = 0$$

$$\sigma^{3'3'}_{\left(z^{3'}=0\right)} = \sigma^{3'3'}_{\left(z^{3'}=b\right)} = 0$$

Рисунок 1 – Розрахункова схема циліндричної панелі
Figure 1 – Calculation scheme of a cylindrical panel

Таблиця 1 – Результати обчислень при різній кількості СЕ1 вздовж направляючої
Table 1 – Results of calculations with different number of FE1 along the guide

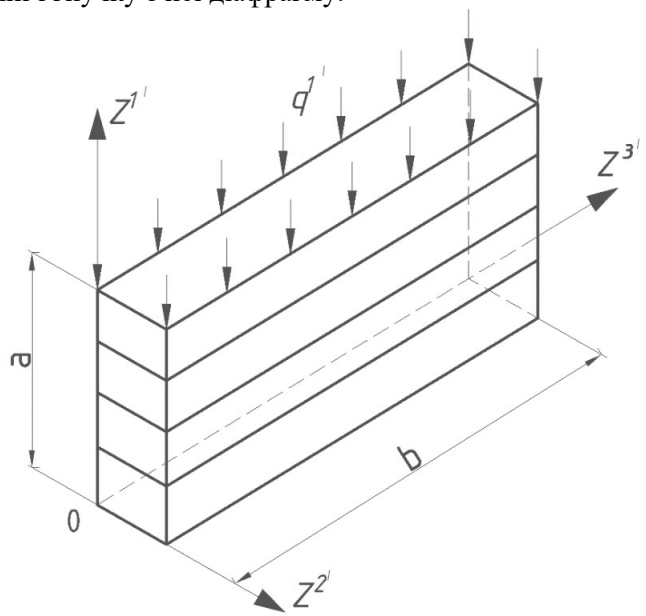
M	$V_{3'}\cdot 10^2$	%	$V_{1'}$	%
3	5,170	15,34	1.306	6,61
5	5,836	4,43	1,253	2,31
8	6,041	1,08	1,233	0,65
12	6,107	-	1,225	-

Таблиця 2 – Аналіз незначного (менше 1%) зменшення результатів
Table 2 – Analysis of a slight (less than 1%) decrease in results

Вид СЕ	$V_{3'}\cdot 10^2$	%	$V_{1'}$	%	τ_1/τ_2
СЕ1	6,041	0,00	1,233	0,08	1,61
СЕ2	6,041		1,234		

Розрахункова схема нескінченної у напрямку $Z^{2'}$ смуги приведена на рис.2. Розміри її поперечного перерізу в площині $Z^{2'} = const$ прийняті $a = 0,01$ м, $b = 2a$. Для моделювання умов плоскої деформації у напрямку $Z^{2'}$ виділяється шар кінцевої товщини, закріплений від переміщень

$U_{2'}$. Граничні умови по торцях поперечного перерізу $\left(Z^{3'}=0; Z^{3'}=b\right)$ відповідають обпиранню на абсолютно жорстку в площині і гнучку з неї діафрагму.



$$U_{\alpha'\left(z^{3'}=0\right)} = U_{\alpha'\left(z^{3'}=b\right)} = 0$$

$$\sigma^{3'3'}_{\left(z^{3'}=0\right)} = \sigma^{3'3'}_{\left(z^{3'}=b\right)} = 0$$

Рисунок 2 – Розрахункова схема смуги
Figure 2 – Calculation scheme of the strip

Смуга знаходиться під дією рівномірно розподіленого по площині $Z^{1'}=a$ навантаження інтенсивністю $q^{1'}=0{,}91\tau_s$, де τ_s- межа плинності при чистому зсуві. Модуль пружності матеріалу $E=173\tau_s$, коефіцієнт Пуассона $\upsilon=0{,}3$ зміцнення відсутнє. У напрямку $Z^{2'}$ приймався один скінченний елемент при утримання п'яти членів розкладання в ряди Фур'є. Максимальне значення відносних переміщень $V_{1'}=U_{1'}/a$ та $V_{3'}=U_{3'}/a$, обчислених при різній кількості СЕ1 по висоті поперечного перерізу елемента, наведені в табл. 3. Там же представлена у відсотках похибка цих переміщень по відношенню до результатів, отриманих при $M=12$. Аналіз цих даних дозволяє зробити висновок, що для отримання стійких результатів потрібно не менше 8 елементів зі змінними механічними і геометричними параметрами. Незважаючи на розвиток області пластичних деформацій, які досягають рівня близько 1%, чисельні дослідження показали, що використання такої ж кількості СЕ2 призводить до незначного (менше 1%) зменшення результатів (табл. 4). При цьому спостерігається ще більше, ніж для пружної задачі скорочення часу виконання розрахунку.

Таблиця 3 – Результати обчислень при різній кількості СЕ1 по висоті поперечного перерізу елемента

Table 3 – The results of calculations with different amounts of FE1 on the height of the cross-section of the element

M	$V_{3'}$	%	$V_{1'}$	%
2	0,914	22,4	1,909	14,8
4	1,092	7,3	2,107	6,0
8	1,162	1,3	2,216	1,1
12	1,178	-	2,241	-

Таблиця 4 – Аналіз незначного (менше 1%) зменшення результатів
Table 4 – Analysis of a slight (less than 1%) decrease in results

Вид СЕ	$V_{3'}$	%	$V_{1'}$	%	τ_1/τ_2
СЕ1	1,162	0,7	2,216	0,9	1,82
СЕ2	1,154		2,195		

Висновки

На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що розроблена модифікація призматичного СЕ з усередненими механічними і геометричними параметрами дозволяє значно зменшити час розв'язання лінійних і нелінійних задач без зниження точності результатів.

Перелік посилань

1. Баженов В.А. Метод скінченних елементів у задачах деформування та руйнування тіл обертання при термосиловому навантаженні / В.А. Баженов, С.О. Пискунов, Ю.В. Максим'юк – Київ: Вид-во "Каравела", 2018. – 316с.

2. Баженов В.А. Напіваналітичний метод скінченних елементів в просторових задачах деформування, руйнування та формозмінення тіл складної структури / В.А. Баженов, Ю.В. Максим'юк, І.Ю. Мартинюк, О.В. Максим'юк – Київ: Вид-во "Каравела", 2021. – 280с.

3. Баженов В.А. Чисельне моделювання процесів нелінійного деформування тіл з урахуванням великих пластичних деформацій / В.А. Баженов, Ю.В. Максим'юк, І.І. Солодей, Р.Л. Стригун – Київ: Вид-во "Каравела", 2019. – 223с.

4. Баженов В. А. Напіваналітичний метод скінченних елементів в задачах руйнування просторових тіл: Монографія / В.А. Баженов, О.І. Гуляр, С.О. Пискунов, О.С. Сахаров – К. : КНУБА, 2005. – 298 с.

5. Баженов В. А. Напіваналітичний метод скінченних елементів в задачах динаміки просторових тіл: Монографія / В.А. Баженов, О.І. Гуляр, О.С. Сахаров, І.І. Солодей– К. : КНУБА, 2012. – 248 с.

6. Баженов В. А. Напіваналітичний метод скінченних елементів в задачах континуального руйнування просторових тіл: Монографія / В.А. Баженов, О.І. Гуляр, С.О. Пискунов, О.С. Сахаров – К. : «Каравела», 2014. – 236 с.

7. Ворошко П.П. К построению разрешающих соотношений МКЭ для задач теории упругости. Сообщение 1. – Проблемы прочности, 1981, № 10, с.76-78.

8. Іванченко Г.М. Побудова розв'язувальних рівнянь напіваналітичного методу скінченних елементів для призматичних тіл складної форми / Г.М. Іванченко, Ю.В. Максим'юк, А.А. Козак, І.Ю. Мартинюк // Управління розвитком складних систем: Наук.-техн. збірн. – К.: КНУБА, 2021 – Вип.46 – С. 55-62.

9. Максим'юк Ю. Вузлові реакції та коефіцієнти матриці жорсткості скінченого елемента на основі представлення переміщень поліномами / Ю. Максим'юк, О. Шкриль, І. Мартинюк, В. Бучко // Будівельні конструкції теорія і практика. – 2021. – Вип. 9. – С. 54–62.

10.Максим'юк Ю. Особливості виведення формул для обчислення вузлових реакцій і коефіцієнтів матриці жорсткості скінченого елемента з усередненими механічними і геометричними параметрами / Ю. Максим'юк, А. Козак, І. Мартинюк, О. Максим'юк // Будівельні конструкції теорія і практика. – 2021. – Вип. 8. – С. 97–108.

11.Максим'юк Ю.В. Вихідні співвідношення нелінійного динамічного формозмінення вісесиметричних та плоскодеформівних тіл / Ю.В Максим'юк, І.І. Солодей, Р.Л. Стригун // Опір матеріалів і теорія споруд – 2019. – Вип. 102. – С. 252–262.

12.Максим'юк Ю.В. Розрахункові співвідношення універсального скінченого елемента на основі моментної схеми скінчених елементів / Ю.В Максим'юк // Опір матеріалів і теорія споруд – 2015. – Вип. 94. – С. 244–251.

13.Максим'юк Ю.В. Скінчений елемент загального типу для розв'язку вісесиметричної задачі нестаціонарної теплопровідності / Ю.В Максим'юк // Опір матеріалів і теорія споруд – 2016. – Вип. 96. – С. 148–157. 161

14.Постнов В.А., Черенков Н.И. Расчет осесимметричной деформации толстых оболочек вращения с помощью метода конечных элементов. – Сб. НТО Судпрома, 1970, вып 149, с.19-28.

15.Schultchen E., Ulonska H., Wurmnest W. Statische Berechnung von Rototionskqrpern unter Beliebiger nichtrotations-symmetrischer Belastung mit dem Programmsustem ANTRAS – Rot. – Techn. Mitt. Krupp. Forsch., 1977, № 2, p.113-126.

16.Weese W. Berechuug nichtrotatijns symmetrisch belasteter Zylindrischer Korper auf der Yrundlage der Fourierreihendarstellnd nach der Uethode der finite Elemente. – Wiss. Z. Teehn. Hochsch, 1975, 18, 6-7, s.635-642

*17.*Winnicki L.A., Zienkiewicz O.C. Plastic (of visco-plastic) behavior of axisymmetric bodies subjected to non-symmetric loading-semi-analytical fical finite element solution. – Tut. T. Num. Meth. Eng. USA, 1979, v.14, № 9, p.1399-1412.

PERFORMANCE OF FINITE ELEMENTS WITH VARIABLE AND AVERAGED MECHANICAL AND GEOMETRIC PARAMETERS OF THE SEMI-ANALYTICAL FINITE ELEMENT METHOD

Kuzminets Mykola P., doktor tekhnichnykh nauk, profesor, zaviduvach kafedroyu komp'yuternoyi, inzhenernoyi hrafiky ta dyzaynu, Natsional′nyy transportnyy universytet, Kyyiv, Ukrayina, e-mail: kuzminecmp@ukr.net, tel. *+380983600812*, Ukrayina, 01103, m. Kyyiv, vul. M. Boychuka, 40 A. https://orcid.org/0000-0002-9636-919X

Maksymyuk Yuriy V., doktor tekhnichnykh nauk, profesor, profesor kafedry budivel′noyi mekhaniky, Kyyivs′kyy natsional′nyy universytet budivnytstva i arkhitektury, Kyyiv https://orcid.org/0000-0002-5814-6227

Martynyuk Ivan Yu., kandydat tekhnichnykh nauk, doktorant kafedry budivel′noyi mekhaniky, Kyyivs′kyy natsional′nyy universytet budivnytstva i arkhitektury, Kyyiv https://orcid.org/0000-0001-7957-2068

Abstract. In the study of problems related to the development of numerical methods for the calculation of structures based on MSE, it is necessary to highlight the justification of the reliability of the obtained results and the comparison of the effectiveness of the approaches that are being developed in relation to the existing ones. Theoretically, it is not always possible to do this even for individual cases, because of this, as a rule, the data of numerical experiments obtained on control problems are involved in the solution of the mentioned questions. In this article, by solving specific problems, the efficiency of finite elements with variable and averaged mechanical and geometric parameters is compared and the convergence of Fourier series, polynomials and MSE is investigated. In addition, for a more complete justification of the reliability of the results obtained on the basis of the developed methodology and programs, a number of control examples covering massive and thin-walled objects were additionally considered in elastic and elastic-plastic settings.

Keywords. Finite element method (FEM), semi-analytical finite element method (FEM), prismatic finite element (FE1), massive, thin-walled prismatic bodies, vector of nodal reactions, stiffness matrix coefficients.

References

1. Bazhenov V.A. Finite element method in problems of deformation and destruction of bodies of rotation under thermoforce loading / V.A. Bazhenov, S.O. Pyskunov, Yu.V. Maksymiuk - Kyiv: "Caravela" Publishing House, 2018. - 316 p. [in Ukrainian].

2. Bazhenov V.A. Semi-analytical method of finite elements in spatial problems of deformation, destruction and shape change of bodies of complex structure / V.A. Bazhenov, Yu.V. Maksymiuk, I.Yu. Martyniuk, O.V. Maksymiuk - Kyiv: "Caravela" publishing house, 2021. - 280 p. [in Ukrainian].

3. Bazhenov V.A. Numerical modeling of the processes of nonlinear deformation of bodies taking into account large plastic deformations / V.A. Bazhenov, Yu.V. Maksymiuk, I.I. Solodei, R.L. Strigun - Kyiv: "Caravela" Publishing House, 2019. - 223p. [in Ukrainian].

4. Bazhenov V.A. Semi-analytical method of finite elements in problems of destruction of spatial bodies: Monograph / V. A. Bazhenov, O.I. Gulyar, S.O. Pyskunov, O.S. Sakharov - K.: KNUBA, 2005. - 298 p. [in Ukrainian].

5. Bazhenov V.A. Semi-analytical method of finite elements in problems of dynamics of spatial bodies: Monograph / V. A. Bazhenov, O.I. Gulyar, O.S. Sakharov, I.I. Solodei– K.: KNUBA, 2012. – 248 p. [in Ukrainian].

6. Bazhenov V. A. Semi-analytical method of finished elements in the problems of continual destruction of expanses of bodies: Monograph / V.A. Bazhenov, O.I. Gulyar, S.O. Piskunov, O.S. Sakharov - K .: "Karavela", 2014. - 236 p. [in Ukrainian].

7. Voroshko P.P. To the construction of resolving relations of the FEM for problems of the theory of elasticity. Message 1. - Problems of Strength, 1981, No. 10, pp. 76-78. [in Russian].

8. Ivanchenko G.M. Construction of solving equations of semi-analytical method of finished elements of finished elements for prismatic bodies of complex share / G.M. Ivanchenko, Yu.V. Maksim'yuk, A.A. Kozak, I.Yu. Martinyuk // Management of development of folding systems: Nauk.-tekhn. sbirn. - K .: KNUBA, 2021 - Vip.46 - S. 55-62. [in Ukrainian].

9. Maksim'yuk Yu. Vuzlovi reactions and coefficients of the density matrix of the reduced element based on the representation of displacement by polynomials / Yu. Maksim'yuk, O. Shkril, I. Martinyuk, V. Buchko // Budivelni konstruktsiї teoriya i praktika. - 2021. - VIP. 9. – P. 54–62. [in Ukrainian].

10. Maksim'yuk Yu. Features of derivation of formulas for calculation of nodal reactions and coefficients of matrix of rigidity of a finite element with averaged mechanical and geometrical parameters / Yu. Maksim'yuk, A. Kozak, I. Martinyuk, O. Maksimyuk // Budivelni konstruktsiї teoriya i praktika. - 2021. - VIP. 8. – P. 97–108. [in Ukrainian].

11. Maksim'yuk Yu.V. Vihidni svivvidshenija neliniynogo dininaiy sformininininі visesimetrichnyh i ploskodformivnih til / Yu.V Maksim'yuk, I.I. Solodey, R.L. Strigun // Opir materials and theory of spores - 2019. - VIP. 102. - S. 252-262. [in Ukrainian].

12. Maksim'yuk Yu.V. Rozrakhunkovi spivvidnenja universal skinchennogo elementa na osnovi ї scheme skichenih elementiv / Yu.V Maksim'yuk // Opir materials and teoriya sporud - 2015. - Вип. 94. - S. 244-251. [in Ukrainian].

13. Maksim'yuk Yu.V. Clutch element of the head type for the decoupling of a weight-symmetric problem of non-stationary heat conduction / Yu.V Maksimyuk // Opir materials and theory of spores - 2016. - Vip. 96. - S. 148-157. [in Ukrainian].

14. Postnov V.A., Cherenkov N.I. Calculation of axisymmetric deformation of thick shells of revolution using the finite element method. - Sat. NTO Sudprom, 1970, issue 149, pp. 19-28. [in Russian].

15. Schultchen E., Ulonska H., Wurmnest W. Statische Berechnung von Rototionskqrpern unter Beliebiger nichtrotations-symmetrischer Belastung mit dem Programmsustem ANTRAS – Rot. – Techn. Mitt. Krupp. Forsch., 1977, № 2, p.113-126. [in English].

16. Weese W. Berechuug nichtrotatijns symmetrisch belasteter Zylindrischer Korper auf der Yrundlage der Fourierreihendarstellnd nach der Uethode der finite Elemente. – Wiss. Z. Teehn. Hochsch, 1975, 18, 6-7, s.635-642. [in English].

17. Winnicki L.A., Zienkiewicz O.C. Plastic (of visco-plastic) behavior of axisymmetric bodies subjected to non-symmetric loading-semi-analytical fical finite element solution. – Tut. T. Num. Meth. Eng. USA, 1979, v.14, № 9, p.1399-1412. [in English].

УДК 624.21.014.2 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-085-092**
UDC 624.21.014.2

ВИКОРИСТАННЯ ГУМОВОЇ КРИХТИ ДЛЯ МОДИФІКАЦІЇ БІТУМУ

THE USE OF RUBBER CRUMB IS FOR MODIFICATION OF BITUMEN



Мірчук Ірина Олегівна, *аспірант, кафедра «Мости, тунелі і гідротехнічні споруди» Національний транспортний університет, e-mail: ira.mirchuk@ukr.net, тел.+380936718902,*

https://orcid.org/0000-0003-3928-4293



Онищенко Артур Миколайович, *доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, e-mail: onyshchenko.a.m.ntu@gmail.com, тел. +380687771899,*

https://orcid.org/0000-0002-1040-4530



Плазій Євген Павлович*, аспірант, кафедра «Мости, тунелі і гідротехнічні споруди» Національний транспортний університет, e-mail: eplaziy@gmail.com, тел. +380503585869*

https://orcid.org/0000-0002-9269-4518

Анотація. Основною причиною руйнування шарів дорожнього одягу є втрата структурних зв'язків у матеріалі асфальтобетонних шарів, що значною мірою зумовлено низькою якістю бітуму. З метою покращення властивостей в'яжучих матеріалів сьогодні в зарубіжній та вітчизняній практиці для влаштування та ремонту дорожніх покриттів використовують композиційні в'яжучі на основі бітуму та модифікаторів. Одним із шляхів поліпшення властивостей асфальтобетону є використання модифікаторів на основі гумової крихти, отриманої з автомобільних шин, що втратили споживчі властивості, а також інших гумотехнічних виробів. Важливе екологічне значення має також проблема використання шин. Відпрацьовані продукти накопичуються в місцях експлуатації (автопарки, аеродроми, промислові підприємства тощо).Крім того, шини мають високу пожежну небезпеку, а продукти неконтрольованого згоряння чинять практично незворотний вплив на навколишнє середовище. У роботі представлено вітчизняний та зарубіжний аналіз використання гумової крихти для модифікації бітуму з метою підвищення фізико-механічних показників дорожнього одягу. Асфальтобетонне покриття на транспортних спорудах, до складу якого входить бітум, схильне до значного впливу несприятливих факторів (атмосферні опади, зміна температури навколишнього середовища, навантаження від автотранспорту та ін.), які знижують його довговічність. Модифікація дорожнього бітуму є одним із перспективних напрямків підвищення довговічності асфальтобетонного покриття на штучних спорудах. Оскільки гумова крихта має органічну спорідненість з компонентами бітуму і фізико-механічна взаємодія дає однорідний матеріал з істотно відмінними характеристиками від вихідного матеріалу.

Ключові слова: бітум, модифікація, гумова крихта.

Вступ. Штучні мостові споруди є важливою складовою частиною дорожньої мережі, та для забезпечення нормального її функціонування велике значення має експлуатаційний стан мостового полотна.

При виконанні ремонтних робіт з влаштування конструкцій дорожнього одягу значну роль відіграє якість та кількість в'яжучої речовини в складі асфальтобетонної суміші. Для прогнозування та забезпечення високих показників стійкості покриття до дії навантаження від транспортних засобів, а також до впливу зовнішніх факторів важливим фактором є оптимально підібраний склад асфальтобетонної суміші, в тому числі і модифікуючих добавок. Використання модифікаторів на основі гумової крихти для покращення властивостей в'яжучих в асфальтобетонній суміші, є одним з найбільш ефективних технічних рішень для посилення механічних властивостей конструкцій дорожнього одягу.

Пошкодження, постійна деформація та розтріскування - це три основні проблеми, пов'язані з роботою асфальтобетонних покриттів з гарячої суміші. Існує ряд модифікаторів, які можна додати до асфальтових сумішей, та вони можуть забезпечити вирішення однієї або декількох з цих проблем.

Роботи з використання гумових відходів при влаштуванні асфальтобетонних покриттів, розпочаті ще в (30-40)-х роках минулого століття та узагальнені в публікаціях Г.К. Сюньї, Н.В.Горелишева, Ф.Н.Пантелеєва та ін. Слід зазначити, що досвід використання гумових відходів є не лише в дорожньому будівництві, але і у виробництві гідроізоляційних, покрівельних і герметизуючих матеріалів.

При використанні асфальтобетонів з гумовою крихтою, зменшується ймовірність появи вторинних тріщин на поверхні дорожнього покриття. Крупність зерен гуми повинна бути не більше 1 мм, вважається, що найбільша щільність складів асфальтобетонної суміші забезпечується при крупності частинок гуми не більше 0,63мм.

На сонці звичайний асфальт окислюється, дрібнозернисті матеріали, що входять до його складу, такі як пісок - "вивільняються", і асфальт починає розшаровуватися. А ось асфальт з гумовою добавкою позбавлений цього недоліку, тому що не містить великої кількості дрібнозернистого матеріалу.

Досвід використання асфальтобетонних сумішей з використанням гумової крихти в зарубіжних країнах показав, що через 15 хвилин після завершення робіт покриття можна вводити в експлуатацію, за рахунок того що покриття обливають вапняної водою. Вода випаровується, і вапно усуває липкість асфальту.

Мета і методи. Аналіз вітчизняного та зарубіжного досвіду модифікації бітуму гумовою крихтою з метою покращення фізико – механічних показників асфальтобетонних сумішей.

Мета публікації полягає у визначенні ефективності використання гумової крихти для модифікації бітуму.

Об'єктом дослідження є специфіка переробки зношених покришок, яка полягає в тому, що вони містять елементи, виконані з різних типів гуми, і, поряд з цим, значну кількість металевого дроту (до 15 %) і синтетичного корду (до 15%). Тому в цілях ефективної утилізації покришок доводиться, перш за все, ретельно відокремлювати гуму від синтетичного корду і металокорду. Наприклад, при отриманні вторинних гум з використанням відходів шинної гуми вміст металевих часток не повинен перевищувати у вторинному продукті (0,01-0,03) %. Можливо, що в майбутньому будуть розроблені також методи розділення шинних відходів за сортами гум з метою їх індивідуального вторинного використання. Однак, зараз в цьому напрямку проводяться тільки пошукові дослідження [1].

В даний час у світі використовується значна кількість різних технологічних ліній з переробки зношених покришок [12]. Це:

а) лінії переробки при низькій температурі;

б) лінії переробки при нормальній і підвищеній температурі;

в) лінії переробки при високій температурі.

Такий розподіл ліній, звичайно, є досить умовним, оскільки будь-яка переробка автошин складається з кількох операцій, які виконуються при різних температурах. І все ж поділ ліній за температурою переробки автопокришок і, перш за все, за температурою переробки на етапі тонкого подрібнення гуми має певні переваги і цілком виправданий.

Основна перевага ліній переробки зношених покришок при низькій температурі полягає в тому, що при низьких температурах можна легко відокремити гуму від корду. Часто пишуть, що іншою перевагою цих ліній є зменшення енерговитрат, оскільки з пониженням температури знижується робота на руйнування і подрібнення гуми. Однак, цей висновок не зовсім точний. Робота на руйнування гуми, дійсно, знижується в 2-2,5 рази при зниженні температури до - (100-120) °С. Але, для цього потрібна значна кількість холодоагенту, а енерговитрати на виробництво холодоагенту, (3,0 кг рідкого

азоту на 1,0 кг отриманої гумової крихти), як правило, перекривають, а іноді дуже значно, ту економію, яку дає зниження енерговитрат на руйнування гуми [11].

З урахуванням останнього, використання кріогенних технологій при переробці зношених автопокришок можна визнати за доцільним тільки в тих країнах (США, Німеччина та деякі інші), де є великі потужності з отримання рідкого азоту; продаж рідкого азоту фірмам, що займаються переробкою зношених покришок та інших гумовополімерних відходів, здійснюють за зниженими цінами; є обладнання, що забезпечує подрібнення гуми при низькій витраті рідкого азоту (наприклад, установки фірми «INTEC», Німеччина; фірми «WIRTECH» Швейцарія та інші, у яких витрата рідкого азоту становить від 0,5 кг до 0,8 кг на кілограм одержуваного порошку) [2]. Необхідно враховувати також, що при кріогенному подрібненні отримують порошок з гладкою поверхнею частинок і що, в силу цього, потрібна додаткова хімічна або фізична модифікація порошку, що призведе до збільшення питомих енерговитрат ще на (100-400) кВт.г./т.

Мабуть, найбільш ефективною є переробка гумової крихти в роторному диспергаторі. Як було показано у спільній роботі «Gaja Internatinal» (Іллінойс, США) переробка в диспергаторі кріогенної крихти з розміром 0,4 мм дозволяє знизити розмір крихти в 1,5 рази і збільшити її питому поверхню майже в 5-10 раз при питомих енерговитратах всього 50 кВт год./т. Більш виправданим є використання турбодетандерів, за допомогою яких зношені шини або шинну гуму охолоджують в процесі переробки холодним повітряним потоком до температури мінус (100-130) °С. Однією з ліній, на яких використані турбодетандери, є лінія переробки автопокришок вибухоциркуляційним методом, що розроблена фірмами УНЦ «Кріоконсул» і ТОВ «Експлотех». На першому етапі переробки на цій лінії з покришок вирізають бортові кільця, роблять поперечні розрізи і згортають кожну покришку в спіраль, утворюючи з неї невелику котушку діаметром від 20 см до 25 см. Для цього використовується спеціальний верстат компактування, який виготовляють або стаціонарним, або змонтованим на автомобільному шасі. Такі компактовані шини зручні для перевезення з місць збору, зі звалищ тощо. З кількох компактованих шин виготовляють циліндричний пакет довжиною біля одного метра з центральним каналом, в якому розміщується заряд вибухової речовини з аміачної селітри і дизельного палива. Після охолодження пакету до мінус 120 °С з допомогою турбодетандера і переміщення його в камеру вибухоциркулятора здійснюють руйнування пакету вибухом заряду. Під час вибуху утворюється ударна хвиля, що циркулює по замкненому контуру. Якщо в момент вибуху температура пакета становить менш мінус 70 °С, то відбувається відшарування гуми від корду і повне руйнування гуми до розміру частинок від 0,5 мм до 5 мм. Гумові частинки мають монолітну структуру, приповерхневий шар частинок частково девулканізований. Після магнітної вібросепарації від залишків корду гумові частинки перетворюють в активний дискретно девулканізований порошок за допомогою роторного диспергатора [3].

Характерною особливістю лінії є наявність системи фільтрації газів, які утворюються у вибухоциркуляторі під час вибуху, тобто системи очищення газів від токсичних продуктів. Технологія захищена патентами в США, Канаді, Японії, Німеччині та інших країнах.

Лінії переробки зношених покришок при нормальній і підвищеній температурі в даний час найбільш поширені, тобто є у багатьох країнах. Можна назвати деякі з фірм, що займалися чи займаються розробкою, виготовленням та експлуатацією ліній цього типу: «SIMP» (Франція), «Hot-Lap» (Німеччина), «Granutech-Saturn Systems Corporation» (США), «Sin Sheng Kuang Electric & Machinery Industrial Co., Ltd» (Тайвань), «Hyndai Motors» (Південна Корея), «Salvadori» (Італія), ОДО «Астек» (Болгарія), «Konings Rubber Technology BY» (Голландія), «Ermafa Kunststofftechnik Chemnitz GmbH & Co» (Німеччина) та багато інших [9].

Переробка автошин на таких лініях зазвичай складається з:

а) грубого дроблення (розрізання) шин на фрагменти (іноді цьому передує вирізання бортових кілець, в інших випадках шину розрізають разом з кільцями);

б) відшарування корду від гуми і його сепарації;

в) тонкого подрібнення гуми.

На першому етапі використовують шредери, ножові або фрезерні дробарки, на другому (для відшаровування корду) - молоткові або валкові дробарки, а також сепаратори, і на третьому етапі - млини тонкого помолу. На лінії фірми «Konings Rubber Technology BY» (Голландія), а також лінії тайванської фірми «Sin Sheng Kuang», яка, напевне, створювалася за безпосередньої участі голландської фірми, шредер і роторна установка для відшаровування корду розміщені в одному блоці, що створює певні зручності при експлуатації. Цікаву конструкцію мають ротори, що

використовуються на цих лініях для відшаровування корду і зазнають в процесі переробки шинної гуми найбільш сильного абразивного зносу. Під час роботи переважно зточуються розташовані на поверхні ротора виступи. Кожен такий виступ виконаний у формі змінної накладки, що істотно полегшує ремонт роторів [4].

Для першої стадії процесу переробки пропонується постачання ділянки з наступним набором обладнання:

а) верстат для обробки шин, за допомогою якого здійснюють відділення та подрібнення протекторної гуми до першого шару корду;

б) дві борторізки (для шин розміром менше 18 дюймів і від 18 та 22 дюймів) для розділення шини на два бортових кільця, дві боковини та центральну протекторну частину;

в) гільйотина, що забезпечує розрізування боковин і протекторної частини на дрібні сегменти.

Обладнання цієї ділянки може бути встановлено або в стаціонарному приміщенні, або на автомобільному шасі. В останньому випадку воно може бути використано без підключення до зовнішньої електромережі. В залежності від конструкції гільйотини на даному обладнанні можна отримувати шматки покришок або розміром 10 х 10 см, або 2,5 х 2,5 см, або ще більш дрібні шматки. Подальша переробка відбувається в млинах різального і роторного типу, де одержують гранулят розміром від 3,0 мм до 0,8 мм [13]. При цьому забезпечується утримання в гумі текстильного корду менше одного відсотка і досягається практично повна відсутність металевого корду. Відзначимо й інші особливості даної лінії: енерговитрати на отримання кінцевого грануляту не перевищують 250 кВт.год/т і забезпечується можливість переробки великогабаритних шин.

Існують технології переробки шин при високих температурах. Використання відповідних температур полегшує механічне руйнування гуми і, тим самим, призводить до зниження питомих енерговитрат на подрібнення. Для кожного типу гуми існують температури, при яких у гумі починається розрив полісульфідних або інших міжмолекулярних зв'язків. Наприклад, для ізопренових гум високими температурами слід вважати температури вище 140 °С, для гум на основі етиленпропілендієнового каучуку − температури вище 200 °С і т.д.

Технологічними перешкодами реалізації таких технологій є поступове налипання перероблюваної гуми на ріжучі леза, які застосовуються для ударного руйнування, молотки і на стінки камери подрібнення. Мабуть, єдиним винятком є подрібнення гуми шляхом зсувних зусиль, яке у випадку використання ізопренової гуми виконується за температури від 180 °С до 190 °С, а етиленпропілендієнової гуми − при (240-250) °С. За цією технологією розроблено лінію для переробки зношених автопокришок та отримання з них активного гумового порошку, порошкових композитних модифікаторів та інших комерційно цінних матеріалів.

Високоефективна технологія переробки зношених автошин в гумову крихту розроблена і впроваджена в НПФ «Вторкомпозит» (м. Одеса). Технологія передбачає оброблення автошин, видалення металокорду, подрібнення гуми, сепарування ГК і видалення текстильного корду. Спосіб видалення металокорду запатентований в США та Німеччині. У процесі переробки автошин за вказаною вище технологією утворюються такі продукти: груба гумова крихта фракції від 1 мм до 20 мм; дрібна гумова крихта, фракції до 1 мм; металокорд; кордні відходи - текстильні волокна з невідокремленою від них гумовою крихтою.

Дрібна гумова крихта використовується для приготування регенератів гуми, а також у промисловості будівельних матеріалів для отримання гумово - бітумних в'яжучих при виробництві аеродромної мастики, ізола, фольгоізола, та інших бітумінозних матеріалів [1].

Модифіковане в'яжуче готують шляхом термомеханічної обробки суміші бітуму з гумовою крихтою і наповнювачем. У процесі такої обробки відбувається девулканізація каучуку, що міститься в гумі, і модифікація ним бітуму. Для приготування гумово - бітумного вяжучого використовуються низькошвидкісні апарати, що забезпечують високі напруги зсуву в гумі (гумозмішувачі, змішувачі з Z-подібними лопатями, двушнекові змішувачі, вальці). Ці апарати відзначаються великою енергоємністю, малою продуктивністю і високою вартістю, і це стримує широке використання гумової крихти у виробництві будівельних матеріалів [14].

Результати і пояснення. Головною причиною руйнування шарів дорожнього одягу є втрата структурних зв'язків в матеріалі асфальтобетонних шарів, що значною мірою обумовлена низькою якістю нафтових бітумів. З метою покращення властивостей в’яжучих сьогодні в закордонній та вітчизняній практиці для влаштування і ремонту дорожніх покриттів використовують композиційні в’яжучі на основі нафтового бітуму і модифікаторів: полімерів (термопласти, термоеластопласти),

сірки, воску природного і синтетичного походження, відходів гумотехнічних виробів, природних бітумів тощо [10].

Розуміння закономірностей зміни структури і властивостей нафтових бітумів при приготуванні асфальтобетону дозволяє шляхом модифікації різними добавками коригувати його реологічну поведінку, на основі чого покращувати характеристики асфальтобетонів, тобто управляти якістю матеріалу і прогнозувати експлуатаційну надійність асфальтобетонних покриттів.

Одним із способів поліпшення властивостей асфальтобетону є застосування модифікаторів на основі гумової крихти, отриманої з автомобільних шин, що втратили споживчі властивості, а також інших гумотехнічних виробів.

Перша спроба отримання модифікованого в'яжучого шляхом змішування природного каучук та бітуму відбулось ще в 1840-х роках. Через декілька років для підвищення фізико - механічних властивостей бітуму стали використовувати також синтетичний каучук, та сам процес удосконалення цього методу відбувався до 1930-х років [5].

Не зважаючи на високі показник модифікованого в'яжучого, широко використання гумова крихта зазнала на початку 1960-х років.

Зокрема, 1995 рік знаменує собою реальне початок наукового інтересу до цієї області, можливо. в зв'язку з виходом на ринок різних продуктів в попередні роки (безперервна суміш, загальний сухий процес, а також щебенево-гумовий асфальт).

На сьогодні існує два основні способи отримання гумоасфальтобетонівв залежності від способу введення гумової крихти до складу асфальтобетонної суміші:

- «мокрий спосіб» передбачає попередню підготовку в'яжучого - введення гумової крихти в дорожній бітум при температурі від 180 ºС до 210 ºС із метою досягнення максимального ефекту набрякання гуми у бітумі і їх об'єднання на межі поверхні контакту;

- «сухий спосіб» передбачає безпосереднє введення гумової крихти або складніших модифікаторів на її основі безпосередньо в асфальтозмішувальну установку.

До недоліків «мокрого» способубідносять:

- тривалість процесу (від 45 хв до декількох годин) приготуваннягумобітумного в'яжучогона основі перемішування компонентів при високих температурах;

- необхідність наявності спеціального технологічного устаткування на АБЗ для приготування, зберігання і введення в'яжучого в асфальтозмішувальну установку;

- збільшення технологічних витрат на приготуваннягумоасфальтобетонних сумішей.

Перевагою «мокрого» способу є закінченість формування структури гумобітумного в'яжучого.

Роботи з використання відходів виробництва та використання відпрцьованого каучуку проводилися як і в нашій країні, так і за кордоном. За весь час накопичений значний досвід застосування таких відходів в дорожньому будівництві.

Роботи звикористання гумових відходів при влаштуванні асфальтобетонних покриттів, розпочаті ще в (30-40)-х роках минулого століття, узагальнені в публікаціях Г.К. Сюньї, Н.В.Горелишева, Ф.Н.Пантелеєва та ін. Слід зазначити, що досвід використання відходів ГТВ є не лише в дорожньому будівництві, але і у виробництві гідроізоляційних, покрівельних і герметизуючих матеріалів [5].

В основному дослідження виконувались за двома напрямками використання гумової крихти. Зокрема, були розроблені численні методи і технологічні схеми так званого «сухого» введення гумової крихти в асфальтобетонну суміш при її приготуванні, тобто прямого використання гумової крихти як наповнювача в дорожньо-будівельних матеріалах, в асфальтобетонних покриттях. Вважається, що це найбільш проста і маловитратна схема використання. У різних країнах і регіонах були побудовані експериментальні ділянки доріг і аеродромів. Спочатку вони демонстрували досить високі характеристики, але потім, при поступовому набряканні добавки, покриття розущільнювалися і руйнувалися.

З різновидів «мокрого» методу найбільш широкого поширення спочатку в США, а потім і в інших країнах (Канада, Іспанія, Португалія, Південна Африка, Бразилія) набув так званий прогумований бітум - Asphalt Rubber (AR), який розроблений у кінці 1960-х Чарльзом Макдональдом. Він шукав склад для ремонту широких«крокодилових» тріщин в асфальтобетонних покриттях на бетонних основах, і достатньо довго продовжував роботу перш, ніж запатентував склад і його застосування. Початкові польові випробування в проектах між 1988 р. і 1992 р. показали, що влаштуванняремонтного шаруасфальтобетону на основі Asphalt Rubber зменшує розтріскування і

витрати на обслуговування, значно зменшує власний шум шосе [12]. Патентований матеріал є, по суті, механічною сумішшю 20 % подрібненої гумової крихти і 80 % спеціального залишкового бітуму, збагаченого ароматичними фракціями. Частки гуми сягають розміру зерен кави і при змішуванні з гарячим бітумом набрякають, утворюючи гелеподібну масу, що має пружні властивості при розтягуванні. Реалізація даної технології в Україні не є можливою через відсутність спеціального обладнання для суміщення гумової крихти з бітумом, а також у зв'язку з тим, що на території країни відсутні бітуми, які за своїм складом та властивостями можуть використовуватись в даній технології.

Висновки та рекомендації.

Суміщення гумової крихти з бітумом супроводжується поглинанням гумовою крихтою певної кількості масел, які містяться у бітумі, що збільшує в'язкість отриманого в'яжучого. Додавання пластифікатора дозволить регулювати склад в'яжучого і забезпечувати необхідну його в'язкість, а також зручноукладальність гумоасфальтобетонної суміші. Крім того пластифікатор полегшить об'єднання гумової крихти з бітумом і, як наслідок, буде отримано гумоасфальтобетонні суміші високої якості.

Метод підвищення ефективності модифікації гумовою крихтою за рахунок використання хімічних реагентів повинен базуватися або на девулканізації гумової крихти та її хімічного об'єднання з молекулами бітуму, або на отриманні синергетично модифікованих в'яжучих з високими фізико-технічними властивостями.

Висока вартість полімерів є головною причиною, що стримує широке застосування модифікованих бітумів. Для України це особливо актуально, оскільки падіння курсу національної валюти призвело до підвищення вартості імпортних модифікаторів в 1,5-2 рази. Тому зниження вартості модифікованого бітуму за рахунок використання більш дешевих полімерів є важливою та актуальною проблемою, вирішення якої дозволить значно збільшити обсяги використання модифікованих бітумів і таким чином підвищити експлуатаційну надійність покриттів мережі автомобільних доріг України. Одним з напрямків вирішення проблеми зниження затрат може бутикомплексна модифікація бітумів полімерними добавками та набагато більш дешевою гумовою крихтою. Звичайно в цьому випадку часткова заміна дорогих закордонних полімерів гумовою крихтою можлива за умови, що це не призведе до погіршення якості в'яжучого.

З іншого боку введення в бітуми наряду з гумовою крихтою інших добавок можна розглядати як підвищення ефективності модифікації в'яжучого. Так, додаткове введення адгезійних добавок покращить зчеплення бітуму з мінеральним матеріалом, використання полімерів надасть бітуму більшої еластичності та поліпшить їх тепло- та тріщиностійкість, застосування енергозберігаючих добавок дозволить знизити температури приготування та укладання модифікованих асфальтобетонних сумішей.

Перелік посилань

1. Hanson, D.I.; Foo, K.Y.; Brown, E.R.; Denson, R. Evaluation and characterization of a rubber-modified hot mix asphalt pavement. Transp. Res. Rec. J. Trans. Res. Board 1994, 1436, 98–107.

2. Yildrim, Y. Polymer modified asphalt binder. J. Build. Constr. Mater. 2007, 21, 66–72.

3. Печеный Б.Г. Битумы и битумные композиции. // М.: Химия, 1990. – 256 с.

4. Модифицированные битумные вяжущие, специальные битумы и битумы с добавками в дорожном строительстве. Всемирная дорожная ассоциация. Технический комитет «Нежесткие дороги» (С8). Под общей ред. В.А.Золотарева и В.И.Братчуна. – Харьков: Изд-во ХНАДУ, 2003.

5. Басурманова И.В., Гохман Л.М. Применение модифицированных битумов. Автомобильные дороги, 1996, № 1.

6. Л.М. Гохман. Подбор состава полимерно-битумного вяжущего (ПБВ). Автомобильные дороги, 1996, № 1.

7. Вирожемський В.К., Кіщинський С.В., Кириченко Л.Ф., Бондар Н.А., Золотарьов В.О. Дослідження стабільності модифікованих бітумів при зберіганні / Автошляховик України, – 2004, – № 5.

8. Золотарев В.А. О системе оценки качества битумов, модифицированных полимерами типа СБС / Автошляховик України, – 2004, – № 6, – с. 26-32.

9. Кищинский С.В., Вырожемский В.К., Кириченко Л.Ф., Макарчев О.А. Анализ эффективности известных в Украине модификаторов битумов / Сборник трудов Международной научно-практической конференции, – Минск, – 2005, – с.45-51.

10. Кириченко Л.Ф., Кіщинський С.В., Любченко Н.М., Лисенко Є.М. Дослідження старіння дорожніх бітумів під впливом технологічних та природних факторів з використанням сучасних методів випробувань // Збірник наукових статей «Дороги і мости» вип. 5, 2006 р.

11. Мальдонадо Р. Полифосфорная кислота в битуме // Автомобильные дороги №5(954), 2011 р.

12. Maldonado R., Fee D. «Bitumen modification with polyphosphoric acid» presented at 4th Eurasphalt&Eurobitume Congress 2008, Copenhagen, Denmark.

13. Orange G., Dupuis D., Martin JV. Farcas F., Such C., Marcant B. Chemical Modification of Bitumen Though Polyphosphoric Acid: Properties-Microstructure Relationship. Presented at the 3rd Eurasphalt&Eurobitume Congress, May 2004.

14. BaumgardnerG., MassonJF., HardeeJ., MenapaceA. Polyphosphoric Acid Modified Asphalt: Proposed Mechanisms, Propoceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, 74 (2007).

THE USE OF RUBBER CRUMB IS FOR MODIFICATION OF BITUMEN

Mirchuk Iryna O., PhD student, Department of Bridges and Tunnels National transport university, e-mail: *ira.mirchuk@ukr.net, +380936718902,* https://orcid.org/0000-0003-3928-4293
Onyshchenko Artur M., Doctor of Technical Science, Professor, National Transportation University, Head of bridges, tunnels and hydraulic structures Department, e-mail: *onyshchenko.a.m.ntu@gmail.com, +380687771899, https://orcid.org/0000-0002-1040-4530*
Plazii Ievgen P., PhD student, Department of Bridges and Tunnels National transport university, e-mail: *eplaziy@gmail.com, +380503585869,* https://orcid.org/0000-0002-9269-4518

Annotation. The main reason for the destruction of road wear layers is the loss of structural connections in the material of asphalt concrete layers, which is largely due to the low quality of bitumen. In order to improve the properties of binding materials, composite binders based on bitumen and modifiers are used in foreign and domestic practice for the installation and repair of road surfaces. One of the ways to improve the properties of asphalt concrete is the use of modifiers based on rubber crumb obtained from car tires that have lost consumer properties, as well as other rubber products. The problem of using tires is also of great environmental importance. Used products accumulate in places of operation (car parks, airfields, industrial enterprises, etc.). In addition, tires have a high fire hazard, and products of uncontrolled combustion have an almost irreversible impact on the environment. The paper presents a domestic and foreign analysis of the use of rubber crumb to modify bitumen in order to improve the physical and mechanical indicators of road wear. Asphalt concrete coating on transport facilities, which includes bitumen, is subject to significant influence of adverse factors (precipitation, change in environmental temperature, load from motor vehicles, etc.), which reduce its durability. Modification of road bitumen is one of the promising ways of increasing the durability of asphalt concrete pavement on artificial structures. Since the rubber crumb has an organic affinity with the components of bitumen and the physical and mechanical interaction gives a homogeneous material with significantly different characteristics from the original material.

Key words: bitumen, modification, rubber crumb.

References

1. Hanson, D.I.; Foo, K.Y.; Brown, E.R.; Denson, R. Evaluation and characterization of a rubber-modified hot mix asphalt pavement. Transp. Res. Rec. J. Trans. Res. Board 1994, 1436, 98–107. [in English].

2. Yildrim, Y. Polymer modified asphalt binder. J. Build. Constr. Mater. 2007, 21, 66–72. [in English].

3. Pechai B.G. Bitumes and bituminous composites. // M.: Hemistry, 1990. - 256 p. [in Russian].

4. Modified bituminous waters, special bitums and bitums with additives in a road construction. Movie Road Association. Technical Commate "Non-Roads" (C8). Under General Ed. V.A.Zolotareva and V.I.Bratchun. - Kharkov: Education Knife, 2003. [in Russian].

5. Basuranova IV, Gochman L.M. Modified bitumen modified bits. Automobile roads, 1996, №.1. [in Russian].

6. LM Gochman. Punver Polymer-Bitumnoy (PBV). Automobile roads, 1996, № 1. [in Russian].

7. V.K., Kyschinsky SV, Kirichenko L.F., Bondar N.A., Zolotarev VO Studies of the stability of modified bitumen in storage / driving capital of Ukraine, 2004, №5. [in Ukrainian].

8. Zolotarev V.A. О Кастема Кастема Битамов, Modified Polymers Type SBS / Driving School of Ukraine, 2004, № 6, p. 26-32. [in Russian].

9. Kokoshinsky SV, Viroshemsky V.K., Kirichenko L.F., Makarchev O.A. Analysis of Effectivists in Ukraine Modifies Bitums / Military Works Interdependent Scientific-Practical Conference, □ Minsk, 2005, p.45-51. [in Russian].

10. Kirichenko L.F., Kyschinsky SV, Lyubchenko N.M., Lysenko E.M. Investigation of aging road bitumen under the influence of technological and natural factors using modern test methods // Collection of scientific articles "Roads and bridges" VIP. 5, 2006. [in Ukrainian].

11. Maeldonado R. Polyphosphoric Acid in Bitum // Automobile Roads No. 5 (954), 2011. [in Russian].

12. Maldonado R., Fee D. «Bitumen modification with polyphosphoric acid» presented at 4th Eurasphalt&Eurobitume Congress 2008, Copenhagen, Denmark. [in English].

13. Orange G., Dupuis D., Martin JV. Farcas F., Such C., Marcant B. Chemical Modification of Bitumen Though Polyphosphoric Acid: Properties-Microstructure Relationship. Presented at the 3rd Eurasphalt&Eurobitume Congress, May 2004. [in English].

14. BaumgardnerG., MassonJF., HardeeJ., MenapaceA. Polyphosphoric Acid Modified Asphalt: Proposed Mechanisms, Propoceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, 74 (2007). [in English].

УДК 625.7/.8 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-093-103**
UDC 625.7/.8

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

ANALYSIS OF QUALITY INDICATOR DIAGNOSTIC METHODS OF ROADS



***Мороз Тарас Михайлович**, аспірант, Національний транспортний університет, e-mail: carmen_17@ukr.net, тел. +380442807909, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 206,*

https://orcid.org/0000-0001-6730-3004

Анотація. Мета наукової роботи – дослідження різних методів діагностування доріг для визначення їх експлуатаційного стану. В Україні існують концепції впровадження систем управління станом покриття, що базуються на визначених транспортно-експлуатаційних параметрах автомобільної дороги, проте, з різних причин вони не знаходять широкого практичного застосування, а процедури збирання, накопичення даних та аналізування отриманих результатів не мають системного підходу.
Наукова новизна та практична значущість. В дослідженні здійснений огляд основних методів та обладнання, що застосовуються для визначення транспортно-експлуатаційних показників автомобільних доріг. Визначені найбільш ефективні та продуктивні методи та механізми їх застосування, а також наведені переваги та недоліки.
Ключові слова: транспортно-експлуатаційні показники; експлуатаційне утримання; рівність; міцність; дефектність, шорсткість, коефіцієнт зчеплення

Вступ

Визначення показників якості автомобільних доріг лежить в основі системи методології управління програмам їх експлуатаційного утримання.

В результаті діагностики автомобільної дороги виявляються ознаки, що характеризують її стан, визначаються можливі відхилення, що дозволяє запобігти порушенням нормального режиму її експлуатації.

Згідно з [15] діагностика дороги – система заходів щодо оцінювання транспортно-експлуатаційного стану автомобільної дороги шляхом проведення спеціальних обстежень та випробувань. Її мета полягає в отриманні повної, об'єктивної інформації про транспортно-експлуатаційний стан дороги, умови її роботи, а також рівень відповідності фактичних споживчих властивостей дороги, її характеристик та параметрів вимогам безпеки руху. Це дозволяє спрогнозувати зміну стану автомобільної дороги і розробити рекомендації з покращення її транспортно-експлуатаційного стану з визначенням видів та обсягів робіт, а також сформувати автоматизований базу даних, що містить обробку, зберігання і видачу інформації про транспортно-експлуатаційний стан мережі автомобільних доріг.

Мета

Мета цієї наукової праці полягає у виборі оптимальних методів та обладнання для діагностування автомобільних доріг, що дозволяють найбільш оперативно здійснити збір даних, а також швидко проаналізувати результати вимірювань для отримання комплексної оцінки стану дорожнього покриття та обрання в подальшому стратегії ви

Основна частина

Діагностика якісних показників дозволяє спрогнозувати тенденцію деградації дорожніх активів з часом в процесі експлуатації автомобільної дороги, визначити характер руйнувань, пошкоджень чи погіршення стану окремих її конструктивних елементів, а також з'ясувати причини їх виникнення.

Вони повинні слугувати надійною інформаційною базою для вирішення управлінських завдань двох рівнів:

- визначення та оцінювання технічного рівня, транспортно-експлуатаційного стану, споживчих властивостей дороги;
- управління станом дорожньої мережі на основі раціонального використання фінансових коштів та матеріально-технічних ресурсів.

Значення, отримані в результаті визначення транспортно-експлуатаційних показників, слугують вихідними даними для техніко-економічного обґрунтування проєктів експлуатаційного утримання автомобільних доріг, на основі яких в подальшому визначається певний перелік необхідних робіт та заходів. Правильний вибір та пріоритезація цих робіт дозволяє побудувати оптимальну стратегію експлуатації конкретної автомобільної дороги або їхньої мережі (рис.1).

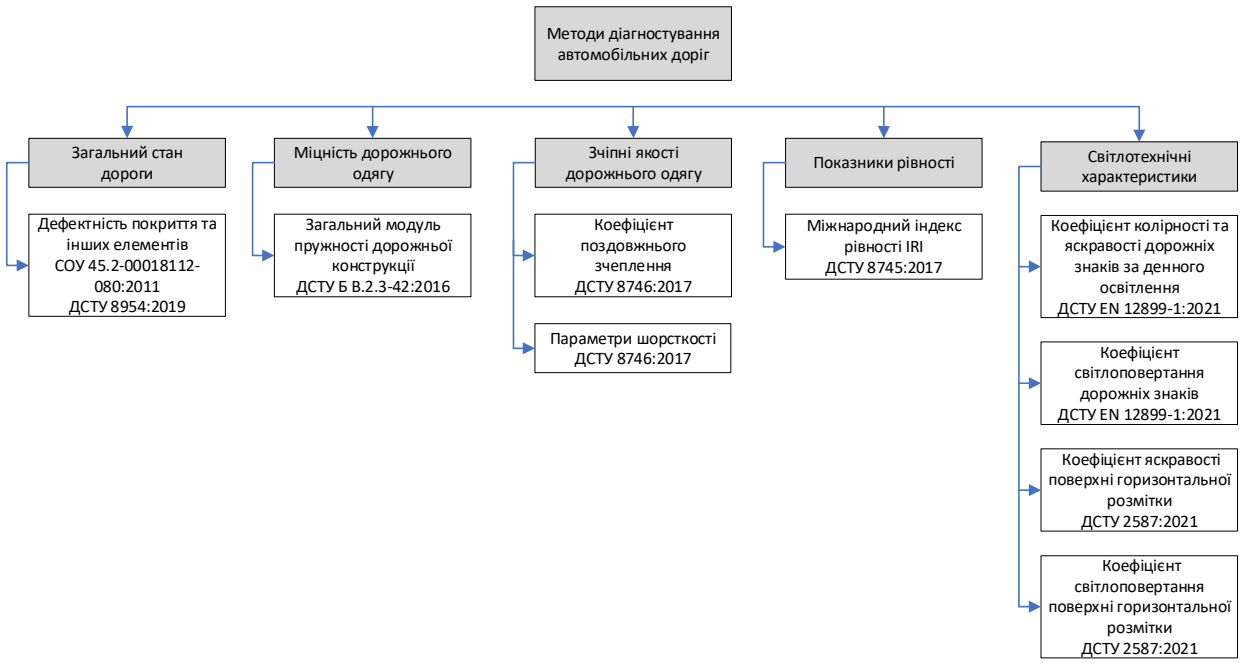


Рисунок 1 – Методи діагностування показників якості автомобільних доріг
Figure 1 – Methods of diagnosing quality indicators of highways

Згідно з [8] основними характеристиками, що визначаються в ході проведення діагностики є: міцність дорожнього одягу;індекс нерівності покриття; шорсткість поверхні покриття; зчіпні якості покриття; рівень інженерного облаштування; рівень захисту від снігу; дефектність покриття.

Способи визначення якісних показників включають: візуальний огляд, вимірювання лінійних величин, неруйнівний контроль якості, контроль якості за кернами та зразками, опосередковані методи контролю.

Діагностика автомобільних доріг виконується із застосуванням пересувних лабораторій, які визначають: рівність дорожнього покриття, міцність нежорстких дорожніх одягів, коефіцієнта зчеплення, геометричних параметрів, міцності дорожнього одягу шляхом статичного та динамічного навантаження, візуального обстеження автомобільних доріг та обрахунку інтенсивності руху.

Дефектність покриття

Візуальне обстеження. В процесі проведення даного типу діагностики здійснюється збір детальний огляд покриття, оцінювання та визначенням обсягів виявлених дефектів та їхньою кілометровою прив’язкою, зазначенням геометричних та технологічних особливостей досліджуваної ділянки, попередній огляд інженерних споруд (мости, труби, шляхопроводи тощо) і складання звітної документації у відповідності до діючих нормативних документів. Окрім цього під час візуального огляду окрім стану покриття оцінюється стан інших елементів дороги: земляного полотна, смуги відведення тощо. Цей метод не вимагає складного обладнання та тривалої підготовки оператора, тому

є найбільш простим та доступним. Простота обладнання та відсутність необхідності в тривалій підготовці оператора робить його найбільш доступним, що є його перевагою. В той самий час до його недоліків можна віднести низьку продуктивність, недостатню повноту і точність представлених даних, недостатня точність візуальної реєстрації дефектів, що не дає можливості зіставити дані старих і нових обстежень та ухвалити обґрунтоване рішення щодо ремонтних заходів. Даний вид обстеження належить до органолептичних методів, оскільки інформація сприймається зором. Попри свою суб'єктивність ним не можна нехтувати – результати візуального обстеження є орієнтовними та мають допоміжний характер.

Відеодіагностика. Відеодіагностику дорожніх покриттів виконують шляхом натурних обстежень ділянок автомобільних доріг з використанням спеціалізованих засобів реєстрації фото або відео інформації та інших систем, які встановлені на автомобілях-лабораторіях ОДР згідно з [17] та [18]. Відеодіагностика використовується для визначення типу, геометричних розмірів і розташування дефектів покриття проїзної частини. Відеозйомка здійснюється камерою, що розташована на задній частині автомобіля під час його руху.

Одним з інструментів, що застосовується в Україні для відеодіагностики, є програмний комплекс ОКО (рис. 2), що дозволяє здійснити оцінку стану дорожнього покриття в режимі постобробки на основі аналізу зроблених фотозображень. Користувач має можливість проглядати зображення, виділяти на екрані характерні об'єкти (дефекти), визначати їхній тип (точка, лінія, площинний об'єкт), обсяг, присвоювати найменування.

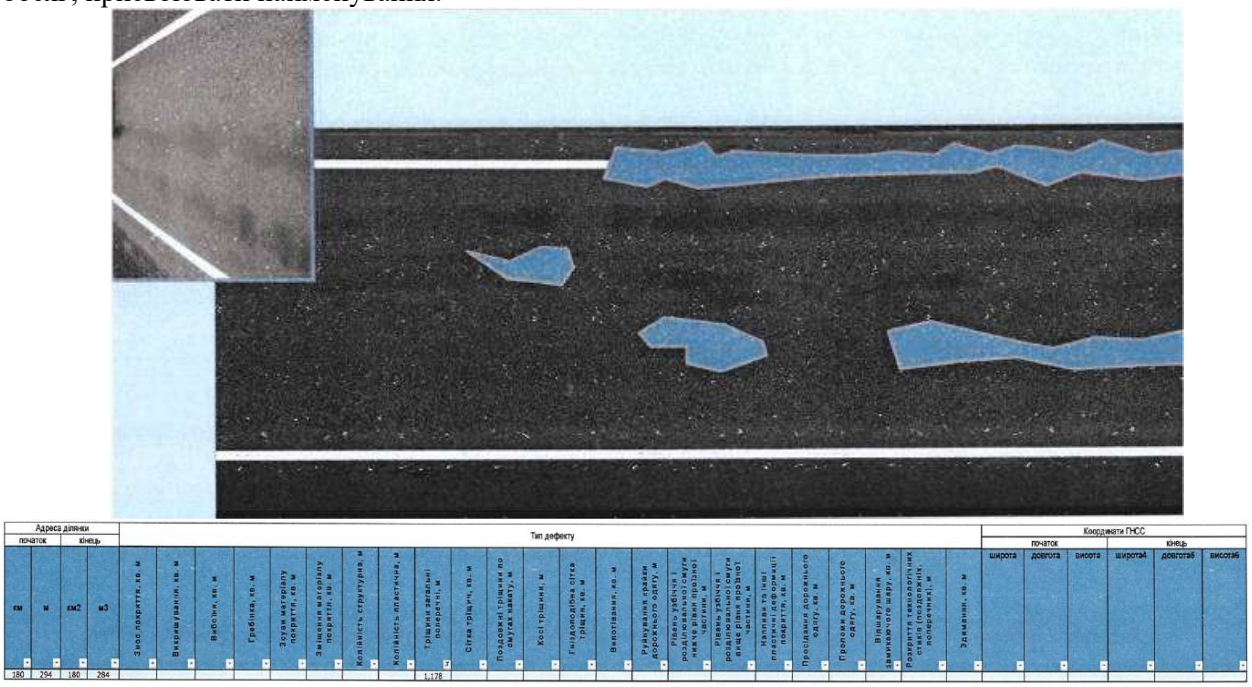


Рисунок 2 – Інтерфейс програмного комплексу «ОКО»
Figure 2 – "OKO" software complex interface

Перевагою подібних комплексів є швидкий автоматизований збір даних. Проте камеральна обробка зібраних даних здійснюється вручну – оператор повинен вручну обробити кожен відзнятий кадр в межах обстеженої ділянки, власноруч обрати дефект покриття з каталогу і позначити контур пошкоджень. Цей процес є дуже трудомістким, тому це є недоліком даного виду діагностики. Після цього програма автоматично підраховує площу та протяжність зазначених дефектів і пошкоджень.

Автоматизовані системи відеодіагностики. Автоматизовані комплекси відеодіагностики на базі автомобіля мають ряд переваг у порівнянні з напівавтоматизованими комплексами. Вони оснащені найсучаснішим обладнанням, що дозволяє здійснювати збір даних під час руху автомобіля дорожньої лабораторії на високій швидкості в будь-який час доби без обмеження трафіку. Такі комплекси відеодіагностики окрім здійснення відеозйомки стану автомобільної дороги та її окремих елементів виконує в автоматизованому режимі постобробку зображень, що дозволяє суттєво пришвидшити

повний процес діагностики. Система дозволяє автоматично виявляти на покритті тріщини завтовшки до 1мм, визначити типи дефектів на покритті, а також побудувати їх 3-вимірну модель (рис. 3-4).

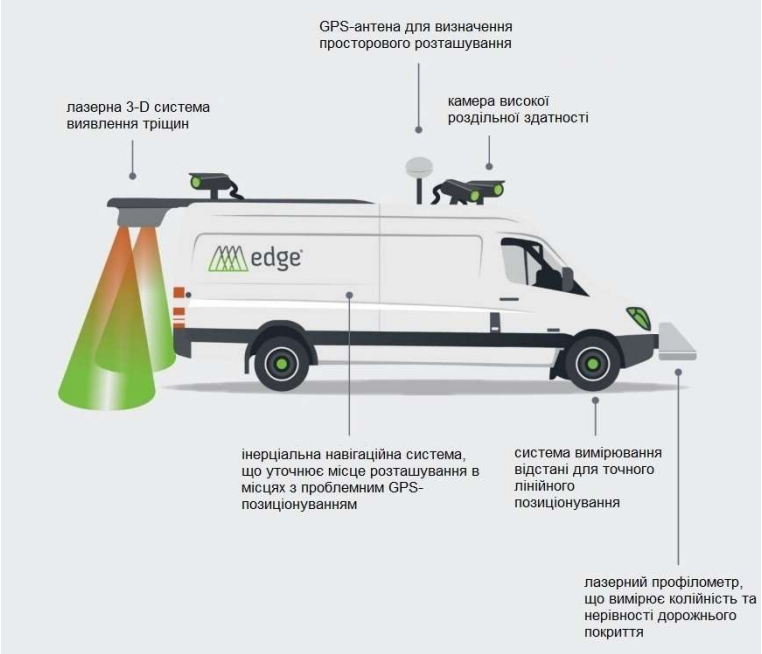


Рисунок 3 – Удосконалене обладнання для збирання даних (EDGE)
Figure 3 – Enhanced Data Gathering Equipment (EDGE)
(https://www.concreteconstruction.net/products/enhanced-data-gathering-equipment-edge_o)

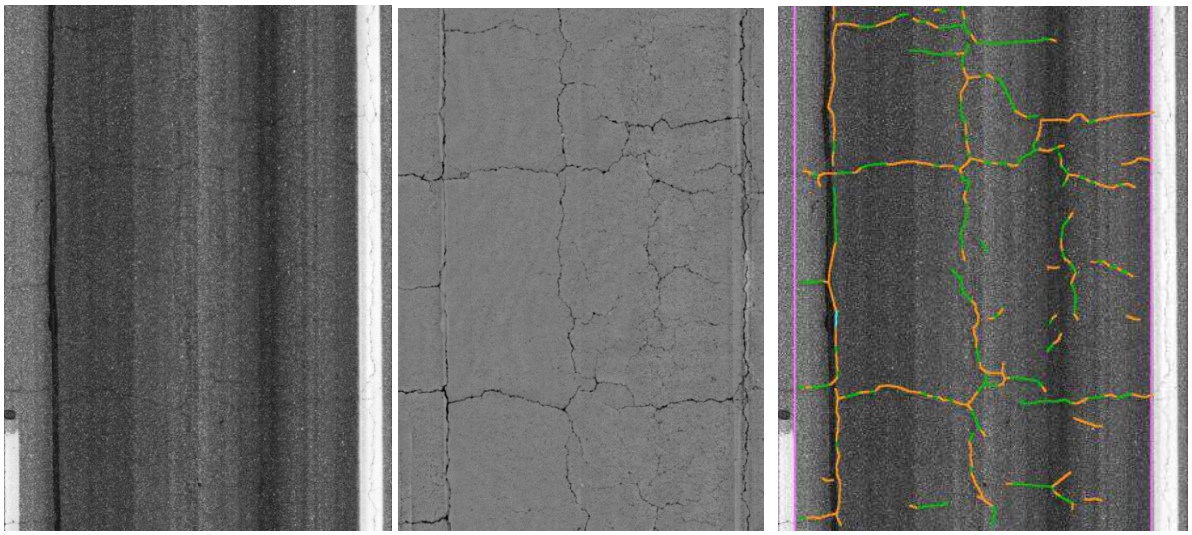


Рисунок 4 – Зображення поверхні дорожнього покриття: а) 2-вимірне; б) 3-вимірне; в) оброблене системою автоматизованою системою виявлення тріщин
Figure 4 – Image of the road surface: a) 2-d; b) 3-d; c) Automated Crack Detection ([7])

Багатофункціональні та високопродуктивні системи водночас визначають рівність за показником IRI, вимірюють радіус кривизни, колійність, поздовжній і поперечний похили, а зібрані дані дозволяють проаналізувати макротекстуру всієї відзнятої поверхні покриття і побудувати її профіль. Вмонтований модуль GPS-позиціонування забезпечує накладання зібраних даних на карту Google Earth (рис. 5).

Недоліком даних комплексів є висока вартість та тривалий термін окупності.

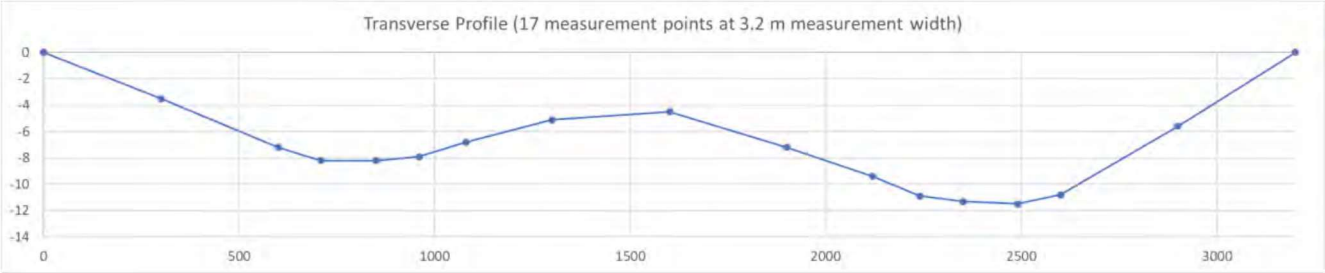


Рисунок 5 – Середній поперечний профіль, побудований за 17 виміряними точками системою автоматизованого діагностування на ширині 3,2 м

Figure 5 – Mean transverse profile described by 17 measurement points on the measured width of 3.2 m ([6])

Міцність дорожнього одягу

Загальний модуль пружності дорожнього одягу визначають методами статичного та динамічного навантаження відповідно до [16].

Метод статичних навантажень за допомогою жорсткого штампа.

При використанні даного методу загальний модуль пружності визначається за допомогою прогиноміра (балка Бенкельмана) та жорсткого штампу, який привантажується згори вантажним автомобілем. Метод не потребує складного обладнання, проте вимагає присутності важкого автомобіля або дорожньо-будівельної техніки для прикладання розрахункового навантаження на штамп (рис. 6).



Рисунок 6 – Обладнання для визначення статичного модуля пружності

Figure 6 – The ststic plate load tester ([5])

Метод динамічного навантаження

Даний метод полягає у вимірюванні кількості енергії при передачі через штамп ділянці дороги, створеної падінням вантажу змінної маси з перемінної висоти, реєстрації прогину з послідуючим розрахунком динамічного модуля пружності дорожнього покриття. Кількість енергії визначається як величина потенційної енергії вантажу, піднятого на певну висоту. Прогин дорожнього покриття під штампом реєструють сенсори динамічного прогину.

Установка для вимірювання конструктивно являє собою автомобільний причеп, оснащений механізмом навантаження, що піднімає і скидає вантаж, сенсорів динамічного прогину, датчиків температури, систему управління та реєстрації. При падінні вантажу сигнал від сенсорів надходить в систему управління та реєстрації і обробки. Водночас здійснюється вимірювання температури повітря та дорожнього покриття (рис. 7-8).

В результаті обстеження здійснюється: прогнозування стану структури існуючого дорожнього одягу під впливом визначеного транспортного навантаження; визначення місць, що вимагають підсилення конструкції; визначення термінів необхідних ремонтних робіт; визначення проблемних конструктивних шарів; прив'язка ділянки дороги до географічних координат; прогноз довговічності

дорожнього одягу при заданій інтенсивності руху; визначення пошарових динамічних модулів пружності конструкції дорожнього одягу; розрахунок середнього динамічного модулю; визначення залишкового ресурсу працездатності дорожнього одягу.

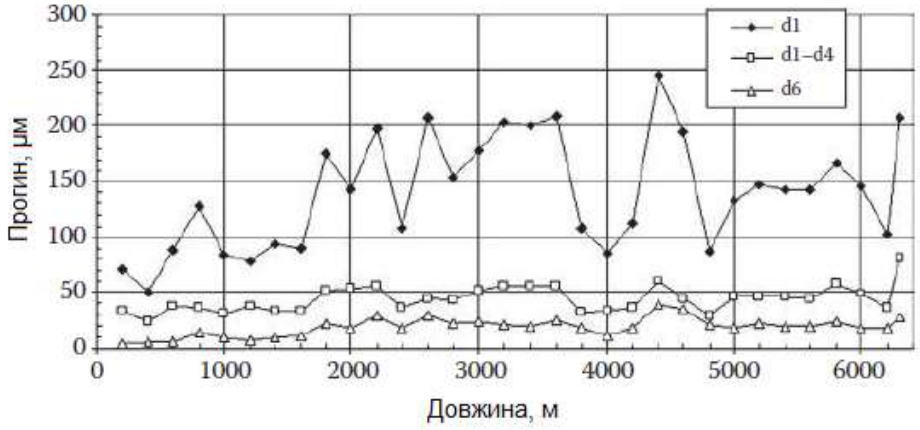


Рисунок 7 – Типовий звіт виданий за результатами вимірювання прогинів за допомогою FWD
Figure 7 – Typical FWD deflection results ([2])

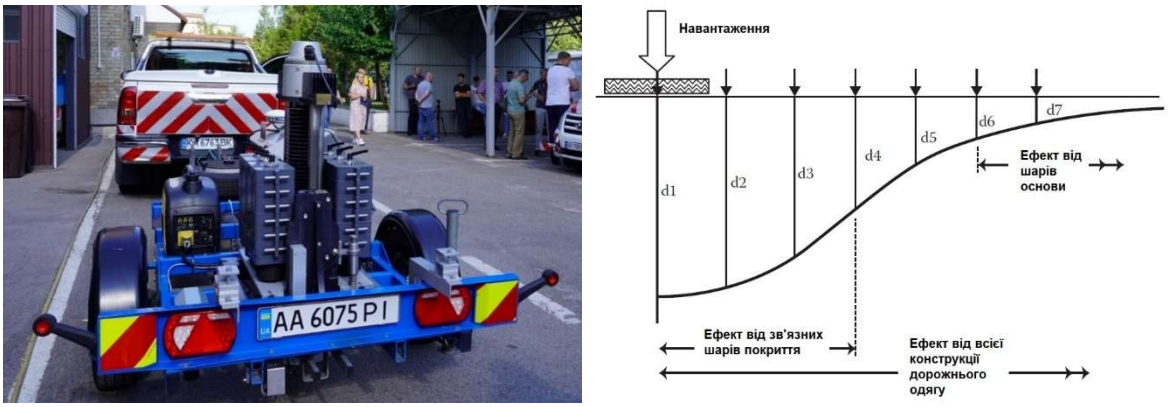


Рисунок 8 – Установка динамічного навантаження Dynatest Falling Weight Deflectometer та виміряна нею чаша прогину
Figure 8 – Dynatest Falling Weight Deflectometer & deflection bowl. ([2])

Основними перевагами подібних установок є висока точність вимірювання, потужне програмне забезпечення для обробки камеральних та польових даних та одночасне діагностування усіх конструктивних шарів дорожнього одягу.

Інститутом Асфальту [1] була виведена кореляційна залежність між значеннями, визначеними балкою Бенкельмана та установкою динамічного навантаження FWD:

$$BB = 1{,}61 \times FWD, \quad (1)$$

де BB – прогин, визначений балкою Бенкельмана, дюйм×10^{-3}

FWD – прогин, визначений установкою динамічного навантаження FWD, дюйм×10^{-3} (коректно для навантаження 40 кН та діаметра плити 300 мм).

Рівність дорожнього одягу

Методи та прилади, що застосовуються для визначення рівності поділяються на 4 загальні категорії:

а) істинні (статичні профілометри);

б) рухомі пристрої опорного типу (профілографи);

в) динамічні відносні пристрої переміщення або відгуку;

г) динамічні інерційні пристрої (профілометри).

В Україні рівність дорожнього покриття визначається згідно з [12] такими методами:

Вимірювання нерівностей за допомогою триметрової рейки

Визначення рівності за цим методом полягає у прикладанні триметрової рейки до поверхні покриття та вимірюванні просвітів клиновим промірником.

Під час опрацювання результатів відсоток просвітів, значення яких знаходиться у певному діапазоні, визначають за формулою:

$$\delta h_i = \left| \frac{h_{i-1} + h_{i+1}}{2} - h_i \right|, \quad (2)$$

де h_{i-1}, h_{i+1} – відносні відмітки попередньої та наступної точок.

Даний метод є простим з огляду застосованого обладнання, проте є малопродуктивним і трудомістким.

Вимірювання нерівностей за допомогою нівеліра та нівелірної рейки

Метод полягає у визначенні відносних висотних відміток поверхні покриття. Вимірювання виконують послідовно, встановлюючи рейку на покритті вздовж однієї лінії на заздалегідь позначених точках з кроком 5 м. Після цього за відносними відмітками цих точок їхні відхили δh_i від прямої лінії, що проходить через попередню (i-1) та наступну (i+1) точки (рис. 9).

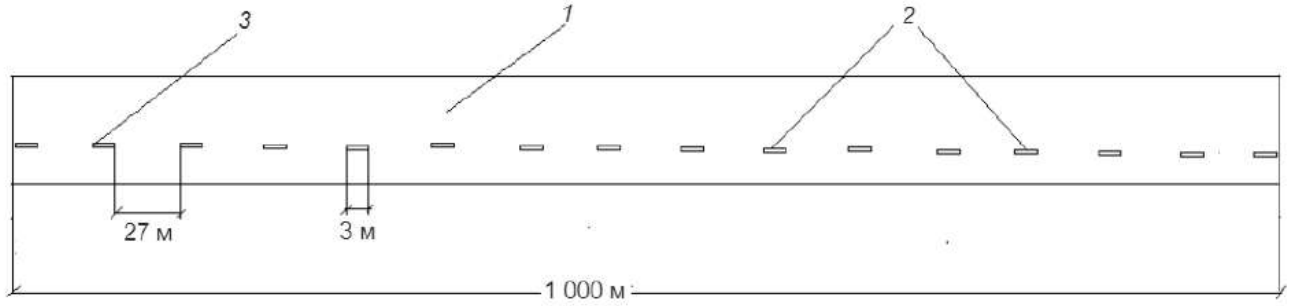


Рисунок 9 – Схема прикладання рейки на 1 км смуги руху
Умовні позначення: 1 – смуга руху; 2 – місця прикладання рейки; 3 – кінець рейки

Figure 9 – The scheme of applying the rail on 1 km of the traffic lane
Conventional designations: 1 – traffic lane; 2 – places of attachment of the rail; 3 - the end of the rail [12]

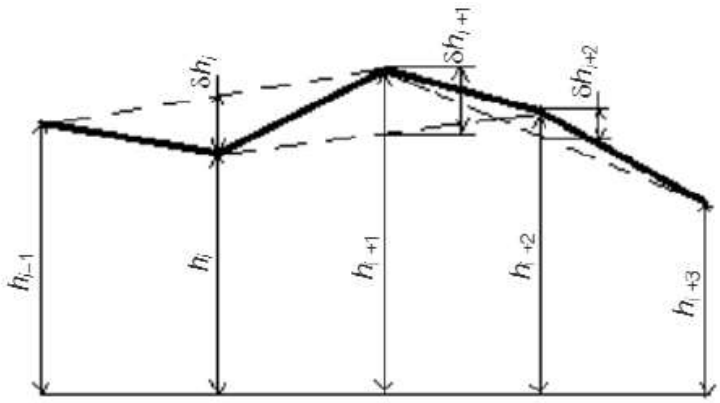


Рисунок 10 – Схема визначення відхилів δh
Figure 10 – Deviation determination scheme [12]

Метод є дуже трудомістким і малопродуктивним, оскільки вимагає значної кількості вимірювань для отримання репрезентативних і точних результатів та застосовуються на коротких ділянках (до кількох км). Застосовується, зазвичай, при вибірковому контролі рівності та певних видах досліджень.

Вимірювання нерівностей за допомогою поштовхоміра.

Вимірювання рівності покриття за цим методом полягає у визначенні суми прогинів підвіски автомобіля, а також акселерометри, що вимірюють вертикальне пришвидшення. При встановленні поштовхоміра на автомобілі вимірюється зворотна реакція дороги, а не її нерівності.

За допомогою системи поштовхомірів можливо визначити рівність швидше, ніж рейкою та нівеліром, проте вони мають ряд недоліків: результати вимірювання мають низьку збіжність, тобто вимірювання, проведені з інтервалом у кілька років, не можуть зіставлятись між собою для порівняння, а також не можуть бути зіставленими між результатами, визначеними іншим обладнанням, якщо раніше не була виконана кореляція між ними. Інший недолік – відсутність стандартної шкали нерівності і неможливість приведення всіх вимірювальних приладів до єдиного стандарту.

Вимірювання нерівностей за міжнародним індексом рівності IRI

Вихідними даними для визначення рівності за IRI є мікропрофіль проїзної частини з кроком від 0,25 до 0,5 м, побудований за допомогою нівеліра, триметрової рейки, обладнаної похиломіром, профілометра або установки сканування покриття (табл. 1). Показник IRI визначають з використанням програмного забезпечення RoadRuf, ProVAL, ЛВС чи будь-яким іншим програмним забезпеченням, що може реалізувати математичну модель, наведену нижче:

$$\begin{cases} PI = m_n z_2 + B(z_1 - y_1) + C_1(z - y) = 0 \\ m_k y_2 - B(z_1 - y_1) - C_1 z + (C_1 + C_2) y = C_2 q \end{cases} \quad (3)$$

де m_n – підресорна маса, кг
z – вертикальні переміщення підресорної маси, м;
B – коефіцієнт в'язкого тертя підвіски, Н · с/м;
y – вертикальні переміщення непідресорної маси, м;
C_1 – жорсткість підвіски, Н/м;
m_k – непідресорна маса, кг;
C_2 – жорсткість шини, Н/м;
q – вертикальна координата контакту шини із проїзною частиною, м.

$$\dot{\bar{z}} = A\bar{z} + \bar{b}q, \quad (4)$$

де $\bar{z} = \begin{matrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \end{matrix}$; $A = \begin{pmatrix} -C & C & -B_1 & B_1 \\ \frac{C}{M} & -\frac{C}{M} & \frac{B_1}{M} & \frac{B_1 + B_2}{M} \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$; $\bar{b} = \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{B_2}{M} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$.

Змінні та коефіцієнти рівняння визначають так:

$$z_1 = z; z_2 = \dot{y}; z_3 = z; z_4 = y;$$

$$C = \frac{B}{m_n}; B_1 = \frac{C_1}{m_n}; B_2 = \frac{C_2}{m_n}; M = \frac{m_k}{m_n}. \quad (5)$$

Для розрахунку рівності дорожніх покриттів згідно з IRI приймають такі параметри моделі:

$B_1 = 63{,}3$ с$^{-2}$; $B_2 = 653$ с$^{-2}$; $C = 6$ с$^{-1}$; $M = 0{,}15$.

Показник рівності дорожніх покриттів за показником IRI обчислюють за такою формулою:

$$IRI = \frac{1}{L}\int_0^L \left| z_3 - z_4 \right| \, dl,$$

де IRI – міжнародний Індекс Рівності дорожніх покриттів;
L – довжина ділянки вимірювання;
l – крок вимірювання, м.

Зчіпні якості

Зчіпні якості в Україні визначаються відповідно до [13]

Вимірювання за допомогою автомобілів з динамометричним установками

Рівень слизькості покриття визначається коефіцієнтом зчеплення, що вимірюється динамометричним візком або портативним приладом, проте його значення лише частково відображає ступінь слизькості, оскільки на нього будуть впливати такі фактори як тиск в шинах, ступінь зносу верхнього шару дорожнього покриття та шин автомобіля, погодні умови та режим гальмування.

Таблиця 1 – Методи та обладнання для визначення рівності дорожнього покриття
Table 1 – Classification of some surface roughness (evenness) measuring devices developed after the 1970s

Категорія методу та обладнання	**Характеристика і типові прилади**
Істинні профілометри	Вимірювання здійснюється шляхом визначення перепадів висотних відміток поверхні покриття. Рівність визначається за показником IRI. Типові прилади: штанга і рівень, щуп і крокуючий профілометр.
рухомі пристрої опорного типу (профілографи)	Вимірювання профілю поверхні по відношенню до базового рівня дороги, який постійно змінюється (випробувальна шина постійно контактує з дорожнім покриттям). Рівність визначається кількістю нерівностей, виражених у міліметрах. Типові пристрої: рухома лінійка, рухома балка та проілографи, такі як каліфорнійський проілограф, проілограф Rainhart і проілометри CHLOE.
динамічні відносні пристрої переміщення або відгуку	Вимірювання відносного вертикального зміщення колеса або осі колеса на фіксованих відстанях. Рівність виражається в см/км, що конвертуються в IRI. Типові пристрої: інтегратор ударів TRRL на причепі або на автомобілі, вимірювач рівності NAASRA, Mays, PCA.
динамічні інерційні пристрої (профілометри)	Вимірювання профілю прирівнюється до інерціальної точки відліку. Рівність здійснюється: a. Інерційним акселерометом, що може мати лазерний, акустичний або інфрачервоний датчик. Безконтактне вимірювання профілю визначається за показником IRI або RN або іншим індексом якості їзди. Типовий пристрій: інерційний ГМ proiler (перший побудований інерційний пристрій), Dynatest RSP-III, Furgo ARAN 7000, AMES 8200 high proiler, SSI-High speed proiling systems, VTI laser RST, Greenwood LaserProf, NCAT в Обернському університеті ARAN інерційний пройлер і ROMDAS проілометри. Багатофункціональні транспортні засоби: Dynatest MFV, Агентство автомобільних доріг TRACS-автомобіль, Furgo ARAN 9000 та ін. b. Інерційний маятник. Визначення профілю контактним способом (вимірювальним колесом, за кутовим зміщенням осі інерційного маятника до горизонтального рівня. Рівність визначається за коефіцієнтом APL25, NBO та IRI. Типові прилади: аналізатор поздовжнього профілю (французькою APL) і проілометр KJ Law (США).

Оскільки коефіцієнт зчеплення є одним з показників, що характеризують експлуатаційні якості дорожнього покриття, і в залежності від його значення обирається безпечна швидкість руху автомобіля, то підсумковим документом оцінки слизькості дорожнього покриття буде лінійний графік коефіцієнтів зчеплення на досліджуваних ділянках автомобільної дороги. Якщо на автомобілі встановлений деселерометр, що вимірює ступінь сповільнення при гальмуванні, то коефіцієнт поздовжнього зчеплення визначається за формулою:

$$\varphi = \frac{j \cdot K_e}{g} \tag{3}$$

де j – сповільнення, виміряне деселерометром;
K_e – коефіцієнт, що враховує експлуатаційні фактори;
g – прискорення вільного падіння, м/с^2

Вимірювання за допомогою портативних приладів

На сьогоднішній день існує багато портативних приладів для визначення коефіцієнта зчеплення. Значення, отримані за їх допомогою, мають обов'язково зводитись до показників базової автомобільної динамометричної установки шляхом калібрування. Найпоширенішим з них є маятниковий прилад, що відрізняється зручністю та низькою вартістю. Метод базується на терті гумового вкладиша (слайдера), що закріплений на голівці маятника, з поверхнею дорожнього покриття.

Висновки. Встановлено, що для всебічної оцінки якісних показників автомобільних доріг, що характеризують її транспортно-експлуатаційний стан, варто застосовувати методи та обладнання, що дозволяють оперативно здійснити збір даних та внесення їх до єдиної бази з подальшою їх обробкою, аналізуванням та інтерпретацію. Найбільш ефективні методи вимагають застосування сучасних автоматизованих комплексів, що дозволяють здійснити збір даних в автоматизованому режимі з високою точністю, мінімальною похибкою та виключенням людського фактору при проведенні вимірювань. Значення, отримані, в результаті діагностування, можуть слугувати основою для визначення комплексної оцінки стану автомобільної дороги.

Перелік посилань

1. Asphalt Institute, Asphalt Overlays for Highway and Street Rehabilitation, Manual Series № 17 (MS-17). Maryland: The Asphalt Institute, 1983;

2. Highway Engineering: Pavements, Materials and Control of Quality, Athanassios Nikolaides, CRC Press, T&F, 2015;

3. Highways Agency, Design Manual for Roads and Bridges [DMRB], Volume 7: Pavement Design and Maintenance, Section 3, Part 2, HD 29/08, London: Department for Transport, Highways Agency, 2008b [© Highways Agency];

4. https://www.concreteconstruction.net/products/enhanced-data-gathering-equipment-edge_o;

5. https://www.hmp-online.com/files/dokumente/1.04%20Prospekt%20HMP%20PDGpro%20-%20EN%20web.pdf;

6. New technology for road surface measurement: transverse profile and rut depth, Lundberg, Thomas Andrén, Peter Eriksson, Olle Sjögren, Leif Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut, 2018. , p. 138

7. The Dynatest Multi Functional Vehicle (MFV) combines the functionality of the Dynatest Road Surface Profiler (RSP) with the Laser Crack Measurement System (LCMS) from Pavemetrics;

8. Основи експлуатації автомобільних доріг і аеродромів : навч. посіб. / В. С. Степура, А. О. Бєлятинський, Н. В. Кужель. — К. : НАУ, 2013. — 204 с.

9. ДСТУ 2587:2021 Безпека дорожнього руху. Розмітка дорожня. Загальні технічні умови;

10. ДСТУ 3587:2022 Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги. Вимоги до експлуатаційного стану;

11. ДСТУ 4100:2021 Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування;

12. ДСТУ 8745:2017 Автомобільні дороги. Методи вимірювання нерівностей основи і покриття дорожнього одягу;

13. ДСТУ 8746:2017 Автомобільні дороги. Методи вимірювання зчіпних властивостей поверхні дорожнього покриття;

14. ДСТУ 8954:2019 Автомобільні дороги. Оцінювання рівня дефектності дорожнього одягу;

15. ДСТУ Б А.1.1-100:2013 Автомобільні дороги. Терміни та визначення понять;

16. ДСТУ Б В.2.3-42:2016 Автомобільні дороги. Методи визначення деформаційних характеристик земляного полотна та дорожнього одягу;

17. М 218-02071168-639:2008 Методика оцінки стану поверхні покриттів автомобільних доріг з використанням автоматизованої системи відеодіагностики «ОКО»;

18. СОУ 45.2-00018112-080:2011. Автомобільні дороги. Оцінка та реєстрація стану дорожніх покриттів та технічних засобів автомобільних доріг автоматизованими системами відеодіагностики.

ANALYSIS OF QUALITY INDICATOR DIAGNOSTIC METHODS OF ROADS

Moroz Taras M, graduate student, National Transport University, e-mail: carmen_17@ukr.net, tel. +380442807909, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovich Pavlenko str. 1, of. 206, https://orcid.org/0000-0001-6730-3004

Abstract. The purpose of the scientific work is the study of various methods of diagnosing roads to determine their operational condition. In Ukraine, there are concepts for the implementation of pavement condition management systems based on defined transport and operational parameters of the highway, however, for various reasons, they do not find wide practical application, and the procedures for collecting, accumulating data and analyzing the obtained results do not have a systematic approach.

Scientific novelty and practical significance. The study reviewed the main methods and equipment used to determine the transport and operational indicators of highways. The most effective and productive methods and mechanisms of their application are determined, as well as the advantages and disadvantages are given.

Keywords: transport and operational indicators; operational maintenance; equality; strength; defectiveness, roughness, adhesion coefficient

References

1. Asphalt Institute, Asphalt Overlays for Highway and Street Rehabilitation, Manual Series № 17 (MS-17). Maryland: The Asphalt Institute, 1983. [in English].

2. Highway Engineering: Pavements, Materials and Control of Quality, Athanassios Nikolaides, CRC Press, T&F, 2015. [in English].

3. Highways Agency, Design Manual for Roads and Bridges [DMRB], Volume 7: Pavement Design and Maintenance, Section 3, Part 2, HD 29/08, London: Department for Transport, Highways Agency, 2008b [© Highways Agency]. [in English].

4. https://www.concreteconstruction.net/products/enhanced-data-gathering-equipment-edge_o;

5. https://www.hmp-online.com/files/dokumente/1.04%20Prospekt%20HMP%20PDGpro%20-%20EN%20web.pdf;

6. New technology for road surface measurement: transverse profile and rut depth, Lundberg, Thomas Andrén, Peter Eriksson, Olle Sjögren, Leif Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut, 2018. , p. 138. [in English].

7. The Dynatest Multi Functional Vehicle (MFV) combines the functionality of the Dynatest Road Surface Profiler (RSP) with the Laser Crack Measurement System (LCMS) from Pavemetrics. [in English].

8. Osnovy ekspluatatsii avtomobilnykh dorih i aerodromiv : navch. posib. / V. S. Stepura, A. O. Bieliatynskyi, N. V. Kuzhel. — K. : NAU, 2013. — 204 s. [in Ukrainian].

9. DSTU 2587:2021 Bezpeka dorozhnoho rukhu. Rozmitka dorozhnia. Zahalni tekhnichni umovy. [in Ukrainian].

10. DSTU 3587:2022 Bezpeka dorozhnoho rukhu. Avtomobilni dorohy. Vymohy do ekspluatatsiinoho stanu. [in Ukrainian].

11. DSTU 4100:2021 Bezpeka dorozhnoho rukhu. Znaky dorozhni. Zahalni tekhnichni umovy. Pravyla zastosuvannia. [in Ukrainian].

12. DSTU 8745:2017 Avtomobilni dorohy. Metody vymiriuvannia nerivnostei osnovy i pokryttia dorozhnoho odiahu. [in Ukrainian].

13. DSTU 8746:2017 Avtomobilni dorohy. Metody vymiriuvannia zchipnykh vlastyvostei poverkhni dorozhnoho pokryttia. [in Ukrainian].

14. DSTU 8954:2019 Avtomobilni dorohy. Otsiniuvannia rivnia defektnosti dorozhnoho odiahu. [in Ukrainian].

15. DSTU B A.1.1-100:2013 Avtomobilni dorohy. Terminy ta vyznachennia poniat. [in Ukrainian].

16. DSTU B V.2.3-42:2016 Avtomobilni dorohy. Metody vyznachennia deformatsiinykh kharakterystyk zemlianoho polotna ta dorozhnoho odiahu. [in Ukrainian].

17. M 218-02071168-639:2008 Metodyka otsinky stanu poverkhni pokryttiv avtomobilnykh dorih z vykorystanniam avtomatyzovanoi systemy videodiahnostyky «OKO». [in Ukrainian].

18. SOU 45.2-00018112-080:2011. Avtomobilni dorohy. Otsinka ta reiestratsiia stanu dorozhnikh pokryttiv ta tekhnichnykh zasobiv avtomobilnykh dorih avtomatyzovanymy systemamy videodiahnostyky. [in Ukrainian].

УДК 625.7/.8
UDC 625.7/.8
DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-104-113

ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛИ ВИНОСУ В ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ

JUSTIFICATION OF THE FEASIBILITY OF USING FLY ASH IN ROAD CONSTRUCTION



Савенко В'ячеслав Якович, *Заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри транспортного будівництва та управління майном Національно транспортного університету, E-mail: svi1310@ukr.net, тел. +380506572008.*

https://orcid.org/0000-0001-8174-7728.



Скоропадський Віктор Вікторович *— аспірант кафедри транспортного будівництва та управління майном Національно транспортного університету. E-mail: viktorap333@gmail.com,*
тел. +380960736425.

https://orcid.org/0000-0002-4404-7447.

Анотація. В даній роботі детально наведено характеристику відходів вугільної промисловості та ТЕС, а саме золи виносу. Вказана природа утворення, хімічний склад, фізичні характеристики та класифікація золи. Розглянуто проблеми щодо світової утилізації техногенних відходів ТЕС. Вказані основні напрямки використання матеріалу з отриманням найбільш позитивних наслідків. Вивчена доцільність використання попелу в різних галузях та особливості використання. Всі напрямки використання обґрунтовані позитивними якостями, які утворюються при застосуванні попелу. Обґрунтована доцільність використання золи виносу яка позитивно впливає на економію матеріалів та на екологічну ситуацію. Вказаний вплив попелу на кожен із методів в якому він використовується. Проаналізовані проблеми які виникають паралельно із застосуванням даного матеріалу. Вказані механізми взаємодії золи виносу з іншими матеріалами та наслідки, які випливають з цього. Зачеплена екологічна ситуація і шляхи її покращення через використання попелу. На основі досліджень та спостережень складений висновок.

Ключові слова: зола виносу, попіл, пуцолан, мінеральна домішка, вільне вапно, гідратація, зольний бетон, текуча заливка, штучний наповнювач, затирка, працездатність.

Вступ

Будівництво стає більш доцільним і ефективним із освоєнням нових технологій та створенням нових матеріалів які повинні бути малоенергоємні та екологічно чисті. Враховуючи те що частка сировини від вартості всього будівництва може становити до 50% як встановили В. Р. Сердюк, Б. І. Августович в своїй роботі [1], то існує потреба знаходження нових альтернативних матеріалів. Такими новими матеріалами можуть стати відходи промисловості, які за собою принесуть зниження вартості будівництва та поліпшення екологічної ситуації. Ці відходи дозволять економити природні ресурси. До цих відходів відноситься зола виносу, яка за своїм складом і властивостями близька до природної сировини і може її замінити до 40%.

У період бурхливого розвитку людської цивілізації головним джерелом отримання електроенергії є ТЕС. Один з основних недоліків вугільних теплових електростанцій є проблема утилізації золи виносу. За одну добу кожна теплова електростанція (ТЕС) спалює до 10 тис. т вугілля,

після чого залишається кілька тис. т шлаку і золи. Таким чином, щорічно в Україні утворюється близько 6 млн. тон золошлакових відходів, які займають великі площі земель. І більшість відведених земель для складування вже заповнені [2]. Раніше зола виносу розглядалася як відходи для захоронення, які становлять небезпеку для навколишнього середовища. Тому використання золи було дуже обмежено. На даний момент вивчено багато властивостей золи, що дають поштовх для її подальшого використання. Так як з кожним роком вимоги до конструкцій та матеріалів збільшуються то зола може виступити компонентом що дозволить досягнути підвищених вимог. Зараз золу виносу використовують в основному як будівельний матеріал, також її застосовують в сільському господарстві. В майбутньому ще з'являться нові шляхи для її використання, тому що теперішня ситуація не дає змогу використати золу в повній мірі. Це спричиняє негативні екологічні наслідки. Необхідно створення заохочувальних заходів зі сторони держави для того щоб було вивчено золу детальніше і вона використовувалася в повній мірі. В даній статті розказано існуючі шляхи використання золи. Вказано переваги цих методів, застереження та недоліки. Ціллю досліджень є підвищення кількості використання золи як будівельного матеріалу.

Загальні відомості про золу виносу

Зола виносу утворюється при твердінні відпрацьованих газів і збирається фільтрами. Зола зазвичай дрібніша, ніж портландцемент і вапно. Дрібність золи тісно пов'язана з робочим станом вугільних дробарок та дрібністю самого вугілля. Для використання золи в бетонних областях тонкість визначається як відсоток ваги матеріалу, що зберігається на решеті 0,044 мм. Через те що частинки швидко тверднуть тому мають, як правило, сферичну форму з розміром 0,5 мкм до 300 мкм [3]. Наслідком швидкого охолодження є аморфне гасне скло, проте деякі тугоплавкі фази не плавляться повністю та залишаються кристалічними.

Зола виносу найчастіше використовується в якості пуцолану (пуцолани - це кремнієві та глиноземні речовини, які у тонко роздрібненій формі та у присутності води реагують із гідроксидом кальцію при звичайній температурі з утворенням цементних сполук). Тонкість - одне з важливих властивостей, що сприяє пуцолановій реакційності золи.

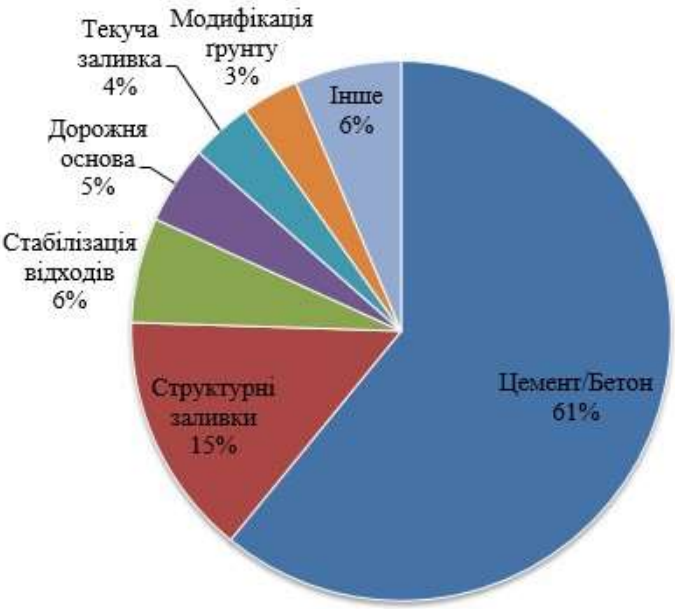


Рисунок 1 – Застосування золи в різних галузях
Figure 1 – Application of ash in different industries

Зола як будівельний матеріал застосовувалася ще в давнину, як будівельний матеріал. Римляни додавали вулканічний попіл до бетону для зміцнення Римського Пантеону і Колізею, які стоять і до сьогодні. У Вашингтоні обидві системи метрополітену та будівля Рональда Рейгана будувалися з бетону що містить золу виносу. І таких прикладів чимало, що показує її доцільність використання.

Американське агентство охорони навколишнього природного середовища [4] встановило відсотковий склад використання золи по різним галузям, що зображено на рис.1.

Фізико-хімічні властивості матеріалу

Хімічний склад золи виносу безпосередньо відноситься до хімії мінералів основного вугілля та будь-яких додаткових видів палива або добавок, що використовуються в процесах горіння або після згоряння. Було проведено безліч досліджень по виявленню хімічного складу. Серед яких треба відзначити дослідження Джамії Мілії та Джамії Нагар, які в своїй роботі визначили досить точні діапазони хімічних сполук в золі виносу та якісні фізичні характеристики [1].

Таблиця 1 – Хімічні властивості золи
Table 1 – Chemical properties of ash

Сполуки	CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	TiO_2	Інші лужні та неіндифіковані
Відсотковий вміст в золі	0,37-27,68	27,88-59,40	5,23-33,99	1,21-29,63	0,42-8,79	0,42-8,79	0,20-6,90	0,64-6,68	0,24-1,73	4,0-6,0

(CaO - Оксид кальцію; SiO_2 - Діоксид кремнію; Al_2O_3 - Оксид алюмінію; Fe_2O_3 - Оксид заліза; MgO - Оксид магнію; SO_3 - Триоксид сірки; Na_2O - Карбонат натрію; K_2O - Оксид калію; TiO_2 - Діоксид титану) Показник LOI – втрата при повторному спалюванні. Він показує кількість горючих речовин, які залишилися неспаленими в золі і цей показник в золі змінюється в межах 0,21-28,37%.

Таблиця 2 – Фізичні параметри золи
Table 2 – Physical parameters of ash

Параметри	Щільність, г / см^3	Об'ємна щільність, г / см^3	Вологість, %	PPH	Питома вага, г / см^3	Пористість, %	Водо-поглинання, %
Кількісний показник	2,17	1,26	2	6,0-10,0	1,66-2,55	45-55	45-60

Застосовується як мінеральна домішка в бетоні і класифікується як зола класу C, і класу F за своїм хімічним складом. Клас C, як правило, отримують із суббітумінозного вугілля і складається головним чином з алюмосульфатного скла кальцію, а також кварцу, трикальцієвого алюмінату та вільного вапна (CaO) цей клас зазвичай містить більше 20% вапна. Клас C стійкий до хімічного розширення. Попіл класу F зазвичай отримують з бітумінозного та антрацитового вугілля і складається переважно з алюмосилікатного скла, а також присутній кварц, муліт та магнетит. Зола класу F має низький вміст вапна – менше 10% і частинки покриті різновидом розплавленого скла. Ця властивість значно знижує ризик розширення через атаку сульфату. Зола класу F має пуцолановий характер. Додаючи в золу силікат натрію утворюється геополімер. За даними Федеральної Дорожньої Адміністрації США [5] встановлено розбіжності між складом золи та портландцементом та наведено їх усереднений склад.

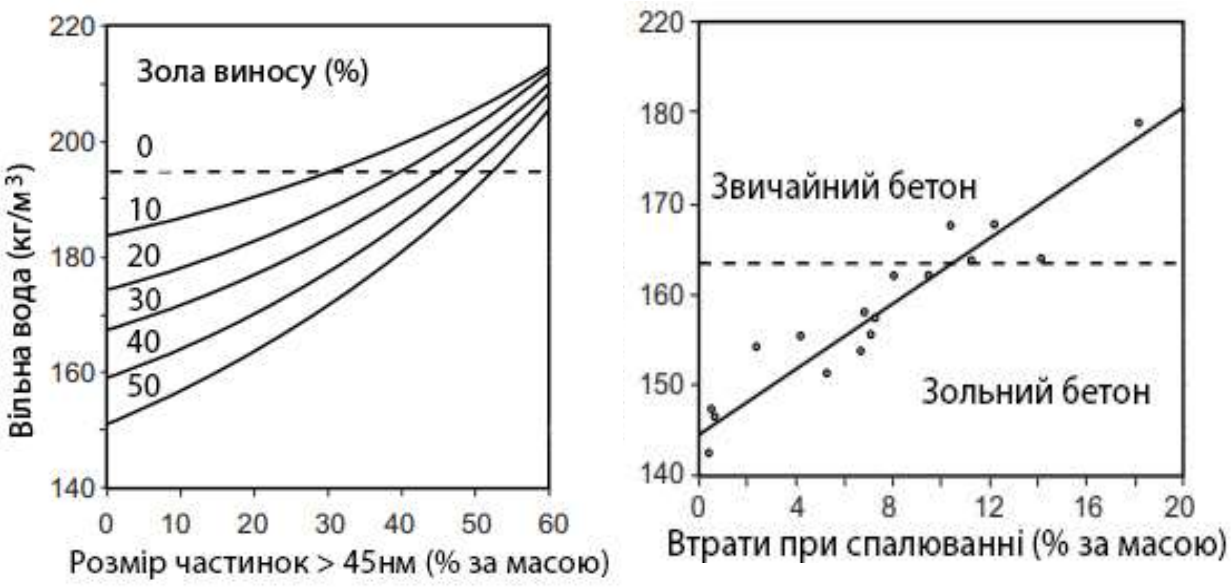
Таблиця 3 – Порівняння складу зол та цементу
Table 3 – Comparison of the composition of ashes and cement

Сполуки	Зола класу F	Зола класу C	Портландцемент
SiO_2	55	40	25
Al_2O_3	26	17	4
Fe_2O_3	7	7	2
CaO (Вапно)	9	27	65
MgO	2	5	2
SO_3	1	4	2

Напрямки застосування золи виносу

Застосування золи з портландцементом

Портландцемент містить близько 65 відсотків вапна. Частина вапна вільна і доступна для гідратації. Коли зола присутня з вапном, вона хімічно реагує та утворює додаткові цементні матеріали, покращуючи багато властивостей бетону. Найчастіше золою замінюють 30% портландцементу так як більша кількість недоцільна. Використання золи покращує якості бетону в свіжому стані та в затужавілому. В свіжому стані використання високоякісної золи з високою тонкістю і низьким вмістом вуглецю зменшує потребу у воді та збільшує рух*ли*вість.



А ***Б/В***

Рисунок 2 – Потреба у воді
а - залежно від розмірів частинок; б - залежно від вмісту неспалених частинок
Figure 2 – Water need
a - depends on particle sizes; b - depends on the content of unburned particles

Майкл Томас у своїх дослідженнях встановив, як впливає кількість золи та її розміри на потребу у воді [6]. Зниження потреби у воді сприяє меншій усадці та меншому тріщиноутворенню. Добре пропорційна бетонна суміш з золи виносу покращує технологічність в порівнянні з портландцементним бетоном аналогічного складу. Куляста форма зерен покращує легкоукладальність через зниження тертя між частинками, дія схожа на підшипники. Це означає, що при заданому складі зольний бетон ущільняється краще, ніж звичайний портландцементний бетон при вібрації. Також покращується згуртованість та зменшується сегрегація бетону.

На позитивні якості від внесення золи впливає також температура навколишнього середовища. При чому високі температури краще впливають на якість, а низькі – негативно. Тому вводяться певні обмеження використання бетонів на основі зол при низьких температурах. Важливим напрямком використання золи в бетоні є зниження виділення теплоти при тужавленні, що позитивно впливає на навколишнє середовище, так як енергія яка вивільняється не йде на нагрів конструкцій а йде на їх скріплення та зміцнення. В свіжому стані знижується температура гідратації і це позитивно впливає на набір довготривалої міцності та довговічності. Негативним фактором при цьому є продовжене твердіння при якому треба забезпечувати вологий стан укладеної суміші, відповідно до цього період введення в експлуатацію подовжується. Тому якщо не можна забезпечити повний період твердіння то кількість золи яку вводять обмежують.

З'являється економіє ресурсів через заміну цементу та природнього заповнювача золою, що є дешевшою.

Усадка бетону при використанні золи менша ніж у еквівалентної суміші без золи. Тому що зменшується кількість води в бетоні і як наслідок знижується усадка.

Зола знижує проникність бетону для води та газу за умови правильного твердіння бетону. Враховуючи дані проникності можна зробити висновок що з віком бетон на основі золи стає майже непроникним, при чому зола класу F дає більш кращі показники в цьому параметрі ніж зола С. Переваги застосування золи для бетону варіюються в залежності від типу золи, пропорції, інших інгредієнтів суміші, процедури змішування, польових умов. Переваги золи в бетоні:

- Вища гранична сила
- Поліпшена працездатність
- Зниження тепла гідратації
- Знижена проникність та підвищена тріщиностійкість
- Підвищена стійкість до атаки сульфату
- Підвищена стійкість до лужно-кремнеземної реактивності
- Економія фінансів та природніх ресурсів
- Зменшена усадка
- Підвищена міцність
- Холодостійкість
- Зменшення водоцементного відношення
- Вважається матеріалом, що не стискається
- Виробляє щільний бетон з гладкою поверхнею
- Зменшує викиди CO2

Головною перевагою золи є її реакція з наявним вапном та лугом у бетоні, утворюючи додаткові цементні сполуки.

Цементна реакція: $C_3S + H \rightarrow CSH + CaOH$; Пуцоланова реакція:$CaOH + S \rightarrow CSH$ отримання додаткового сполучного силікат кальцію гідрату (CSH).

Підвищена гранична сила. Додаткова сполучна речовина, дозволяє бетону продовжувати набирати міцність з часом. Суміші з золою в кінцевому результаті перевищують міцність прямих цементно-бетонних сумішей. За даними досліджень Федеральної Дорожньої Адміністрації США [5] та Американського агентства охорони навколишнього природного середовища [4] можна зробити висновок, що додавання золи позитивно впливає на набір довготривалої міцності. І довготривала міцність зольного бетону вища ніж звичайного.

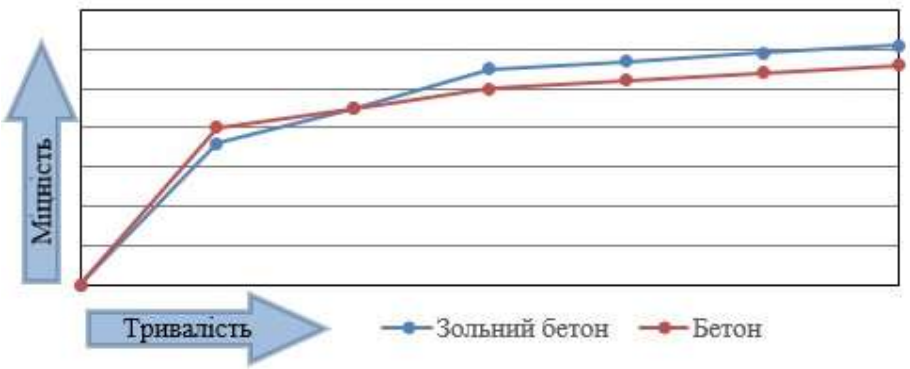


Рисунок 3 – Набір міцності із часом
Figure 3 – Gaining strength over time

Знижена проникність. Зниження вмісту води в поєднанні з утворенням додаткових цементних сполук зменшує взаєморозташування пор бетону, знижуючи, таким чином, проникність.

Підвищена довговічність. Зниження вільного вапна і внаслідок цього збільшення цементних сполук у поєднанні зі зниженням проникності підвищують міцність бетону. Це дає кілька переваг:

1) Підвищена стійкість до корозії. Зола реагує з наявними в бетоні лугами, що зменшує вірогідність реакції з кренмнеземом в агрегатах.

2) Підвищена стійкість до атаки сульфату. Це забезпечується через відсутність вільного вапна (вапно вступає в реакцію з золою), зниження проникності і зменшення реактивних алюмінатів внаслідок зменшення кількості цементу.

3) Підвищена стійкість до корозії завдяки зменшеній проникності.

Але треба обережно використовувати золу, так як вона знижує ранню міцність і зниження температури гідратації небажане в холодному кліматі. Так як бетонні суміші на основі золи набирають початкову міцність дуже повільно, то необхідно використовувати прискорювачі. Або відкривати рух тільки тоді коли набраної початкової міцності буде достатньо.

Екологічні переваги. Утилізація золи має значні переваги для навколишнього середовища, включаючи: (1) збільшення терміну експлуатації бетонних доріг і споруд; (2) скорочення чистого використання енергії та викидів парникових газів та інших викидів (3) зменшення кількості відходів, які підлягають захороненню на сміттєзвалищах, (4) збереження інших природних ресурсів і матеріалів.

Застосування золи в текучих заливках

Текуча заливка - це суміш вугільної золи, води та портландцементу, що тече як рідина, створюючи тверду речовину, самовирівнюється і не потребує ущільнення чи вібрації для досягнення максимальної щільності. Він призначений для функціонування замість звичайних засипних матеріалів, таких як ґрунт, пісок або гравій, і полегшує організацію робіт пов'язану з влаштуванням.

Ці суміші складають клас матеріалів що можуть замінити ущільнений ґрунт, ґрунтоцемент або бетон. На вид текуча заливка нагадує працездатний бетон, а в кінцевому результаті отримується продукт еквівалентний ущільненому ґрунту. Для заливки може бути використана будь-яка зола в сухому або вологому стані. Якщо в золі багато кальцію, то цемент може і не використовуватися. Зола виносу може бути головним інгредієнтом суміші як сипуча засипка, якщо це дешевше ніж використання піску. Заливка може бути двох видів – з великим вмістом золи і з малим. У першому випадку суміш складається з золи з невеликою кількістю цементу та води для забезпечення текучості. В другому випадку – великий відсоток дрібного заповнювача (піску), малий відсоток цементу, вода для забезпечення текучості і мала кількість золи для створення потоку малими частинками. Міцність залежить від вмісту цементу та CaO в золі. Коли занадто багато води то сповільнюється розвиток міцності на стиск з часом, а якщо її мало то максимальна міцність зменшується через наявні порожнечі в структурі. Тому необхідно підбирати оптимальну кількість води в заливці. Переваги використання текучої заливки:

- Влаштування в будь-яку погоду, навіть в умовах морозу;
- Досягнення 100-відсоткової щільності без зусиль;
- Заповнення навколо / під конструкціями, недоступними звичайним методам засипки/заливки;
- Збільшує несучу здатність;
- Збільшує швидкість та легкість операцій із засипання;
- Зменшується мінливість щільності залитих матеріалів;
- Підвищує безпеку на робочому місці та зменшує вартість;
- Зменшує витрати на земляні роботи;
- Легко викопується при правильному влаштуванні.

Застосування золи в насипах

В дорожній галузі золу ефективно використовувати через її малу питому вагу що позитивно впливає на нижче лежачі шари слабких ґрунтів або на підпірні стіни, які сприймають менші навантаження. Зола піддається обробці вапном і цементом, ущільнюється в великому діапазоні вологості, проста в транспортуванні та обробці, покращена дренуюча властивість та консолідація, простіше ущільнення через нижчу стисливість, досягається економія природніх заповнювачів.

Зола може використовуватися як матеріал для спорудження насипів. Особливо в тих районах де природнього заповнювача мало. Зола стійкіша ніж природні заповнювачі, відсутні грудочки, тому її легше ущільнювати. Матеріал має більший показник внутрішнього тертя, тому укоси стійкіші та краща консолідація. Для досягнення всіх переваг потрібне правильне розміщення та ущільнення. Можливо використовувати в вологому і в сухому стані (тільки не в одній суміші). Не можна використовувати золи різного походження в одному насипі через їх різні властивості. Основні властивості що визначають поведінку насипу в подальшому є розподіл зерен за розмірами, співвідношення щільності і вологи, міцність на зсув, стисливість, проникність, капілярність та сприйнятливість до морозів. При використанні золи в насипах треба забезпечувати захист від вимивання золи виносу і забруднення вод. Переваги, що отримуються від використання золи виносу:

- Економічність (При наявності складів золи неподалік);
- Усуває необхідність розробки піщаних кар’єрів;

- Можливість розміщувати на слабких ґрунтах;
- Простота влаштування та ущільнення.

Разом з тим потрібно щоб зола не шкодила навколишньому середовищу і відповідала вимогам екологічності, та необхідні заходи боротьби з пилом і боротьбою ерозії.

Застосування золи для стабілізації ґрунтів

Зола - ефективний засіб для хімічної та / або механічної стабілізації ґрунтів. Стабілізація ґрунту - це зміна властивостей ґрунту для поліпшення технічних показників ґрунтів. Властивості, які найчастіше змінюються, - це щільність, вміст води, пластичність та міцність. До типових застосувань відносяться: стабілізація ґрунту, сушіння ґрунту та контроль усадки-набухання. Зола з високим вмістом CaO може бути використана як самостійний матеріал через цементуючі властивості, інші – тільки з цементуючим агентом. Зола найчастіше застосовується для поліпшення характеристик міцності ґрунтів. Типова глибина стабілізації – 15-46 см, відбувається поліпшення міцності ґрунту на стиск та зсув. Параметри покращення залежать від виду ґрунту та його вологості, часу витримки та коефіцієнту введення золи. Час витримки - це минулий час, виміряний між періодом вступу золи вперше у контакт з водою та остаточним ущільненням ґрунту, золи та водної суміші. Міцність на стиск сильно залежить від часу витримки і цей зв'язок є обернено пропорційним. Для досягнення найкращого ефекту вологість повинна бути меншою за оптимальну для ущільнення. Кількість золи що вноситься становить - 8-16 %, кількість визначається залежно від типу ґрунту та міцності яку хочуть досягнути. Зола додається в ґрунт для уникнення усадки і як наслідок руйнування конструкцій. Механізм покращення полягає в цементування частинок ґрунту і збільшення їх розмірів. Внаслідок цього зменшується набухання і усадка ґрунту. Для зменшення вологості зола використовується за допомогою двох механізмів – хімічного і фізичного. Хімічні реакції споживають зайву воду, а розведення ґрунту золою зменшує концентрацію води. Застосування золи виносу для стабілізації ґрунтів має переваги:

- Усувається потреба у дорогих позикових матеріалах;
- Прискорює будівництво за рахунок поліпшення надмірно мокрого або нестійкого ґрунту;
- Усуваючи усадку зменшується потреба в матеріалах.

Для досягнення нормального результату укріплення ґрунтів при введені золи необхідно звертати увагу на:

- Швидкість реакції гідратації при впливі води;
- Вологість ґрунту в момент ущільнення;
- Вміст сульфату в золі (коли сульфату більше 10% то можливе розширення більше ніж бажане).

Застосування золи в ролі штучного наповнювача асфальтобетону

Зола виносу може бути використана як економічно ефективний мінеральний наповнювач у гарячих асфальтобетонних сумішах. Позитивний вплив досягається через те що зола заповнює дрібні порожнечі створюючи контактні місця між більш крупними матеріалами. В районах де є багато доступної золи вона коштує дешевше ніж природні заповнювачі. Так як зола має малу питому вагу, то це призводить до зменшення вартості транспортування асфальтобетонної суміші. Мінеральні наповнювачі підвищують жорсткість матриці асфальтобетонної суміші, покращуючи колієстійкість та довговічність. Зола яка використовується повинна бути сухою при додаванні в суміш. До переваг застосування золи належать:

- Знижений потенціал для зачищення асфальту завдяки гідрофобним властивостям золи;
- Вапно в золі може також зменшити зачистку;
- Менша вартість ніж у мінеральних заповнювачів.

Застосування золи в якості затирки

Затирки є пропорційними сумішами золи, води та інших матеріалів, що використовуються для заповнення порожнеч під тротуарною системою без підняття плит (підсадка) або для підняття та підтримки бетонних доріжок шляхом свердління та впорскування розчину у визначені ділянки бруківки. Затирки з попелу використовують для ущільнення порожнеч під секціями тротуарної плитки. Матеріал повинен бути достатньо текучим щоб заповнити пори і жорстким щоб утримувати тротуарну плитку, а також не розмиватися. Використання золи в даному випадку дає такі переваги:

- Виправлення деформацій без знімання покриття, що лежить
- Висока швидкість виконання робіт без значного порушення руху

- Розвиває значну граничну силу

Застереження щодо застосування даного матеріалу :

- Потрібен період затвердіння перед сильним завантаженням через низьку початкову міцність
- Вимагає утримування розчинової суміші під бруківкою

Напрямок подальших досліджень

Отже, якщо взяти до уваги способи та напрямки використання золи виносу в дорожньому будівництві які наведені вище, то отримаємо чітку тенденцію. Ця тенденція заключається в тому що зола проявляє себе добре в сумішах які в своєму складі містять щебінь і/або пісок. Це пов'язано з властивістю золи заповняти пустоти і тужавіти при вмісті достатньої кількості CaO. При цьому щебінь і пісок виступають в ролі скелету, який зв'язує зола. Судячи з цього, золу можна успішно використовувати в щебенево-піщаних сумішах (ЩПС), в ролі мінерального заповнювача та додаткового в'яжучого одночасно. В світовій практиці немає багато інформації про використання золи в ЩПС, тому виникає необхідність подальшого дослідження даного матеріалу і формулювання обґрунтувань щодо використання золи в ЩПС.

Висновок

Висновок: Зола, що утворюється як відходи при паливній промисловості, може бути гарним будівельним матеріалом в якості приготованих бетонів та інших сумішей, а також для спорудження насипів. Багаторічні дослідження та спостереження показали ряд переваг та недоліків золи, тому існуючої інформації достатньо щоб використовувати даний матеріал на належному рівні. Використання золи в щебенево-піщаних сумішах (ЩПС) може позитивно вплинути на якісні характеристики кінцевого матеріалу. Для обґрунтування застосування золи в ЩПС потрібно більше інформації та даних, тому наступним етапом роботи будуть експериментальні дослідження. Необхідно вивчити характер взаємодії, характеристики та технологію при введені золи в ЩПС для досягнення найкращого результату.

Використання попелу призведе до суттєвої економії дорогоцінних природніх ресурсів і вирішить питання утилізації золи яка займає значні площі. Це в свою чергу буде позитивно впливати і на загальну вартість будівництва знижуючи її, а при правильному проектуванні буде позитивно впливати і на якість будівельних робіт. Утилізація золи таким чином найбільш позитивна, так як і досягається екологічний ефект. По-перше зола не буде на відкритому повітрі і не зможе забруднювати воду та атмосферу. По-друге знижуються викиди CO_2 пов'язані з приготуванням цементу. Отже, використання золи виносу в перерахованих методах є прогресивним шляхом збереження екології та підвищення рівня будівництва.

Перелік посилань

1. В. Р. Сердюк, Б. І. Августович. Зола-виносу як важливий сировинний ресурс для виробництва ніздрюватих бетонів. науково-технічний збірник "Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві". С.22-28.

2. Інтернет джерело https://www.thebalancesmb.com/fly-ash-applications-844761

3. Доцент кафедри машинобудування, інженерно-технологічний факультет, Джамія Міллія Ісламія, Джамія Нагар. Утилізація та використання зол виносу для захисту середовища. Міжнародний журнал інноваційних досліджень у науці, інженерії та технології. Нью-Делі-110025, Індія. Том 2, випуск 10, жовтень 2013 року, с.5259-5266.

4. Американське агентство охорони навколишнього природного середовища (EPA), у співпраці з наступними агенціями та асоціаціями: Департамент енергетики (DOE); Федеральне управління автомобільних доріг (FHWA); Американська асоціація вугільного золи (ACAA); Група з утилізації твердих побутових відходів (USWAG). Використання вугільної золи в будівництві шосе. Посібник з користі та наслідків. США 2005, с-50.

5. Інтернет джерело https://www.fhwa.dot.gov/pavement/recycling/fach11.cfm

6. Автор: Майкл Томас, кандидат фізико-математичних наук, професор цивільного будівництва, Університет Нью-Брансвік. Оптимізація використання золи виносу в бетоні. Асоціація Портландцементу 2007, с.24.

7. М. Саницький, Б. Русин, Й. Галбіняк. Львівський Національний Політехнічний Університет, Технологічний Університет Честохова. Вплив хорошої золи виносу на властивості бетону. С.266-271.

8. Ельжбета Хаштейн, Олександра Куриловіч-Кудовська. Кафедра механіки матеріалів та конструкцій, факультет цивільного та екологічного будівництва, Гданський технологічний

університет, Нарутовича 11/12, 80-233 Гданськ, Польща. Вплив мікросфер золи виносу на структуру пор бетону. 09.02.2020.

9. Ліндон К. А. доктор наук, Технічний директор Асоціація якості золи Великобританії. Дослідження та практичні заявки на використання міжнародних будівельних матеріалів та інженерна технологія в покриття з асфальту (20-21.02.2008, Ліверпуль, Великобританія) Використання вугільної золи в будівництві дороги.

10. Результатний центр дослідження попелу (FARC) державна рада контролю забруднення, ОДІША. Утилізація порошків золи в будівництві. A/118 Nilakantha Nagar, Bhubaneswar- 751012, 2015, с.35.

11.https://www.researchgate.net/publication/321032676_Consistency_of_fly_ash_quality_for_making_high_volume_fly_ash_concrete інтернет джерело.

12. Інтернет джерело https://en.wikipedia.org/wiki/Fly_ash

13. Інтернет джерело https://ecolog-ua.com/news/ekotransformaciya-2018

JUSTIFICATION OF THE FEASIBILITY OF USING FLY ASH IN ROAD CONSTRUCTION

Savenko Vyacheslav Y., Honored Worker of Science and Technology of Ukraine,, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Transport Construction and Property Management of the National Transport University, E-mail: svi1310@ukr.net, phone +380506572008, https://orcid.org/0000-0001-8174-7728.

Skoropadskyi Viktor V., is a graduate student of the Department of Transport Construction and Property Management of the National Transport University. E-mail: viktorap333@gmail.com, phone +380960736425, https://orcid.org/0000-0002-4404-7447.

Abstract. This paper describes in detail the characteristics of waste from the coal industry and thermal power plants, namely ash removal. The nature of formation, chemical composition, physical characteristics and ash classification are indicated. The problems of world utilization of technogenic waste of thermal power plants are considered. The main directions of use of the material with obtaining the most positive consequences are indicated. The feasibility of using ash in different fields and the peculiarities of use have been studied. All areas of use are substantiated by the positive qualities that are generated by the application of ash. The expediency of using ash ash is substantiated, which has a positive effect on the saving of materials and the environmental situation. The influence of ash on each of the methods in which it is used is indicated. Problems that arise in parallel with the application of this material are analyzed. The mechanisms of interaction of fly ash with other materials and the consequences that follow from this are indicated. Affected environmental situation and ways to improve it through the use of ash. Based on research and observations, a conclusion is drawn.

Keywords: fly ash, ash, pozzolan, mineral admixture, free lime, hydration, ash concrete, fluid pouring, artificial filler, grout, efficiency.

References

1. V. Serduk, B. Avgustovich. Fly ash takeaways how important raw resources to produce cellular concrete. scientific and technical collection "Modern technologies, materials and constructions in construction". P.22-28. [in Ukrainian].

2. Internet resource https://www.thebalancesmb.com/fly-ash-applications-844761

3. Elzbieta Haustein, Aleksandra Kuryłowicz-Cudowska. Department of Mechanics of Materials and Structures, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Gdansk University of Technology, Narutowicza 11/12, 80-233 Gdansk, Poland. The Effect of Fly Ash Microspheres on the Pore Structure of Concrete. 09.02.2020. [in Ukrainian].

4. U.S. Environmental Protection Agency (EPA), in cooperation with the following agencies and associations: Department of Energy (DOE) Federal Highway Administration (FHWA) The American Coal Ash Association (ACAA) The Utility Solid Waste Activities Group (USWAG)Using coal ash in highway construction. A guide to benefits and impacts. USA 2005, p-50. [in Ukrainian].

5. Internet resource https://www.fhwa.dot.gov/pavement/recycling/fach11.cfm

6. By: Michael Thomas, Ph.D., P.Eng., Professor of Civil Engineering, University of New Brunswick. Optimizing the Use of Fly Ash in Concrete. Portland Cement Association 2007, p.24. [in Ukrainian].

7. Assistant Professor, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering & Technology, Jamia Millia Islamia, Jamianagar. Disposal and Utilization of Fly Ash to Protect the Environment. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. New Delhi-110025, India. Vol. 2, Issue 10, October2013, p.5259-5266. [in Ukrainian].

8. M. Sanytsky, B. Rusyn, J. Halbiniak. Lviv Polytechnic National University, Czestochowa University of Technology. Effect of ultrafine fly ash on the properties of high performance concretes. P.266-271. [in Ukrainian].

9. Lindon K. A. Sear BSc, PhD. FICT Technical Director UK Quality Ash Association. Research and practical applications using sustainable construction materials and technology in asphalt and pavement engineering. (20th -21st february 2008, Liverpool, UK). Using coal fly ash in road construction. [in Ukrainian].

10. FLY ASH RESOURCE CENTRE (FARC) STATE POLLUTION CONTROL BOARD, ODISHA. FLY ASHUTILISATION IN ROAD CONSTRUCTION. A/118 Nilakantha Nagar, Bhubaneswar- 751012, 2015, p-35. [in Ukrainian].

11.https://www.researchgate.net/publication/321032676_Consistency_of_fly_ash_quality_for_making_high_volume_fly_ash_concrete internet resource.

12. Internet resource https://en.wikipedia.org/wiki/Fly_ash

13. Internet resource https://ecolog-ua.com/news/ekotransformaciya-2018

УДК 504:625.7:338:330.4 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-114-122**
UDC 504:625.7:338:330.4

МОНІТОРИНГ ВПЛИВУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ УКРАЇНИ НА ПРИРОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

MONITORING THE IMPACT OF UKRAINE'S ROADS ON THE NATURAL ENVIRONMENT



Соколова Наталія Михайлівна, *кандидат економічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Транспортного будівництва та управління майном", e-mail:* nata_ns@ukr.net*, тел. +380934037365,*

https://orcid.org/0000-0003-0678-8882

Анотація. Автомобільні дороги здебільшого негативно впливають на навколишнє природне середовище – довкілля. Довкілля – це всі живі та неживі об'єкти, що природно існують на Землі або в її частині. Сукупність абіотичних (неорганічних) та біотичних (органічних) чинників, природних і штучних, впливають на екосистеми. Моніторинг довкілля – комплексна науково-інформаційна система регламентованих нормами періодичних, безперервних, довгострокових спостережень, методів оцінювання і прогнозування стану природного середовища з метою виявлення його негативних змін і вироблення рекомендацій щодо їх запобігання, усунення або ослаблення. Для управління станом довкілля в Україні діють відповідні нормативно-правові акти і нормативно-технічні документи, створена Державна система моніторингу довкілля, яка є складовою частиною національної інформаційної інфраструктури, сумісної з аналогічними системами інших країн.

Об'єкт дослідження – підсистема моніторингу впливу автомобільних доріг на довкілля.

Предмет дослідження – моделі механізму виявлення кращих практик управління змінами стану довкілля, спричинених впливом автомобільних доріг, на основі даних моніторингу.

Проблематика статті обумовлена великою кількістю необхідних, часто відсутніх, різнорідних даних моніторингу, невизначеністю багатьох параметрів або змінних явищ, що розглядаються, фундаментальними проблемами прогнозування змін стану довкілля, оцінювання економічної ефективності заходів зі зменшення шкідливого впливу доріг на довкілля.

Мета – вивчення можливості застосування методу DEA (Data Envelopment Analysis) для визначення ефективності варіантів зменшення негативного впливу автомобільних доріг на довкілля.

Матеріалами й методами є результати світових і вітчизняних наукових досліджень, системний аналіз, математичне моделювання, метод аналізу функціонування середовища DEA, аналіз звітів з оцінювання впливу на довкілля.

Проведені дослідження дозволили запропонувати застосування методології DEA для побудови інструментарію оцінювання та оптимізації екологічних рішень щодо впливу автомобільних доріг на довкілля.

Ключові слова: природне середовище, вплив на довкілля, автомобільна дорога, екологічна безпека, метод DEA.

Вступ

Сучасний стан мережі автомобільних доріг є чинником негативного впливу доріг на довкілля. Збереження природи та розвиток транспорту – ось дві проблеми, які стоять перед суспільством і державою в Україні, Європі та в усьому світі. Важливість компромісних підходів до розвитку транспортно-дорожнього комплексу знайшли відображення у міжнародних нормативно-правових актах, зокрема у Протоколі про сталий транспорт [1] до Рамкової конвенції про охорону і сталий розвиток Карпат [2].

З метою запобігання шкоди довкіллю, забезпечення екологічної безпеки, його охорони, раціонального використання і відтворення природних ресурсів у процесі прийняття рішень про провадження господарської діяльності, яка може мати значний вплив на навколишнє природне середовище, з урахуванням державних, громадських та приватних інтересів, був прийняті: Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» [3], Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» [4], Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [5]. Охорона довкілля у процесі будівництва, реконструкції, ремонту та утримання автомобільних доріг передбачена Законом України «Про автомобільні дороги» [6]. Питання охорони довкілля розглянуті у низці кодексів, законів, постанов Кабінету Міністрів, наказів і нормативно-технічних документів України, зокрема у Порядку ведення Єдиного реєстру з оцінки впливу на довкілля [7].

Глибокий аналіз нормативно-правових актів та нормативно-технічних документів був виконаний авторами методичного посібника [8], який містить практичні рекомендації щодо підготовки Звіту з оцінки впливу на довкілля (ОВД) при будівництві та реконструкції автомагістралей та доріг І категорії. У ньому характеризуються потенційні екологічні ризики, що супроводжують вказаний тип господарювання, а також пропонуються настанови щодо необхідного збору матеріалів та підходи із розробки компенсаторних заходів.

Звіт з оцінки впливу на довкілля, відповідно до ст. 6 Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» [4], містить [8]:

1) опис планованої діяльності;

2) опис виправданих альтернатив;

3) опис поточного стану довкілля (базовий сценарій) та опис його ймовірної зміни без здійснення планованої діяльності;

4) опис факторів довкілля, які, ймовірно, зазнають впливу з боку планованої діяльності та її альтернативних варіантів;

5) опис і оцінку можливого впливу на довкілля;

6) опис методів прогнозування, використаних для оцінки впливів;

7) опис передбачених заходів, спрямованих на запобігання, відвернення, зменшення, усунення негативного впливу на довкілля;

8) опис очікуваного значного негативного впливу діяльності на довкілля, зумовленого вразливістю проекту до ризиків надзвичайних ситуацій;

9) визначення усіх труднощів, виявлених у процесі підготовки звіту з оцінки впливу на довкілля;

10) усі зауваження та пропозиції, що надійшли до уповноваженого територіального органу та до уповноваженого центрального органу після оприлюднення повідомлення про плановану діяльність;

11) стислий зміст програм моніторингу;

12) резюме нетехнічного характеру;

Джерелами впливу автомобільної дороги на довкілля є: безпосередньо сама дорога як інженерна споруда з рухомим транспортом (фаза експлуатації), транспортні засоби, будівельно-дорожні машини та обладнання (в процесах виконання технологічних операцій будівництва, реконструкції, експлуатаційного утримання та ремонту доріг), підприємства дорожнього господарства та дорожнього сервіс [8].

Конкретний Звіт з оцінки впливу на довкілля має досить великий об'єм, наприклад, Звіт з оцінки впливу на довкілля на будівництво автозаправного комплексу [9] складає 222 сторінки тексту з копіями документів, картографічними і фото матеріалами, оцінки за видами та кількістю очікуваного забруднення повітря, води, ґрунту та надр, оцінки за видами та кількістю очікуваного шумового, вібраційного, світлового, теплового та радіаційного забруднення, а також випромінювання тощо. Цей великий об'єм даних поміщується у базу даних Єдиного реєстру з оцінки впливу на довкілля [7] по кожному об'єкту планованої діяльності, для якої вимагається складання Звіту з ОВД.

Отже, виникають задачі виокремлення, вибору та подальшого опрацювання потрібних даних з бази даних Єдиного реєстру з оцінки впливу на довкілля, особливо при вирішенні проблем прогнозування впливу, економічного оцінювання застосування компенсаторних дій по зменшенню негативного впливу доріг на довкілля. Розв'язання цих задач потребує застосування аналітичних математичних моделей, експертних методів, ймовірнісних підходів, імітаційного моделювання. На нашу думку, на основі даних моніторингу потрібно виявляти не усереднені, а кращі практики управління змінами стану довкілля, спричинених впливом автомобільних доріг, зокрема кращого вибору матеріалів, технології, підрядників тощо. Це потребує розробки моделей і методів, здатних розв'язати окреслені задачі.

Метою майбутніх досліджень є розроблення та впровадження комплексної основи, яка може виміряти відносну ефективність різних стратегій будівництва доріг та технічного обслуговування доріг під час їх експлуатації, враховуючи численні входи, виходи та результати, що характеризують процес обслуговування доріг та неконтрольовані фактори (наприклад, клімат, дорожній рух тощо), які впливають на продуктивність такого процесу. Складно вимірювати загальну ефективність процесу, коли процес має багато входів і виходів, коли на процес впливає кілька факторів, і коли рішення відносно процесу приймаються на основі багатьох критеріїв.

Однією з корисних методів розв'язання подібних задач є метод аналізу оболонки даних (Data Envelopment Analysis – DEA) [10, 11, 12]. Цей метод:

– є способом оцінювання виробничої функції;

– межа ефективності є основною концепцією методу;

– межа формується у багатовимірному просторі вхідних та вихідних показників, що описують оцінювані об'єкти;

– вхідні показники – ресурси, вихідні показники – продукція (наприклад, кількісна оцінка зменшення негативного впливу на довкілля);

– ступінь ефективності певного об'єкта – відстань між точкою у багатовимірному просторі, що відповідає об'єкту, і межею ефективності.

За допомогою DEA можна вибрати кращі проекти мінімізації негативного впливу автомобільної дороги на довкілля та підприємства, які найбільш ефективно виконують такі проєкти.

Мета публікації полягає у вивченні можливості застосування методу DEA для визначення ефективних варіантів (кращих практик) зменшення негативного впливу автомобільних доріг на довкілля.

Результати і пояснення. Екологічний моніторинг містить інструменти та методики, розроблені для спостереження за довкіллям, характеристики його якості та встановлення параметрів з метою точного кількісного визначення впливу, який має планована діяльність на навколишнє природне середовище. Результати збираються, аналізуються статистично, а потім оприлюднюються у звіті про оцінку ризику стосовно навколишнього середовища та оцінку впливу.

Основна мета моніторингу навколишнього середовища полягає у керуванні впливом та мінімізацією впливу діяльності організації на навколишнє середовище, або для забезпечення дотримання законів та правил, або зменшення ризиків шкідливого впливу на природне середовище та захист здоров'я людей.

По мірі того, як людське населення, промислова діяльність та споживання енергії продовжують зростати, постійний розвиток розширених, автоматизованих моніторингових застосувань та пристроїв має вирішальне значення для підвищення точності звітів про моніторинг довкілля та економічної ефективності процесу моніторингу.

Програми моніторингу характеризуються загальними цілями, конкретними стратегіями, запропонованими методами вибірки, проектами в межах кожної стратегії та часовими рамками.

Продукти моніторингу та програмне забезпечення для моніторингу довкілля, такі як системи управління даними у Єдиному реєстрі з оцінки впливу на довкілля [7], полегшують впровадження та контроль програм моніторингу та оцінки навколишнього середовища, що включає центр управління даними, автоматизовані сповіщення про моніторинг навколишнього середовища, перевірку відповідності, перевірку якості, контроль якості та генерацію звітів про порівняння набору даних.

Дані, зібрані методами моніторингу навколишнього середовища, можуть бути введені у системи управління базами даних, де їх можна класифікувати, проаналізувати, візуалізувати та створити діючі відомості, що сприяють прийняттю обґрунтованих рішень.

Отже, моніторинг довкілля – комплексна науково-інформаційна система регламентованих нормами періодичних, безперервних, довгострокових спостережень, методів оцінювання і прогнозування стану природного середовища з метою виявлення його негативних змін і вироблення рекомендацій щодо їх запобігання, усунення або ослаблення.

З метою отримання корисної інформації з даних моніторингу у статті розглянутий метод DEA, який є математичним методом, заснованим на застосуванні принципів теорії лінійного програмування, а саме дрібно-лінійного програмування, де цільова функція являє собою відношення двох лінійних функцій, а функції, що визначають область допустимих рішень, є звичайними лінійними функціями. DEA дозволяє визначити, як ефективно деякою одиницею або об'єктом (unit) використовуються наявні ресурси, для створення з набору даних набору результатів співставлень з іншими об'єктами. У контексті DEA, такі об'єкти називаються одиницями прийняття рішень (decision-making unit – DMU). DMU є ефективним, якщо співвідношення його зважених виходів до його зважених входів більше, ніж подібне співвідношення для кожного іншого DMU у вибірці даних. Використовувані ваги є специфічними для DMU, і під час застосування DEA вибирають кожен DMU для максимізації його власного рейтингу ефективності. Вибір ваг підлягає лише обмеженням, що вони повинні не бути негативними, і вони не можуть призвести до оцінки ефективності, що перевищує 100%. Отже, ефективна оцінка будь-якого DMU обчислюється як максимум співвідношення зважених виходів до зважених входів, що підлягають обмеженням, і що 1) таке співвідношення для кожного DMU в наборі даних буде меншим або рівним одиниці, при використанні того самого набору ваг та 2) такі ваги не будуть негативними [10, 11]. Ваги для входів і виходів не потрібно ідентифікувати деяким аналізатором, натомість вони визначаються моделлю DEA в інтересах DMU. Основна перевага DEA полягає в тому, що кожен вхід і вихід можна виміряти у своїх природних фізичних одиницях. DEA може бути виконаний для оцінки відносної ефективності DMU в групі протягом одного періоду або в послідовності періодів [10].

Щоб мати можливість виконувати DEA, деякий аналізатор повинен вибирати DMU, які використовують різноманітні однакові входи для отримання різноманітних однакових результатів. Розрахована ефективність відносно найкращого DMU (або декількох DMU, якщо є більше одного найкращого DMU). Найкращому DMU надається показник ефективності у 100 відсотків, а ефективність інших DMU змінюється від 0 до менше 100 відсотків щодо цієї найкращої ефективності.

Ефективність, у загальному випадку, обчислюється як:

$$E = \frac{O}{I}, \tag{1}$$

де E – ефективність; O – виходи; I – входи.

Складно вимірювати загальну ефективність процесу, коли такий процес має багато входів і багато виходів. Для вирішення цієї проблеми запропонований інноваційний підхід до вимірювання ефективності, DEA. Моделі методу DEA поділяються на два види: орієнтовані на вхід та орієнтовані на вихід.

Формулювання моделі, орієнтованої на вхід:

$$(\mathbf{FP}_0): \max Q_0 = \frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0}}, \tag{2}$$

при умові

$$\frac{\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}} \le 1, j = 1,...,n; r = 1,...,s; i = 1,...,m,; u_r, v_i \ge 0, \tag{3}$$

де Q_0 – оцінка ефективності DMU, яка знаходиться визначається. Її значення коливається від 0% до 100%, n – кількість DMU у наборі даних; s = кількість виходів; m – кількість входів; y_{rj}, x_{ij} – відомі результати та входи j-th DMU, і вони є всі позитивні. u_r, v_{i0} – ваги змінних результатів та входів, які слід визначити шляхом розв'язання цієї оптимізаційної проблеми.

Ця дробова програма $\mathbf{FP}_0$ може бути замінена лінійною програмою $\mathbf{LP}_0$, як представлено алі. Важливо зазначити, що таке формалювання зазвичай в літературі називається моделлю CCR за першими літерами її авторів: Charnes-Cooper-Rhodes.

$$(\mathbf{LP}_0): \max Q_0 = \sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0}, \tag{4}$$

при умові

$$\sum_{i=1}^{m} v_i x_{i0} = 1, \tag{5}$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} \le \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}; j = 1,...,n; r = 1,...,s; i = 1,...,m; u_r, v_i \ge 0,, \tag{6}$$

Модель $\mathbf{LP}_0$, по суті, шукає ваги (v_i) для кожного входу та ваг (u_r) для кожного виходу DMU, що досліджується застосовується до коефіцієнтів виходу до входу для всіх інших DMU у наборі даних (включаючи досліджувані DMU) призводить до оцінки ефективності, яка дорівнює або менше 1. Формулювання моделі, орієнтованої на вихід:

$$(\mathbf{LP}_0): \max H_0 = \sum_{i=1}^{m} v_r x_{i0}, \tag{7}$$

при умові

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{r0} = 1, \tag{8}$$

$$\sum_{r=1}^{s} u_r y_{rj} \le \sum_{i=1}^{m} v_i x_{ij}; j = 1,...,n; r = 1,...,s; i = 1,...,m; u_r, v_i \ge 0,, \quad (9)$$

Зауважимо, що задачі вирішуються *n* разів, отже для кожного об'єкту. Для неефективних об'єктів можна знайти проекцію на межу ефективності і, таким чином, отримати лінійну комбінацію, яка являє собою гіпотетичний еталонний об'єкт.

Метод DEA дозволяє отримувати агрегований скалярний показник міри ефективності кожного об'єкту; одночасно оперувати багатьма входами і багатьма виходами, кожен з яких: може вимірюватись у різних одиницях виміру; не потребує апріорних значень вагових коефіцієнтів вхідних і вихідних показників; не накладає обмежень на форму залежності між входами та виходами; формує Парето-оптимальну множину точок, отже межу ефективності; дозволяє оцінити бажані зміни у входах або виходах для виведення неефективних об'єктів на межу ефективності; дозволяє виявити так звані кращі практики, а не спиратися на усереднені тенденції.

Головними фазами застосування моделей методу DEA є:

1) визначення та вибір одиниць (об'єктів, units) прийняття рішень, які будуть використовуватися в DEA;
2) визначення, вибір та вимірювання вхідних змінних та вихідних змінних;
3) вибір моделі DEA та їх формулювання;
4) застосування моделей DEA;
5) процедури верифікації отриманих даних;
6) презентація та аналіз результатів.

Повернемось до проблеми управління впливом автомобільних доріг на природне середовище. У якості вхідних показників тут можуть виступати обсяги ресурси (фінансові, трудові, матеріально-технічні, часові тощо) певних організацій чи підприємств (замовників, підрядників або виконавців), що витрачаються на запобігання, усунення або ослаблення негативного впливу дороги на довкілля, а вихідними показниками – втрати елементів довкілля від шкідливого впливу або величина зниження втрат в залежності від цільової функції. Об'єктами розрахунків можуть слугувати ділянки доріг у фазі будівництва, реконструкції, ремонту або експлуатації, а також підприємства, які виконують роботи.

Комп'ютерну реалізацію DEA можна здійснити за допомогою табличного редактора Excel [13]. В цій роботі відмічено, що розв'язувач (solver) Excel може виконати необхідну оптимізацію, будь то нелінійні чи лінійні формулювання програмування. DEA вимагає повторної оптимізації. Оскільки макрос-мова для Excel (Visual Basic для додатків) може контролювати рішення, макрос може бути записаний для автоматизації процесу обчислення ефективності кожної одиниці (об'єкту). Стверджується, що використання сили електронних таблиць для впровадження таких методів, як DEA, може допомогти зробити його доступнішим для спеціалістів.

Висновки та рекомендації

1. Переваги моніторингу навколишнього середовища полягають у його здатності покращувати якість життя суспільства, підкреслюючи взаємозв'язок навколишнього середовища та здоров'я людей. Перетворення даних моніторингу навколишнього середовища в інформацію та своєчасне повідомлення керівним органам та громаді про фактичний стан довкілля є вирішальним для зменшення негативного впливу на довкілля.

2. Моніторинг довкілля – комплексна науково-інформаційна система регламентованих нормами періодичних, безперервних, довгострокових спостережень, методів оцінювання і прогнозування стану природного середовища з метою виявлення його негативних змін і вироблення рекомендацій щодо їх запобігання, усунення або ослаблення.

3. Продемонстрована можливість та доцільність застосування методу DEA для визначення ефективних варіантів (кращих практик) зменшення негативного впливу автомобільних доріг на довкілля.

4. Інструментом комп'ютерної реалізації моделей методу DEA може бути табличний процесор Excel, добре відомий широкому загалу практикуючих спеціалістів – екологів та дорожників.

Перелік посилань

1. Протокол про сталий транспорт до Рамкової конвенції про охорону тасталий розвиток Карпат [Ел. ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998_576

2. Рамкова конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат [Ел. ресурс]. –Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998_164

3. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII, редакція від 20.06.2022, підстава - № 2321-IX // *Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1991, № 41, ст.546.* URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12/print (дата звернення: 25.12.2022).

4. Про оцінку впливу на довкілля: Закон України від 23.05.2017 № 2059-VIII // *Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2017, № 29, ст.315.* URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19/print (дата звернення: 12.01.2023).

5. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року: Закон України 2697-VIII, від 28.02.2019 // *Відомості Верховної Ради (ВВР), 2019, № 16, ст.70.* URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19/print (дата звернення: 25.12.2022).

6. Про автомобільні дороги: Закон України від 08.09.2005 N 2862-IV, редакція від 19.12.2021, підстава - 1887-IX // *Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2005, № 51, ст.556*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2862-15#Text (дата звернення: 25.12.2022).

7. Порядок ведення Єдиного реєстру з оцінки впливу на довкілля: постанова Кабінету Міністрів України від 13.12. 2017 р. № 1026. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1026-2017-%D0%BF#Text (дата звернення: 25.12.2022).

8. Підготовка звіту з оцінки впливу на довкілля при будівництві та реконструкції автодоріг: методичний посібник / Зуб Л.М., Костюшин В.А., Хрутьба В.О., Лєвіна Г.М., Сумський Є.Д., Пилипович О.В., Костюшин Є.В., Матус С.А., Ямелинець Т.С., Галайко М.Б. – Київ, 2019. – 108 с. URL: https://www.interreg-danube.eu/uploads/media/approved_project_output/0001/35/ac3f9cab374ab1227bf6a3bf35369fefd74fb306.pdf (дата звернення: 25.12.2022).

9. Звіт з оцінки впливу на довкілля. Будівництво автозаправного комплексу у складі автозаправної станції (АЗС) з сервісним обслуговуванням автомобілів та автогазозаправного пункту (АГЗП) по вул. Привокзальна, 4/5 в м. Суми. URL: https://smr.gov.ua/images/misto/Gorodyanuny/gromad_obgovor/AZS_Privokzalnaya_4-5/RcRR_RcRnRRdR.pdf (дата звернення: 25.12.2022).

10. Ozbek, M. E. 2007 . "Development of a comprehensive framework for the efficiency measurement of road maintenance strategies using data envelopment analysis." Ph.D. dissertation, Virginia Polytechnic Insti-tute and State Univ., Blacksburg, Va. – 347 p. URL: https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/29117 (дата звернення: 25.12.2022).

11. Ozbek, M. E., de la Garza, J. M., and Triantis, K. (2009). "Data envelopment analysis as a decision making tool for the transportation professionals." Journal of Transportation Engineering, 135(11). Pp. 822-831. URL: https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%29TE.1943-5436.0000069 (дата звернення: 25.12.2022).

12. Omer Tatari, Gokhan Egilmez, Dhruva Kurmapu (2016) "Socio-Eco-Efficiency Analysis of Highways: A Data Envelopment Analysis" // *Journal of Civil Engineering and Management*, 2016 Volume 22(6): 747–757, doi:10.3846/13923730.2014.914079. URL: https://digitalcommons.newhaven.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1019&context=mechanicalengineering-facpubs (дата звернення: 25.12.2022).
(дата звернення: 25.12.2022).

13. Proudlove, N.C. (2000), "Using Excel for Data Envelopment Analysis", // *Manchester School of Management* Working Paper No. 2007, ISBN 1 86615076 8. – 15 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/255708004_Using_Excel_for_Basic_Data_Envelopment_Analysis (дата звернення: 25.12.2022).

MONITORING THE IMPACT OF UKRAINE'S ROADS ON THE NATURAL ENVIRONMENT

Sokolova Natalia M., Associate Professor of the Department of Transport construction and property management of the National Transport University, Kyiv, Ukraine. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0678-8882

Abstract. Highways mostly have a negative impact on the environment. The environment is all living and inanimate objects that naturally exist on Earth or in part. The set of abiotic (inorganic, *a* non-living part of an ecosystem) and biotic (organic) factors, natural and artificial, affect ecosystems. Environmental monitoring – a complex scientific and information system regulated by the standards of periodic, continuous, long-term observations, methods of evaluation and forecasting of the state of the natural environment in order to identify its negative changes and to develop recommendations for their prevention, elimination or weakening. In order to manage the state of the environment in Ukraine there are relevant regulatory acts and regulatory and technical documents, created State Environmental Monitoring System, which is an integral part of the national information infrastructure, compatible with similar systems of other countries.

The object of study is a subsystem of monitoring the impact of roads on the environment.

The subject of the study is the model of the mechanism of detection of the best practices of managing environmental changes caused by the influence of roads, based on monitoring data.

The problem of the article is due to a large number of necessary, often absent, heterogeneous monitoring data, uncertainty of many parameters or variables under consideration, fundamental problems of forecasting environmental changes, evaluating the economic efficiency of measures to reduce the harmful effects of roads on the environment.

The purpose is to study the possibility of using the Data Envelopment Analysis (DEA) method to determine the effectiveness of options for reducing the negative impact of roads on the environment.

Materials and methods are the results of world and domestic scientific research, system analysis, mathematical modeling, method of analysis of the functioning of the environment (DEA), analysis of reports on environmental impact evaluation.

The conducted researches have made the use of DEA methodology to build assessment tools and optimize environmental solutions on the impact of roads on the environment.

Key words: natural environment, environmental impact, highway, environmental safety, DEA method.

References

1. Protokol pro stalyi transport do Ramkovoi konventsii pro okhoronu tastalyi rozvytok Karpat [El. resurs]. – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998_576

2. Ramkova konventsiia pro okhoronu ta stalyi rozvytok Karpat [El. resurs]. – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998_164

3. On the protection of the environment: Law of Ukraine of June 25, 1991 № 1264-XII, version of 20.06.2022, grounds-№ 2321-IX // Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine (BVR), 1991, № 41, p.546. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12/print (date of appeal: 25.12.2022).

4. On Environmental Impact Assessment: Law of Ukraine dated 23.05.2017 // *The Official Bulletin of the Verkhovna Rada (BVR), 2017, No. 29, Article 315*. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19 (date of access: 25.12.2022).

5. On the Key Principles (Strategy) of the State Environmental Policy of Ukraine for the Period till 2030: Law of Ukraine dated 28.05.2019 // *The Official Bulletin of the Verkhovna Rada (BVR), 2019,* No. 16, Article 70. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19?lang=en#Text (date of access: 25.12.2022).

6. On Automobile Roads: Law of Ukraine dated 08.09.2005 N 2862-IV, version of 19.12.2021, grounds-1887-IX // Database of the legislation of Ukraine / Verkhovna Rada of Ukraine. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2862-15-15#text (date of access: 25.12.2022).

7. Poriadok vedennia Yedynoho reiestru z otsinky vplyvu na dovkillia: postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 13.12. 2017 r. № 1026. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1026-2017-%D0%BF#Text (date of access: 25.12.2022).

8. Pidhotovka zvitu z otsinky vplyvu na dovkillia pry budivnytstvi ta rekonstruktsii avtodorih: metodychnyi posibnyk / Zub L.M., Kostiushyn V.A., Khrutba V.O., Lievina H.M., Sumskyi Ye.D., Pylypovych O.V., Kostiushyn Ye.V., Matus S.A., Yamelynets T.S., Halaiko M.B. – Kyiv, 2019. – 108 s. URL: https://www.interreg-danube.eu/uploads/media/approved_project_output/0001/35/ac3f9cab374ab1227bf6a3bf35369fefd74fb306.pdf (date of access: 25.12.2022).

9. Zvit z otsinky vplyvu na dovkillia. Budivnytstvo avtozapravnoho kompleksu u skladi avtozapravnoi stantsii (AZS) z servisnym obsluhovuvanniam avtomobiliv ta avtohazozapravnoho punktu (AHZP) po vul. Pryvokzalna, 4/5 v m. Sumy. URL: https://smr.gov.ua/images/misto/Gorodyanuny/gromad_obgovor/AZS_Privokzalnaya_4-5/RcRR_RcRnRRdR.pdf (date of access: 25.12.2022).

10. Ozbek, M. E. 2007 . "Development of a comprehensive framework for the efficiency measurement of road maintenance strategies using data envelopment analysis." Ph.D. dissertation, Virginia Polytechnic Insti-tute and State Univ., Blacksburg, Va. – 347 p. URL: https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/29117 (дата звернення: 25.12.2022).

11. Ozbek, M. E., de la Garza, J. M., and Triantis, K. (2009). "Data envelopment analysis as a decision making tool for the transportation professionals." Journal of Transportation Engineering, 135(11). Pp. 822-831. URL: https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/%28ASCE%29TE.1943-5436.0000069 (дата звернення: 25.12.2022).

12. Omer Tatari, Gokhan Egilmez, Dhruva Kurmapu (2016) "Socio-Eco-Efficiency Analysis of Highways: A Data Envelopment Analysis" // *Journal of Civil Engineering and Management*, 2016 Volume 22(6): 747–757, doi:10.3846/13923730.2014.914079. URL: https://digitalcommons.newhaven.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1019&context=mechanicalengineering-facpubs (date of access: 25.12.2022).

13. Proudlove, N.C. (2000), "Using Excel for Data Envelopment Analysis", // *Manchester School of Management* Working Paper No. 2007, ISBN 1 86615076 8. – 15 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/255708004_Using_Excel_for_Basic_Data_Envelopment_Analysis (date of access: 25.12.2022).

УДК 332.3:528.4
UDC 332.3:528.4
DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-123-136

ВПЛИВ НА ВАРТІСТЬ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК ПОХИБОК ПОЛОЖЕННЯ МЕЖ ОТРИМАНИХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

IMPACT ON THE VALUE OF LAND BORDER POSITION ERRORS OBTAINED WITH THE USE OF UNMANNED AIRCRAFT



***Губар Юрій Петрович**, доктор технічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», кафедра «Кадастру територій», e-mail: Yurii.P.Hubar@lpnu.ua, тел. +38(032)2582631, Україна, 79013, м. Львів, вул. С. Бандери 12*

https://orcid.org/0000-0003-2538-0727



***Харченко Анна Миколаївна**, доктор технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном, e-mail: anna-x3@ukr.net, тел. +380442807909, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 323*

https://orcid.org/0000-0001-8166-6389

Анотація. Мета наукової роботи – дослідження впливу похибок положення межових знаків, отриманих за допомогою безпілотних літальних апаратів, на вартість нерухомості. Протягом декількох останніх десятиліть аерознімання є ефективним інструментом для виконання геодезичних робіт, геофізичних досліджень та проведення різних видів моніторингів, проте слід зазначити, що для оцінки вартості нерухомості такі методи практично не застосовуються. Сучасні технології створення топографічних та кадастрових планів ґрунтуються саме на використанні матеріалів цифрового аерознімання [3]. Однак, собівартість застосування літаків та гелікоптерів для локального великомасштабного знімання на порядок вища і тому альтернативним рішенням є використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) [1, 2]. БПЛА найчастіше застосовують як значно дешевшу альтернативу традиційного аерознімання з літаків, гелікоптерів, мотодельтапланів і космічного (супутникового) знімання. Окрім значної економічної ефективності (здешевлення у десятки разів), БПЛА мають додаткові привілеї, а саме: маловисотність, точковість, мобільність, екологічна чистота польотів [19]. Роботи із землеустрою здебільшого виконуються безсистемно і без надійного контролю і тому застосовування звичайних геодезичних методів та результатів опрацювання вимірювань не дає змоги отримати необхідну точність координат пунктів, межових знаків та знімальної основи. Все це призводить до виникнення проблем суміщення меж прилеглих ділянок внаслідок використання неякісної кадастрової інформації у базах даних, які формувалися на значному періоді часу регіональними центрами ДЗК [5]. Застосування БПЛА для виконання оціночних робіт дозволяє підняти точність визначення координат меж об'єктів нерухомості та суттєво пришвидшує процедуру оцінювання, що доводить практичну цінність запропонованого в даному дослідженні методу здійснення моніторингу. Встановлено, що для великих населених пунктів точність визначення координат необхідно значно збільшити, адже вартість нерухомості у цих населених пунктах досить велика і, відповідно, похибки у визначенні координат об'єктів нерухомості призводять до похибок у вартості об'єктів нерухомості населеного пункту, що юридично недопустимо. Таким чином, для великих міст доцільно створювати знімання на невеликих висотах і поступово підвищувати точність фотографування місцевості.

Наукова новизна та практична значущість. В дослідженні доведена практична цінність застосування БПЛА для оцінки вартості об'єктів нерухомості, оскільки одержані у результаті виконаних обчислень середні квадратичні похибки у вартості 1м^2 об'єкту нерухомості складають величини менші порядку 0,3% від його загальної вартості. Практична значущість застосування БПЛА полягає у існуванні додаткових переваг порівняно з традиційними методами знімань, а саме, можливість: отримання надвисокого розрізнення (одиниці й десяті сантиметра) на місцевості; детального знімання невеликих об'єктів і малих ділянок там, де це цілком нерентабельно або технічно неможливо зробити іншими способами (наприклад, в умовах міської забудови).
Ключові слова: оцінка нерухомості; безпілотний літальний апарат; апріорна оцінка точності; дистанційне зондування землі; ринкова вартість нерухомості.

Вступ

Традиційно виготовлення ортофотоплану потребує наявності специфічного дорогого обладнання, приладів та відповідного програмного забезпечення. На сучасному етапі роботи із землеустрою здебільшого виконуються безсистемно і без надійного контролю, тому застосовування звичайних геодезичних методів та результатів опрацювання вимірювань не дає змоги отримати необхідну точність координат пунктів, межових знаків та знімальної основи. Все це призводить до проблем суміщення меж прилеглих ділянок внаслідок використання неякісної кадастрової інформації у базах даних, які формувалися на значному періоді часу регіональними центрами ДЗК [13, 5]. Таким чином, актуальним є питання застосовування альтернативних менш затратних методів моніторингу. На сучасному етапі найперспективнішим напрямом у галузі поєднання дистанційного зондування і геоінформаційних технологій стану землекористувань є застосування безпілотних літаючих апаратів (БПЛА). Адже, технології з застосуванням БПЛА дозволяють: отримати надвисоке розрізнення місцевості, знімати на порівняно низьких висотах, працювати в умовах щільної забудови та на нерентабельних для знімання об'єктах. Таким чином, технології із застосуванням БПЛА дають змогу вийти на новітній рівень виконання землевпорядних робіт.

Мета цієї наукової праці є дослідження впливу похибок положення межових знаків, отриманих за допомогою безпілотних літальних апаратів, на вартість нерухомості. Застосування БПЛА є ефективним інструментом виконання геодезичних робіт, геофізичних досліджень та проведення різних видів моніторингів, однак для оцінки нерухомості такі методи не застосовуються. Таким чином однією з цілей даної роботи є вивчення переваг та перспектив застосування БПЛА в оцінці нерухомого майна.

Основна частина. Формування аргументованого судження щодо вартості об'єкта оцінки потребує всебічних знань соціально-економічної ситуації у регіоні дослідження, стану ринку нерухомості, технічних характеристик об'єкту оцінки та особливостей його розміщення на території населеного пункту. Це зумовлює необхідність збору та аналізу різної ринкової, правової, технічної, фінансової та іншої інформації, з чого власне і розпочинається будь-яка оцінка вартості. Застосовувати БПЛА доцільно на етапі збору і аналізу вихідних даних, який реалізується у трьох напрямках, щоб заснувати уявлення про:

- чинники, що зумовлюють вартість нерухомості;
- показники, що формулюють оцінювану нерухомість;
- параметри конкурентності ринку нерухомості.

На основі вище наведеного повинні базуватися судження, розрахунки та висновки оцінювачів. У першу чергу, досліджують загальні дані, що мають ціноутворюючу природу. Вони стосуються соціальних, економічних, адміністративних і екологічних умов, що впливають на вартість. Основна мета дослідження загальних даних полягає у формуванні уявлення про етапи розвитку ринку нерухомості, кон'юнктуру, динаміку цін купівлі-продажу і оренди, порівняльної прибутковості різних об'єктів нерухомості.

Отже, технологічний процес виконання оцінки нерухомості із застосуванням БПЛА, на нашу думку, повинен включати наступні принципові положення:

- процес оцінки повинен охоплювати увесь комплекс робіт, який умовно можна розділити на декілька етапів, кожен з яких має вагомий зміст для того, щоб виконана оцінка відповідала канонам об'єктивності та незалежності;
- діяльність оцінювача повинна розпочинатися з первинного дослідження ситуації, для того щоб на початковій стадії отримати уявлення про мету оцінки, її функції, особливості об'єкта оцінки. І тому, на нашу думку, на цій стадії необхідно володіти інформацією, отриманою за допомогою БПЛА. І тільки

після цього формулюється остаточне завдання на виконання оцінки і укладається договір із замовником;

- власне оцінка розпочинається зі збору та аналізу даних, що дає змогу сформувати переконання щодо ринкової вартості об'єкта оцінки та ціноутворюючих чинників. При цьому досліджується: ринкова ситуація, де представлено об'єкт оцінки; характеристики об'єктів-аналогів і об'єкта оцінки; співвідношення попиту та пропозиції на подібні об'єкти;
- за підсумками виконаної оцінки складається звіт – результуючий документ, що слугує важливим доводом на користь достовірності отриманого результату;
- зібрані за допомогою БПЛА та проаналізовані оцінювачем дані слугують основою для встановлення КНЕВ об'єкту оцінки та обґрунтування вибору адекватного методичного підходу до здійснення вартісної оцінки [19, 6].

На початок робіт потрібно виконати рекогностування території, тобто здійснити роботи для знаходження об'єктів на місцевості, які були б найоптимальнішими для запуску БПЛА, і створення ПВП, що відповідають до вимог виготовлення великомасштабних топографічних планів, а саме:

- будівлі (нумерація, матеріал, кількість поверхів та призначення);
- вулиці (назва, покриття, ширина);
- лінії електропередачи (ЛЕП);
- гідрографія (глибина, напрям, швидкість течії);
- рослинність (ліс, луки, рідколісся, чагарники, сінокоси тощо).

Згідно з [3, 4, 8, 11] для виготовлення ортофотоплану за допомогою БПЛА необхідно:

- персональний комп'ютер та відповідне програмне забезпечення;
- безпілотний літальний апарат (в даному дослідженні застосовано БПЛА Trimble UX5);
- опрацьовані методи GPS-знімання для планово-висотної прив'язки цифрового зображення;
- територія для дослідження.

Використання БПЛА дозволяє швидко здійснити цифрове знімання спроектованої території та одержати об'єктивні відомості про фізичну наявність будівель у населеному пункті, оскільки зображення залишається істинним документом, завдяки якому завжди можна переконатися у положенні та конфігурації меж ділянок [12, 14].

Однак, такі переваги БПЛА над наземними традиційними методами кадастрових знімань зобов'язують здійснювати дослідження площ об'єктів нерухомості або координат межових знаків. Використання БПЛА дає змогу прискорити хід оцінки об'єкта нерухомого майна та убезпечує відкритість процесу вибору об'єктів-аналогів, а також дозволяє одержувати іншу, потрібну для оцінки нерухомості, інформацію.

Для визначення СКП координат точок на місцевості із використанням БПЛА та з метою оцінки подальшого впливу цих похибок на вартість об'єктів нерухомості, оскільки опрацювання зображень буде виконуватися при застосуванні оберненої фотограмметричної засічки, доцільно застосувати наступний алгоритм [10, 15, 18]:

$$\begin{cases} X = B \cdot \dfrac{x_{л_t}}{p}; \\ Y = B \cdot \dfrac{y_{л_t}}{p}; \\ Z = -B \cdot \dfrac{f}{p_t}. \end{cases} \quad (1)$$

де:

B - базис, м;

$x_{л_t}$ - половина горизонтальної складової пристрою із зарядовим зв'язком (ПЗЗ) – матриці ЦНЗК, мм;

$y_{л_t}$ - половина вертикальної складової ПЗЗ-матриці ЦНЗК, мм;

p_t - паралакс, мм.

Паралакс розраховують за формулою:

$$p_t = B \cdot \frac{f}{H}, \tag{2}$$

де:
f - фокусна віддаль, мм;
H - висота фотографування, м.

Базис розраховується за формулами:

$$B = \frac{(100\% - P_X) \cdot b_X}{100\%} \cdot m, \tag{3}$$

де:
P_X - відсоток поздовжнього перекриття зображення, %;
b_X - базис на стереопарі, мм;
m - знаменник масштабу цифрового зображення.

Або:

$$B = \frac{X \cdot p_t}{x_{л_e}} = \frac{Y \cdot p_t}{y_{л_e}} = -\frac{Z \cdot p_t}{f}. \tag{4}$$

Знаменник масштабу цифрового зображення визначається за формулою:

$$m = \frac{H}{f}. \tag{5}$$

Оскільки кути нахилу цифрового зображення не перевищують 3-5^0, при відповідній стабілізації БПЛА, застосуємо спрощені формули трансформування:

$$\begin{aligned} x_{л_t} &= x + \left(f + x^2/f\right) \cdot \alpha + \left(x \cdot y/f\right) \cdot \omega - \\ &- y \cdot \chi + x \cdot \left(1 + x^2/f\right) \cdot \alpha^2 + \\ &+ x \cdot \left(1/2 + y^2/f^2\right) \cdot \omega^2 - (1/2) \cdot x \cdot \chi^2 + \\ &+ \left(2 \cdot x^2/f^2\right) \cdot \alpha \cdot \omega - \left(2 \cdot x \cdot y/f\right) \cdot \alpha \cdot \chi + \\ &+ \left(x^2 - y^2/f\right) \cdot \omega \cdot \chi. \\ y_{л_t} &= y + \left(x \cdot y/f\right) \cdot \alpha + \left(f + y^2/f\right) \cdot \omega + \\ &+ x \cdot \chi + y \cdot \left(1/2 + x^2/f^2\right) \cdot \alpha^2 + \\ &+ y \cdot \left(1 + y^2/f^2\right) \cdot \omega^2 - (1/2) \cdot y \cdot \chi^2 + \\ &+ x \cdot \left(1 + 2 \cdot y^2/f^2\right) \cdot \alpha \cdot \omega + \\ &+ \left(x^2 - y^2/f\right) \cdot \alpha \cdot \chi + \left(2 \cdot x \cdot y/f\right) \cdot \omega \cdot \chi. \end{aligned} \tag{6}$$

Можна записати:

$$\begin{cases} dx_{л_t} = dx + \left(f + \frac{x_{л_t}^2}{f} \right) \cdot d\alpha + \frac{x \cdot y}{f} \cdot d\omega - y \cdot d\chi \\ dy_{л_t} = dy + \frac{x \cdot y}{f} \cdot d\alpha + \left(f + \frac{y_{л_t}^2}{f} \right) \cdot d\omega + x \cdot d\chi \end{cases} \quad (7)$$

Аналогічно знайдемо dp прийнявши, що $\Delta H = B \cdot \nu = \frac{H}{f} \cdot b \cdot \nu$ і враховуючи вплив лише похибок елементів взаємного орієнтування, отримаємо:

$$\begin{cases} dX = m \cdot x_{л_t} \left(\begin{array}{l} \frac{dB}{B} + \frac{dx_{л_t}}{x_{л_t}} - \frac{dp_t}{p_t} + \frac{f^2 + x_{л_t}^2}{x_{л_t} \cdot f} d\alpha + \\ + \frac{y_{л_t}}{f} d\omega - \frac{y_{л_t}}{x_{л_t}} d\chi + \frac{f}{p_t} d\Delta\alpha - \\ - \frac{b}{f} d\nu + \frac{x_{л_t}^2}{f \cdot p_t} d\Delta\alpha + \\ + \frac{x_{л_t} y_{л_t}}{f \cdot p_t} d\Delta\omega + \frac{y_{л_t}}{p_t} d\Delta\chi + \frac{x_{л_t}}{f} d\nu \end{array} \right); \\ dY = m \cdot y_{л_t} \left(\begin{array}{l} \frac{dB}{B} + \frac{dy_{л_t}}{y_{л_t}} - \frac{dp_t}{p_t} + \frac{x_{л_t}}{f} d\alpha + \\ + \frac{f^2 + y_{л_t}^2}{y_{л_t} \cdot f} d\omega + \frac{x_{л_t}}{y_{л_t}} d\chi + \frac{f}{p_t} d\Delta\alpha - \\ - \frac{b}{f} d\nu + \frac{x_{л_t}^2}{f \cdot p_t} d\Delta\alpha + \\ + \frac{x_{л_t} y_{л_t}}{f \cdot p_t} d\Delta\omega + \frac{y_{л_t}}{p_t} d\Delta\chi + \frac{x_{л_t}}{f} d\nu \end{array} \right) \\ dZ = m \cdot f \left(\begin{array}{l} \frac{dB}{B} + \frac{df}{f} - \frac{dp_t}{p_t} + \frac{f}{p_t} d\alpha - \frac{b}{f} d\nu + \\ + \frac{x_л^2}{f \cdot p_t} d\Delta\alpha + \frac{x_{л_t} y_{л_t}}{f \cdot p_t} d\Delta\omega + \\ + \frac{y_{л_t}}{p_t} d\Delta\chi + \frac{x_{л_t}}{f} d\nu \end{array} \right) \end{cases} \quad (8)$$

Із (8) випливає, що похибки визначення координат точок місцевості залежать від похибок побудови та вимірювання знімків, похибок їх орієнтування, а також від положення зображення цих точок на знімках. Після зовнішнього орієнтування за опорними точками частина похибок буде виключена і отримаємо [10]:

$$\begin{cases} dX = m \cdot x_{л_t} \cdot \left(\begin{array}{l} \frac{dx_{л_t}}{x_{л_t}} - \frac{dp_t}{p_t} + \frac{x_{л_t}^2}{f \cdot p_t} d\Delta\alpha + \\ \frac{x_{л_t} y_{л_t}}{f \cdot p_t} d\Delta\omega + \frac{y_{л_t}}{p_t} d\Delta\chi + \\ + \frac{x_{л_t}}{f} d\nu \end{array} \right); \\ dY = m \cdot y_{л_t} \cdot \left(\begin{array}{l} \frac{dy_{л_t}}{y_{л_t}} - \frac{dp_t}{p_t} + \frac{x_{л_t}^2}{f \cdot p_t} d\Delta\alpha + \\ \frac{x_{л_t} y_{л_t}}{f \cdot p_t} d\Delta\omega + \frac{y_{л_t}}{p_t} d\Delta\chi + \\ + \frac{x_{л_t}}{f} d\nu \end{array} \right); \\ dZ = m \cdot f \cdot \left(\begin{array}{l} - \frac{dp_t}{p_t} + \frac{x_{л_t}^2}{f \cdot p_t} d\Delta\alpha + \\ \frac{x_{л_t} y_{л_y}}{f \cdot p_y} d\Delta\omega + \frac{y_{л_y}}{p_y} d\Delta\chi + \\ + \frac{x_{л_y}}{f} d\nu \end{array} \right) \end{cases} \quad (9)$$

Будемо вважати, що ці похибки випадкові і незалежні (у нашому випадку їх залежність суттєво не впливає на кінцеві значення), знайдемо СКП планових координат m_X, m_Y, оскільки кадастрові плани не потребують висотної компоненти, можна записати:

$$\begin{cases} m_X = m \cdot x_{л_t} \cdot \sqrt{\begin{array}{l} \left(\frac{m_{x_л}}{x_{л_t}} \right)^2 + \left(\frac{m_{y_л}}{B \cdot f / H} \right)^2 + \\ + \left(\frac{x_{л_t}^2}{f \cdot (B \cdot f / H)} \cdot m_{\Delta\alpha} \right)^2 + \\ + \left(\frac{x_{л_t} \cdot y_{л_t}}{f \cdot (B \cdot f / H)} \cdot m_{\Delta\omega} \right)^2 + \\ + \left(\frac{y_{л_t}}{B \cdot f / H} \cdot m_{\Delta\chi} \right)^2 + \left(\frac{x_{л_t}}{f} \cdot m_\nu \right)^2 \end{array}} \\ m_Y = m \cdot y_{л_t} \cdot \sqrt{\begin{array}{l} \left(\frac{m_{y_л}}{y_{л_t}} \right)^2 + \left(\frac{m_{y_л}}{B \cdot f / H} \right)^2 + \\ + \left(\frac{x_{л_t}^2}{f \cdot (B \cdot f / H)} \cdot m_{\Delta\alpha} \right)^2 + \\ + \left(\frac{x_{л_t} \cdot y_{л_t}}{f \cdot (B \cdot f / H)} \cdot m_{\Delta\omega} \right)^2 + \\ + \left(\frac{y_{л_t}}{B \cdot f / H} \cdot m_{\Delta\chi} \right)^2 + \left(\frac{x_{л_t}}{f} \cdot m_\nu \right)^2 \end{array}} \end{cases} \quad (10)$$

Двовимірна середня квадратична похибка положення точки (пункту) m_t розраховується за формулою:

$$m_t^2 = m_X^2 + m_Y^2, \quad (11)$$

де:

m_X, m_Y - СКП розташування межового пункту за осями планових координат X, Y.

Розрахуємо значення СКП планових координат меж об'єктів нерухомості із використанням БПЛА Trimble UX5 [16] та приймемо такі вихідні значення (табл.1).

Таблиця 1 – Вихідні дані для виконання розрахунків

Table 1 – Input data for calculations

Елементи формул	Значення
Розмір ПЗЗ матриці (камера SONY NEX 5R), мм	15 х 22
Абсциса кадрової рамки ПЗЗ матриці ЦНЗК $x_л$, мм	7,5
Ордината кадрової рамки ПЗЗ матриці ЦНЗК $y_л$, мм	11
Фокусна віддаль камери f, мм	15
СКП вимірювання координат точок цифрового зображення, мм	0,003
Висота знімання місцевості, м	50 ÷ 200
Відсоток поздовжнього перекриття знімка P_X, %	80
Базис знімка b_X, мм	3
Допустима СКП визначення кутових елементів зовнішнього орієнтування (після проведення зовнішнього орієнтування зображення)	3″
СКП базису m_B, мм	5

Результати розрахунків за отриманими формулами (10), (11) представлено у таблиці 2.

Таблиця 2 – Апріорне значення СКП планових координат точок

Table 2 – A priori value of the SCP of the plan coordinates of the points

Висота знімання, м	В, м	1 : m	1 : M	m_X, м	m_Y, м	m_t, м
50	20	1 : 3 300	1 : 500	0,032	0,054	0,063
75	30	1 : 5 000	1 : 500	0,055	0,079	0,096
100	40	1 : 6 670	1 : 500 1 : 1000	0,068	0,095	0,117
150	60	1 :10 000	1 : 1000	0,082	0,117	0,143
200	80	1 :13 333	1 : 1000	0,100	0,148	0,179

Як видно із виконаних розрахунків (табл. 2) на СКП m_X, m_Y і як результат на похибку положення пункту m_t значний вплив має похибка визначення базису та характеристики цифрової камери. Ці значення відповідають точності складання топографічних планів у масштабах 1:500 (висота знімання до 100м) та 1:1000 (висота знімання від 100м до 200м).

На рис. 1 представлено вплив висоти знімання місцевості БПЛА на точність меж об'єкта нерухомості.

Як видно із рис. 1 похибка положення меж поступово зростає із збільшенням висоти знімання H (при не змінних вихідних даних табл. 1). Отримані похибки, на сьогодні, задовольняють вимоги до знімання з метою оцінки територій середніх та малих населених пунктів (з хутірською забудовою), вартість об'єктів нерухомості в яких невелика і ці похибки дозволять отримати наближену до ринкової вартість нерухомості.

Використовуючи отриману нами у [7] формулу:

$$m_Ц = \sqrt{Ц_0^2 \cdot m_t^2 \cdot P + P^2 \cdot \frac{Ц_0^2}{16 \cdot 10^4}} = \\ = Ц_0 \cdot \sqrt{P \cdot \left(m_t^2 + \frac{P}{16 \cdot 10^4} \right)}, \quad (12)$$

де:

$Ц_0$ - вартість 1м^2 об'єкта нерухомості, грн.;

P - площа об'єкта нерухомості земельної ділянки, м^2;

m_t - двовимірна середня квадратична похибка положення точки (пункту) .

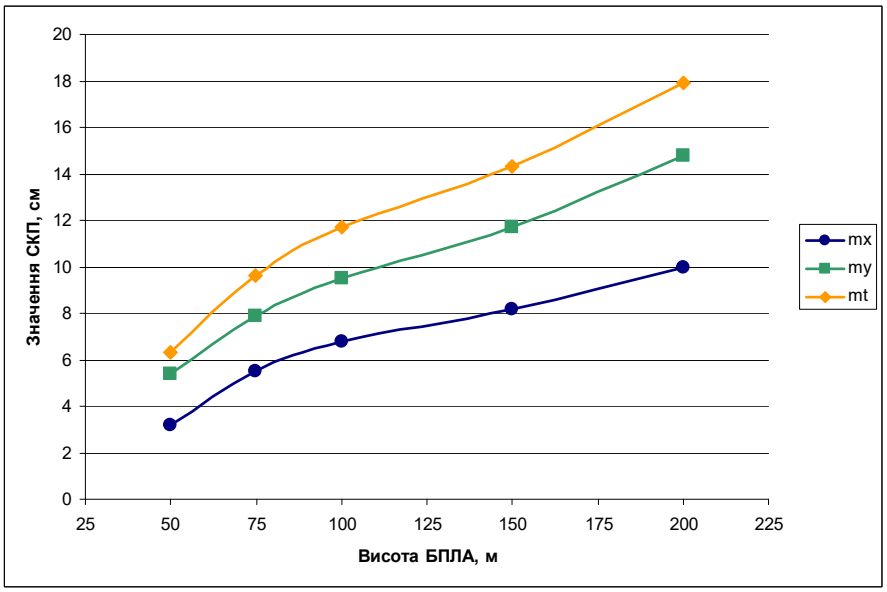


Рисунок 1 – Вплив висоти знімання місцевості БПЛА на СКП положення меж об'єкта нерухомості
Figure 1 – The influence of the height of the UAV terrain survey on the SCP of the position of the boundaries of the real estate object

Отже, здійснимо розрахунок впливу СКП положення пункту m_t отриманої із використання БПЛА на величину СКП у визначенні вартості об'єкта нерухомості і результати розрахунків представимо у табл. 3. Для розрахунків приймемо, що $Ц_0$ становитиме 20 гривень і її конфігурація наближена до квадрату.

Таблиця 3 – Розрахунок похибки у визначенні вартості об'єкта нерухомості із використанням БПЛА
Table 3 – Calculation of the error in determining the value of a real estate object using UAVs

Елементи формул	Площа ділянки P, га					
	0,5	1	2	5	10	20
1	2	3	4	5	6	7
Висота знімання $H = 50$ м						
$Ц$, грн.	**100 000**	**200 000**	**400 000**	**1000 000**	**2000 000**	**4000 000**
$Ц_0$, грн.	**20**	**20**	**20**	**20**	**20**	**20**
m_t, м	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063	0,063
m_p, м^2	4,45	6,30	8,91	14,09	19,92	28,17
$1/T = m_p/P$	1:1124	1:1587	1:2245	1:3549	1:5020	1:7100
$m_Ц$, грн.	265	516	1016	2516	5016	10016
Висота знімання $H = 75$ м						
m_t, м	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096	0,096
m_p, м^2	6,79	9,60	13,58	21,47	30,36	42,93
$1/T = m_p/P$	1:736	1:1042	1:1473	1:2329	1:3294	1:4659
$m_Ц$, грн.	284	536	1036	2536	5037	10037

Продовження таблиці 3
Continuation of table 3

1	2	3	4	5	6	7
Висота знімання H = *100 м*						
m_t, м	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117	0,117
m_p, м^2	8,27	11,7	16,55	26,16	37,00	52,32
$1/T = m_p/P$	1:604	1:854	1:1209	1:1911	1:2703	1:3822
$m_Ц$, грн.	300	552	1053	2554	5054	10055
Висота знімання H = *150 м*						
m_t, м	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143	0,143
m_p, м^2	10,11	14,3	20,22	31,98	45,22	63,95
$1/T = m_p/P$	1:494	1:700	1:989	1:1564	1:2211	1:3127
$m_Ц$, грн.	322	576	1079	2580	5081	10081
Висота знімання H = *200 м*						
m_t, м	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179	0,179
m_p, м^2	12,66	17,90	25,31	40,02	56,60	80,05
$1/T = m_p/P$	1:395	1:559	1:790	1:1249	1:1767	1:2498
$m_Ц$, грн.	356	615	1121	2625	5126	10127

Як видно із табл. 3 отримані відносні похибки визначення площ (затемнені частини таблиці) повністю задовольняють [9] (1/T*доп* = 1/1000) і для таких об'єктів доцільно використовувати БПЛА з метою їх оцінки.

На рис. 2 представлено вплив висоти знімання із використанням БПЛА на точність визначення площі об'єкта нерухомості (від 0,5 до 20 га).

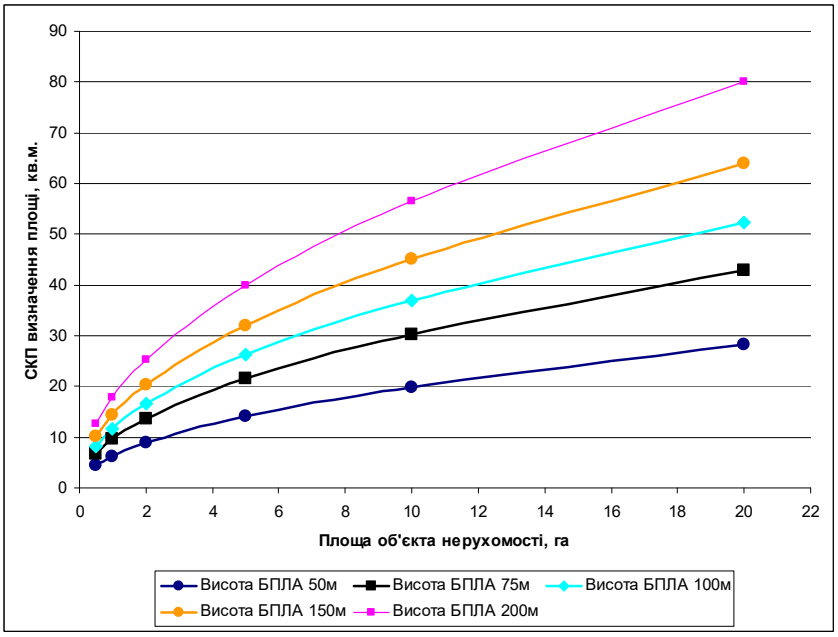


Рисунок 2 – Вплив висоти знімання місцевості із використанням БПЛА на СКП визначення площі об'єкта нерухомості

Figure 2 – The influence of the height of terrain survey using a UAV on the SCP of determining the area of a real estate object

Отримані похибки у вартості, в основному, становить менше 0,3% від вартості об'єкта нерухомості, що говорить про доцільність застосування БПЛА для оцінки вартості об'єктів

нерухомості. На рис. 3 представлено залежність СКП у вартості цілого об'єкта нерухомості від розміру його площі та висоти БПЛА.

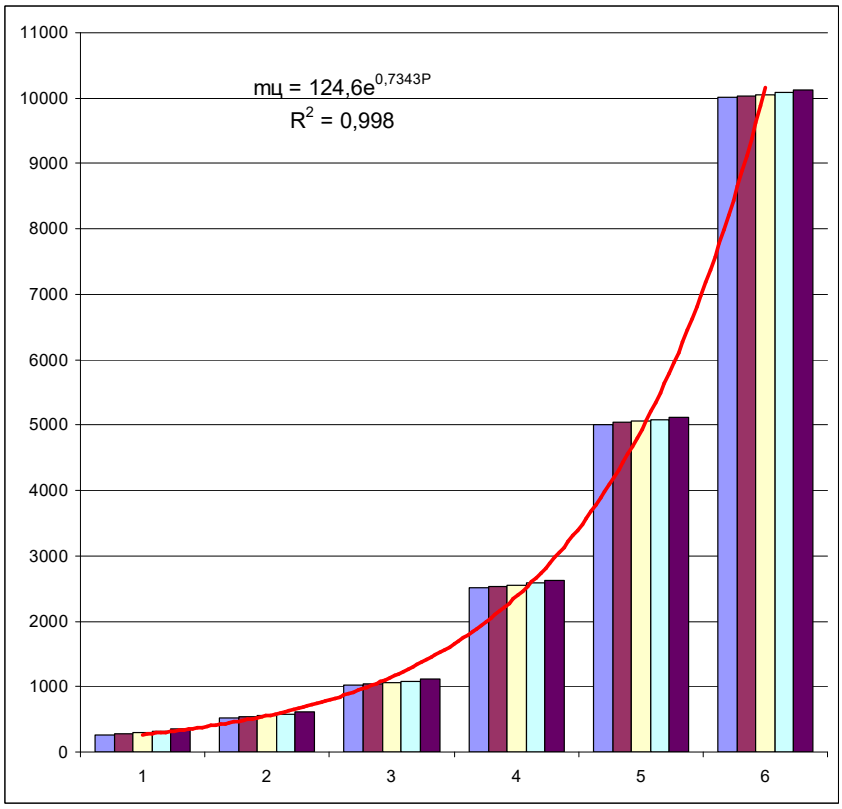


Рисунок 3 – Залежність СКП у вартості цілого об'єкта нерухомості від розміру його площі та висоти БПЛА

Figure 3 – Dependence of the SCP in the value of the entire real estate object on the size of its area and the height of the UAV

Із зменшенням висоти знімання БПЛА необхідно збільшувати точність прив'язування знімків на місцевості і зменшувати розрізнення знімків. Як наслідок, збільшення кількості знімків веде до збільшення часу опрацювання і тому завжди слід шукати компроміс між точністю і швидкістю опрацювання даних.

Апріорна оцінка точності за показником Kella

Точність цифрових знімків розраховують за наближеною формулою [17]:

$$R_{terr} = \Delta \cdot m\,, \tag{13}$$

де:

R_{terr} - середня квадратична похибка положення пункту, см;

Δ - лінійний розмір піксела, мкм (для цифрової камери SONY NEX 5R – $\Delta = 5\,мкм$);

m - знаменник масштабу знімання $m = f/H$ (табл. 2).

Розрахунки за формулою (13) не дають достовірних результатів. Для того, щоб отримати результати відтворення об'єктів на зображенні з дискретних приймачів, в літературі запропоновано обмежити слугу пропускання просторових частот частотою Найквіста, яку визначають з виразу:

$$N_H = \frac{1}{2 \cdot \Delta}, \tag{14}$$

де:

N_H - просторова частота, яка у фокальній площині відповідає частоті Найквіста, мм$^{-1}$.

Щоб визначити розрізнення на місцевості R_{terr} стосовно компактних контрастних об'єктів, використовують вираз:

$$R_{terr\,min} = R'_{terr} \cdot m = 2 \cdot \Delta \cdot m, \tag{15}$$

де:

$R'_{terr} \cong 2 \cdot \Delta$, R'_{terr} - величина, обернена до частоти Найквіста у фокальній площині системи.

Ці вирази дають значення розрізнювальної здатності без урахування чинників польоту. З їх урахуванням в [17] запропоновано вираз для знімання цифровою камерою за допомогою БПЛА:

$$2 \cdot R_{terr} \le m_t \le 2 \cdot \sqrt{2} \cdot R_{terr}. \quad (16)$$

Результати розрахунків подано у табл. 4.

Таблиця 4 – Оцінка точності цифрових знімків за показником Kella
Table 4 – Evaluation of the accuracy of digital images according to the Kella indicator

Висота (H) знімання із БПЛА, м	Фокусна віддаль цифрової камери, мм	1 : m	Δ, мкм	R_{terr}, см	$2 \cdot R_{terr} \div 2 \cdot \sqrt{2} \cdot R_{terr}$, см
50	15	1 : 3 300	5	1,65	3,3 ÷ 4,7
75	15	1 : 5 000	5	2,50	5,0 ÷ 7,1
100	15	1 : 6 670	5	3,34	6,7 ÷ 9,4
150	15	1 :10 000	5	5,00	10,0 ÷ 14,1
200	15	1 :13 333	5	6,67	13,3 ÷ 18,8

Отже, отримані результати досліджень за показником Kella (табл. 4) разом із отриманими результатами досліджень (табл. 2) доводять, що з метою отримання середньої квадратичної похибки $m_t \le 10см$ (для міст) БПЛА доцільно використовувати на висотах до 100 метрів, а для сіл і селищ ($m_t \le 20см$) – на висотах до 200м.

Наукова новизна і практична значущість

Доведено, що точність визначення координат меж об'єктів нерухомості потрібно суттєво збільшувати шляхом застосування новітніх методів та технологій, адже якщо у великих населених пунктах вартість нерухомості суттєва, тоді похибки у визначенні координат об'єктів нерухомості призведуть до значних похибок і у їх вартості, що технічно, економічно та юридично неприпустимо. Саме безпілотні літальні апарати можуть слугувати інструментом до вирішення цієї складної задачі, оскільки, їх можна застосовувати на висотах до 200м і поступово підвищувати точність фотографування місцевості. Одержані у результаті виконаних досліджень середні квадратичні похибки у вартості 1м^2 об'єкту нерухомості складають величини менші порядку 0,3% від його загальної вартості, що доводить важливість застосування БПЛА для оціночних робіт. Практична значущість застосування БПЛА полягає в існуванні додаткових переваг порівняно з традиційними методами знімань, а саме можливість: отримання надвисокого розрізнення на місцевості; детального знімання невеликих об'єктів де це нерентабельно або технічно неможливо тощо.

Висновки

Застосування БПЛА дозволить оперативно та із застосуванням мінімальних, як людських, так і фінансових ресурсів, виконати визначення площ об'єктів нерухомості з метою її оцінки, складання кадастрових планів та ортофотопланів різного масштабного ряду для виконання завдань кадастру та моніторингових досліджень, зокрема, наприклад, сільських населених пунктів з хутірською забудовою, об'єктів нерухомості сільськогосподарських і водогосподарських підприємств у межах селища, садівничого товариства, дачного селища тощо.

Для великих населених пунктів точність визначення координат необхідно значно збільшити, адже вартість нерухомості у цих населених пунктах досить велика і відповідно похибки у визначенні координат об'єктів нерухомості призводять до похибок у вартості об'єктів нерухомості населеного пункту, що юридично недопустимо і тому для дуже великих міст доцільно створювати знімання на невеликих висотах і поступово підвищувати точність фотографування місцевості.

Доведена важливість застосування БПЛА для оцінки вартості об'єктів нерухомості, оскільки одержані у результаті виконаних обчислень середні квадратичні похибки у вартості 1м^2 об'єкту нерухомості складають величини менші порядку 0,3% від його загальної вартості.

Перспективи застосовування БПЛА дозволяють створити цифрові моделі різноманітних поверхонь, виконувати 3D-моделювання, створювати топографічні плани, оцінювати об'єкти нерухомості, збирати дані для інвентаризації земель та ухвалювати різноманітні проектні завдання.

Перелік посилань

1. Analiz eksperymentalnykh robit z stvorennia velykomasshtabnykh planiv silskykh naselenykh punktiv pry zastosuvanni BPLA / Haletskyi V., Hlotov V., Kolesnichenko V. [ta inshi] // Heodeziia, kartohrafiia i aerofotoznimannia. - 2012. - № 76. - S.85-93.

2. Analiz i perspektyvy aeroznimannia z bezpilotnoho litalnoho aparatu / Hlotov V., Tserklevych A.L., Zbrutskyi O. [ta in.] // Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva. – 2014. - №I(27). – S.131-136.

3. Burshtynska Kh.V. Aerokosmichni znimalni systemy: pidruchnyk / Kh.V. Burshtynska, S.A. Stankevych. – Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky. 2013. – 316s.

4. Hlotov V. Analiz mozhlyvostei zastosuvannia bezpilotnykh litalnykh aparativ dlia aeroznimalnykh protsesiv /Hlotov V., Hunina A. //Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva. – 2014. - №II(28). – S.65-70.

5. Hlotov V.M. Doslidzhennia tekhnolohii skladannia frontalnykh planiv arkhitekturnykh sporud nazemnym tsyfrovym znimanniam i lazernym skanuvanniam /Hlotov V.M., Smolii K.B.// Heodeziia, kartohrafiia ta aerofotoznimannia.– 2008. - №70. – S. 46-50.

6. Hubar Yu. Analiz dotsilnosti zastosuvannia bezpilotnykh litalnykh aparativ dlia masovoi otsinky nerukhomosti naselenykh punktiv / Hubar Yu. // Materialy II Vseukrainskoi naukovoi konferentsii «Heodeziia, zemleustrii, heoinformatyka v Pivdennomu rehioni: suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku». – Odesa. – 2017. – S.131-135.

7. Hubar Yu. Vyznachennia neobkhidnoi tochnosti koordynat mezhovykh znakiv dlia otsinky zemel naselenykh punktiv / Hubar Yu.// Heodeziia, kartohrafiia ta aerofotoznimannia. Mizhvidomchyi nauk.-tekhn. zb. – 2011. – № 74 –S.132–135.

8. Dorozhynskyi O. Pro deiaki vymohy kadastrovykh robit do aerokosmichnoho znimannia / O. Dorozhynskyi, S. Pochkin // Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva. – 2009. – Vyp. 1 (17). – S.209–216.

9. Zakon Ukrainy «Pro topohrafo-heodezychnu i kartohrafichnu diialnist» / Verkhovna Rada Ukrainy. – Ofits. vyd. // Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy. – 1999. –№5. – 46s.

10. Lobanov A.N. Fotohrametryia / Lobanov A.N.: Moskva: Nedra, 1984. – 552s.

11. Matiichyk M.P. Tendentsii zastosuvannia bezpilotnykh povitrianykh suden v tsyvilnii aviatsii / Matiichyk M.P., Kachalo I.A // Materialy XI mizhnarodnoi nauk.-tekhn. konfer. "AVIA 2013". - 2013. - 97s.

12. Stankevych S.A. Zastosuvannia suchasnykh tekhnolohii aerokosmichnoho znimannia v ahrarnii sferi / Stankevych S.A., Vasko A.V. // Naukovi aspekty heodezii, zemleustroiu ta informatsiinykh tekhnolohii: materialy nauk.-prakt. konfer. - 2011. - S.44-50.

13. Chen J. Application ol UAV system tor low altitude photogrammetry in Shanxi / Chen J., Zongjian L., Xiaojing W., Yongrong L. // The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. - XXII ISPRS Congress. Melbourne. -2012. -P. 351-354.

14. Droeschel D. Omnidirectional perception for lightweight UAVs using acontinuously rotating 3D laser scanner / Droeschel D., Schreiber M., Behnke S. // The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. UAV-g2013. Rostock. - 2013. - P. 107-112.

15. Gini R. Aerial images from an UAV system: 3D modeling and tree species classification in a park area Gini R., D. Passoni D., Pinto L., Sona G. // The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. - XXII ISPRS Congress. Melbourne. - 2012. - P. 361-366.

16. Grenzdorffer G. Development of four vision camera system for a Micro-UAV / Grenzdorffer G., Niemeyer F., Schmidt F. // The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. - XXII ISPRS Congress-Melbourne. - 2012. - P. 369-374.

17. Kurczynsky Zdislaw. Lotnicze i satelitarne obrazowanie Ziemi / Kurczynsky Zdislaw // Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiey. – Warszawa. 2006. – 582 p.

18. Makelainen A. 2D-hyperspectral frame imager camera data in photogrammetric mosaicking / Makelainen A., Saari H., Hippi I., Sarkeala J., Soukkamaki J.// The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. UAV-g2013. Rostock. - 2013. - P. 263-267.

19. Hubar Yu. The use of unmanned aerial vehicles for estimating market real-estate value / Hubar Yu. // Geodesy, cartography and aerial photography. №84. – 2016. – P.76-89.

THE INFLUENCE ON THE VALUE OF LAND PLOTS OF BORDER POSITION ERRORS OBTAINED WITH THE USE OF UAVS

Hubar Yurii P., Doctor of Technical Science, Professor, The Department of Cadastre of Territory of Lviv Polytechnic National University 12 Bandera Str., Lviv, Ukraine, 79013 Tel. +38 (032) 2582631, e-mail Yurii.P.Hubar@lpnu.ua, https://orcid.org/0000-0003-2538-0727

Kharchenko Anna N., Doctor of Technical Science, Associate Professor, National Transport University, Professor of Transport Construction and Property Management Department, e-mail: anna-x3@ukr.net, tel. +380442807909, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovich Pavlenko str. 1, of. 323, http://orcid.org/0000-0001-8166-6389.

Abstract. The study of the effect of errors in the position of landmarks obtained using unmanned aerial vehicles, on the value of real estate. Aerospace for several decades is an effective tool for conducting geodetic works, geophysical studies and conducting various types of monitoring, but such methods are not used to assess the real estate. Modern technologies for the creation of topographical and cadastral plans are based precisely on the use of digital aerosol materials. However, the cost of using airplanes and helicopters for local large-scale take-off is on an order of magnitude higher and therefore an alternative solution is the use of UAVs. **Methodology.** Unmanned aerial vehicles (UAVs) are most often used as a cheap alternative to conventional airplanes from airplanes, helicopters, telescopes and satellite (satellite) takeoffs. In addition to significant cost-effectiveness (cheaper by ten times), UAVs have additional privileges, namely: low altitude, point-and-shoot, mobility, environmental cleanliness of flights. Land management works are mostly carried out unsystematically and without reliable control, and therefore the application of usual geodetic methods and measurement results does not allow obtaining the required precision of the coordinates of the points, boundaries and the film basis. All this leads to the problems of combining the boundaries of adjoining areas due to the use of poor-quality cadastral information in databases that were formed over a significant period of time by the regional centers of the SLC. **Results.** The use of UAVs proves the importance of them to perform valuation works, which will increase the accuracy of the determination of the coordinates of the boundaries of real estate and significantly accelerate the evaluation procedure. It is established that for large settlements, the accuracy of the determination of the coordinates should be significantly increased, since the cost of real estate in these settlements is quite large and, accordingly, the errors in determining the coordinates of real estate objects lead to errors in the cost of real estate objects of the settlement, which is legally unacceptable and therefore For very large cities it is expedient to create shots at low altitudes and gradually increase the accuracy of photographing the terrain. **Scientific novelty and practical significance.** The importance of using UAVs for assessing the value of real estate objects has been proved, as the resulting calculations result in average square errors in the value of 1 sq. M of real estate, amounting to less than 0.3% of its total value. The practical significance of the use of UAVs lies in the existence of additional advantages over traditional shooting methods, namely the possibility of obtaining a super-distinction (one and ten centimeters) in the terrain; the detailed removal of small objects and small areas where it is completely unprofitable or technically impossible to do in other ways, for example, in urban development.

Keywords: real estate evaluation; unmanned aerial vehicle; apriori accuracy estimation; remote sensing of land; market value of real estate.

References

1. Analiz eksperymentalnykh robit z stvorennia velykomasshtabnykh planiv silskykh naselenykh punktiv pry zastosuvanni BPLA [Analysis of pilot works on the creation of large-scale plans of rural settlements in the use of UAVs] / Haletskyi V., Hlotov V., Kolesnichenko V. [ta inshi] // Heodeziia, kartohrafiia i aerofotoznimannia. - 2012. - № 76. - S.85-93. [in Ukrainian].

2. Analiz i perspektyvy aeroznimannia z bezpilotnoho litalnoho aparatu [Analysis and prospects of airspace from an unmanned aerial vehicle] / Hlotov V., Tserklevych A.L., Zbrutskyi O. [ta in.] // Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva. – 2014. - №I(27). – S.131-136. [in Ukrainian].

3. Burshtynska Kh.V. Aerokosmichni znimalni systemy [Aerospace shooting systems]: pidruchnyk / Kh.V. Burshtynska, S.A. Stankevych. – Lviv: Vydavnytstvo Lvivskoi politekhniky. 2013. – 316s. [in Ukrainian].

4. Hlotov V. Analiz mozhlyvostei zastosuvannia bezpilotnykh litalnykh aparativ dlia aeroznimalnykh protsesiv [Analysis of the possibilities of using unmanned aerial vehicles for aerosynamic processes] / Hlotov

V., Hunina A. //Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva. – 2014. - №II(28). – S.65-70. [in Ukrainian].

5. Hlotov V.M. Doslidzhennia tekhnolohii skladannia frontalnykh planiv arkhitekturnykh sporud nazemnym tsyfrovym znimanniam i lazernym skanuvanniam [Investigation of the technology of frontal plans for architectural constructions by ground digital scanning and laser scanning] /Hlotov V.M., Smolii K.B.// Heodeziia, kartohrafiia ta aerofotoznimannia.– 2008. - №70. – S. 46-50. [in Ukrainian].

6. Hubar Yu. Analiz dotsilnosti zastosuvannia bezpilotnykh litalnykh aparativ dlia masovoi otsinky nerukhomosti naselenykh punktiv [Analysis of expediency of the use of unmanned aerial vehicles for mass assessment of the real estate of settlements] / Hubar Yu. // Materialy II Vseukrainskoi naukovoi konferentsii «Heodeziia, zemleustrii, heoinformatyka v Pivdennomu rehioni: suchasnyi stan ta perspektyvy rozvytku». – Odesa. – 2017. – S.131-135. [in Ukrainian].

7. Hubar Yu. Vyznachennia neobkhidnoi tochnosti koordynat mezhovykh znakiv dlia otsinky zemel naselenykh punktiv [Determination of the required accuracy of the coordinates of boundary marks for the assessment of the land of settlements] / Hubar Yu.// Heodeziia, kartohrafiia ta aerofotoznimannia. Mizhvidomchyi nauk.-tekhn. zb. – 2011. – № 74 –S.132–135. [in Ukrainian].

8. Dorozhynskyi O. Pro deiaki vymohy kadastrovykh robit do aerokosmichnoho znimannia [About some requirements of cadastral work for aerospace removal] / O. Dorozhynskyi, S. Pochkin // Suchasni dosiahnennia heodezychnoi nauky ta vyrobnytstva. – 2009. – Vyp. 1 (17). – S.209–216. [in Ukrainian].

9. Zakon Ukrainy «Pro topohrafo-heodezychnu i kartohrafichnu diialnist» [Law of Ukraine "On topographic and geodetic and cartographic activity"] / Verkhovna Rada Ukrainy. – Ofits. vyd. // Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy. – 1999. –№5. – 46s. [in Ukrainian].

10. Kocheryhin L.Iu. Fotohrammetriia: navch. posib. dlia stud. ahrarnykh VNZ (koledzhiv i tekhnikumiv) za napriamom pidhotovky 19 «Arkhitektura ta budivnytstvo» spetsialnosti 193 «Heodeziia ta zemleustrii». Bila Tserkva, 2019. 496 s. [in Ukrainian].

11. Matiichyk M.P. Tendentsii zastosuvannia bezpilotnykh povitrianykh suden v tsyvilnii aviatsii [Tendencies of contingent detainee vessels in civil aviatsi] / Matiichyk M.P., Kachalo I.A // Materialy XI mizhnarodnoi nauk.-tekhn. konfer. "AVIA 2013". - 2013. - 97s. [in Ukrainian].

12. Stankevych S.A. Zastosuvannia suchasnykh tekhnolohii aerokosmichnoho znimannia v ahrarnii sferi [Zastosuvannya of the modern technologies of aerokosmnychny zn_mannya in agrarian spheres] / Stankevych S.A., Vasko A.V. // Naukovi aspekty heodezii, zemleustroiu ta informatsiinykh tekhnolohii: materialy nauk.-prakt. konfer. - 2011. - S.44-50. [in Ukrainian].

13. Chen J. Application ol UAV system tor low altitude photogrammetry in Shanxi / Chen J., Zongjian L., Xiaojing W., Yongrong L. // The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. - XXII ISPRS Congress. Melbourne. -2012. -P. 351-354. [in English].

14. Droeschel D. Omnidirectional perception for lightweight UAVs using acontinuously rotating 3D laser scanner / Droeschel D., Schreiber M., Behnke S. // The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. UAV-g2013. Rostock. - 2013. - P. 107-112. [in English].

15. Gini R. Aerial images from an UAV system: 3D modeling and tree species classification in a park area Gini R., D. Passoni D., Pinto L., Sona G. // The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. - XXII ISPRS Congress. Melbourne. - 2012. - P. 361-366. [in English].

16. Grenzdorffer G. Development of four vision camera system for a Micro-UAV / Grenzdorffer G., Niemeyer F., Schmidt F. // The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. - XXII ISPRS Congress-Melbourne. - 2012. - P. 369-374. [in English].

17. Kurczynsky Zdislaw. Lotnicze i satelitarne obrazowanie Ziemi / Kurczynsky Zdislaw // Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiey. – Warszawa. 2006. – 582 p. [in Polish].

18. Makelainen A. 2D-hyperspectral frame imager camera data in photogrammetric mosaicking / Makelainen A., Saari H., Hippi I., Sarkeala J., Soukkamaki J.// The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences. UAV-g2013. Rostock. - 2013. - P. 263-267. [in English].

19. Hubar Yu. The use of unmanned aerial vehicles for estimating market real-estate value / Hubar Yu. // Geodesy, cartography and aerial photography. №84. – 2016. – P.76-89. [in English].

УДК 332.3:625.711.1 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-137-144**
UDC 332.3:625.711.1

ОСОБЛИВОСТІ СКЛАДУ ТА ОСНОВНИХ ОЗНАК ЗЕМЕЛЬ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ ТА ДОРОЖНЬОГО ГОСПОДАРСТВА

VULNERABILITIES OF THE COMPOSITION AND MAIN CHARACTERISTICS OF LANDS OF MOTOR TRANSPORT AND ROAD ECONOM



Довгополюк Людмила Олексіївна, *Національний транспортний університет, доцент кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, e-mail _katze_@ukr.net, тел. +38097225-18-07,*

https://orcid.org/0000-0002-3401-8466



Ігнатов Сергій Леонідович*, кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, Національний транспортний університет, кафедра проектування доріг, геодезії та землеустрою, доцент, ignatovsl@ukr.net, +3809685149826,*

https://orcid.org/0000-0002-6403-0722



Омельчук Сібілла Костянтинівна, *Національний транспортний університет, доцент кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, e-mail sib-a@ukr.net , тел. +38097440-38-27,*

https://orcid.org/0000-0003-2191-1551



Соловйова Наталія Петрівна*, Національний транспортний університет, старший викладач кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, e-mail solovjovan@ukr.net, тел. +38067347-43-77*

https://orcid.org/0000-0002-5581-4373

Анотація. В теорії земельного права, землі промисловості, транспорту, зв'язку, оборони та іншого призначення, мають об'єднуючу, спільну для усіх назву – це так звані землі несільськогосподарського призначення. Існування такої окремої назви обумовлено перш за все тим, що названі землі використовуються не як засіб виробництва, на відміну від земель сільськогосподарського призначення, а як просторовий (територіальний) базис, місце розташування певної інфраструктури (промислової, транспортної, оборонної тощо). Тобто, основною ознакою таких земель є те, що вони використовуються не з сільськогосподарською метою. Ще однією ознакою

(особливістю) земель транспорту є те, що суб'єктами права користування ними виступають переважно державні підприємства і організації. Слід підкреслити, що на сьогоднішній день транспорт все ще входять до переважної сфери діяльності держави. До однієї із ознак зазначеної категорії земель слід віднести також те, що тут зберігся галузевий принцип управління ними. Органи державної влади вправі вимагати від відомчих органів бездоганного і неухильного додержання правил землекористування (права власності). Вони також зобов'язані сприяти землекористувачам (землевласникам) в здійсненні їх прав, контролювати виконання обов'язків в галузі використання та охорони земель. Тому, проведений аналіз сучасного складу земель автомобільного транспорту та дорожнього господарства. Встановлені особливості структури цих земель та їх використання. Визначені проблеми раціонального, ефективного використання земель вздовж автотрас. Відображені перспективи користування землями автомобільного транспорту та дорожнього господарства. При проектуванні автомобільної дороги є актуальним забезпечення земельними ресурсами всієї автотранспортної інфраструктури. Таким чином, для будівництва та подальшої експлуатації автомагістралей необхідне обґрунтування структури земель автомобільного транспорту та дорожнього господарства.

Ключові слова: категорія земель, транспортна інфраструктура, автомобільна дорога, закон України, раціональне використання земель, смуга відведення.

Вступ. Автодорожня система України є невід'ємною частиною єдиної транспортної системи країни. Протягом останніх років інтенсивність автомобільних потоків, що рухаються дорогами України, зростає, розширюється мережа автомобільних доріг, збільшується дорожня інфраструктура. Розвиток автотранспортних мереж сприяє збільшенню площ земель відведених під автомобільні дороги загального користування.

В зв'язку з розвитком автотранспортної системи України постає питання раціонального, ефективного використання земель вздовж автомобільних доріг. Основна мета в необхідності виконання детальних досліджень щодо використання придорожніх земель різними землевласниками та землекористувачами, полягає у встановленні взаємної відповідності між різноманітними суспільними потребами і можливостями даної території, в збереженні гармонійного існування на ній всіх галузей народного господарства.

Мета і методи. Виходячи з актуальності питань розвитку мережі автомобільних доріг, з умови збалансованого розвитку території, слід максимально забезпечити системний підхід до проектування та будівництва з урахуванням раціонального використання земель та збереження природних екосистем. З одного боку розвинена мережа автодоріг збільшує інвестиційну привабливість території та сприяє її економічному зростанню, а з іншого боку, транспортна інфраструктура не повинна погіршувати екологічний стан прилеглих земель.

Метою публікації є аналіз ефективності земельно-правових механізмів спрямованих на виявлення основних ознак використання земель автомобільного транспорту та дорожнього господарства. Пошук механізмів для забезпечення оптимальної структури землекористування вздовж автомобільних доріг загального користування.

Об'єктом дослідження є землі автомобільного транспорту та дорожнього господарства, смуги (зони) впливу об'єктів транспортної інфраструктури, формування смуги відводу для подальшого функціонуванні автомобільної дороги.

В роботі використано наступні **методи:** аналізу та узагальнення літературних джерел та законодавчої бази України.

Результати і пояснення. Питання правового режиму використання земель автомобільного транспорту та дорожнього господарства широко освітлені вітчизняними та зарубіжними науковцями: Е.А. Євсигнєєв, В.І. Андрейцев, Г.І. Балюк, Ю.О. Вовк, А.П. Гетьман, В.І. Гордєєв, В.К. Гуревський, І.І. Каракаш, Т.Г. Ковальчук, П.Ф. Кулінич, В.Л. Мунтян, В.В. Носік, О.М. Пащенко, О.О. Погрібний, В.І. Семчик, А.К. Соколова, Н.І. Титова, В.І. Федорович, В.О. Чуйков, В.С. Шахов, Ю.С. Шемшученко, М.В. Шульга та ін.

Землі України, за основним цільовим призначенням, поділяються на 9 категорій. У загальному розумінні, під цільовим призначенням земельної ділянки слід розуміти визначений законодавством правовий режим її експлуатації (використання), який забезпечує реалізацію права користування земельною ділянкою у такий спосіб, що відповідатиме суспільним інтересам та не завдаватиме шкоди навколишньому природному середовищу.

Землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення входять до однієї категорії (ст. 65 Земельного кодексу). Підставою для такого об'єднання є те, що всі вони є

несільськогосподарськими землями і використовуються як просторово-операційний базис для розміщення об'єктів і споруд різного господарського призначення які не є сільськогосподарськими, тобто засобом виробництва у сільському господарстві. Це зумовлює необхідність раціонального використання цих земель, тобто максимальної економії земельних площ під час їх відведення під відповідні несільськогосподарські об'єкти, оскільки у структурі земельного фонду пріоритетне місце посідають землі сільськогосподарського призначення, які пов'язані зі сферою виробництва продуктів споживання.

Серед земель транспорту, за Земельним кодексом України, виділяються землі автомобільного транспорту і дорожнього господарства. Отже, можна сказати, що землі автомобільного транспорту і дорожнього господарства належать до земель несільськогосподарського призначення, що надані підприємствам, установам і організаціям автомобільного транспорту та дорожнього господарства для виконання покладених на них завдань щодо експлуатації, ремонту та розвитку об’єктів цих земель.

Відповідно до ст. 5 Закону України «Про автомобільні дороги», автомобільні дороги поділяються на: автомобільні дороги загального користування, відомчі автомобільні дороги, автомобільні дороги на приватних територіях. При цьому, на землях відведених під землі автомобільного транспорту і дорожнього господарства, розміщуються лише дороги загального користування, які згідно зі ст. 7 Закону України «Про автомобільні дороги», є складовою єдиної транспортної системи України і задовольняють потреби суспільства, перебувають у державній власності і не підлягають приватизації.

Чинний земельний кодекс України містить окрему статтю, що визначає склад земель автомобільного транспорту та дорожнього господарства. Стаття 71 Земельного кодексу України виділяє два самостійні різновиди: землі автомобільного транспорту та землі дорожнього господарства. Подальший аналіз законодавства свідчить, що кожен із цих різновидів земель також неоднорідний за своїм складом (рис. 1).

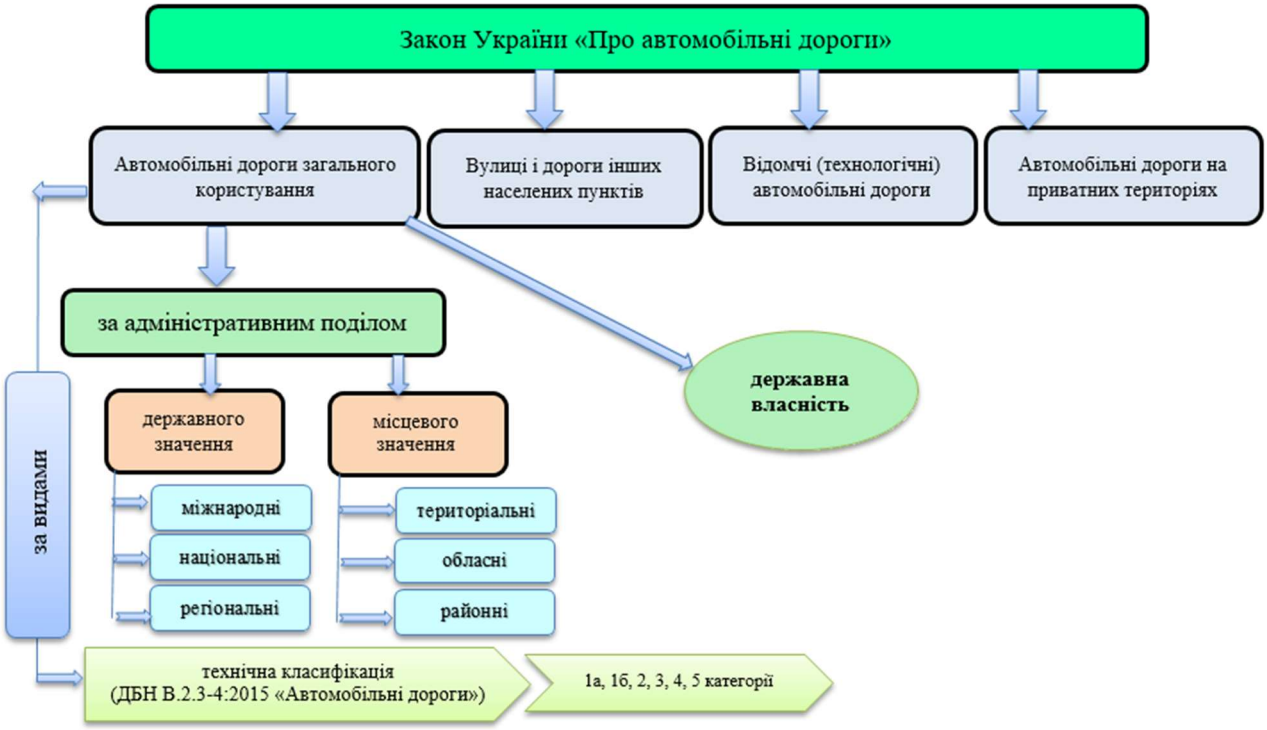


Рисунок 1– Класифікація автомобільних доріг за Законом України «Про автомобільні дороги»
Figure 1– Classification of highways according to the Law of Ukraine "On Highways"

Автомобільні дороги державного значення – це автомобільні дороги загального користування, до яких належать міжнародні, національні, регіональні та територіальні автомобільні дороги (рис. 2), які позначені відповідними дорожніми знаками.

Міжнародні – суміщаються з міжнародними транспортними коридорами та/або входять до Європейської мережі основних, проміжних, з'єднувальних автомобільних доріг та відгалужень, мають відповідну міжнародну індексацію і забезпечують міжнародні автомобільні перевезення.

Національні – суміщені з національними транспортними коридорами і не належать до міжнародних автомобільних доріг, та з'єднують Київ, адміністративний центр Автономної Республіки Крим, адміністративні центри областей, місто Севастополь між собою, великі промислові і культурні центри з міжнародними автомобільними дорогами.

Регіональні – з'єднують дві або більше областей між собою, з'єднують основні міжнародні автомобільні пункти пропуску через державний кордон, морські та авіаційні порти міжнародного значення, найважливіші об'єкти національної культурної спадщини, курортні зони з міжнародними та національними автомобільними дорогами.

Територіальні – з'єднують адміністративні центри Криму й областей з районними центрами, містами обласного значення, міста обласного значення між собою та адміністративні центри районів між собою; сполучають з дорогами державного значення основні аеропорти, морські та річкові порти, залізничні вузли, об'єкти національного і культурного надбання та курортного і природно-заповідного фонду, автомобільні пункти пропуску міжнародного та міждержавного значення через державний кордон.

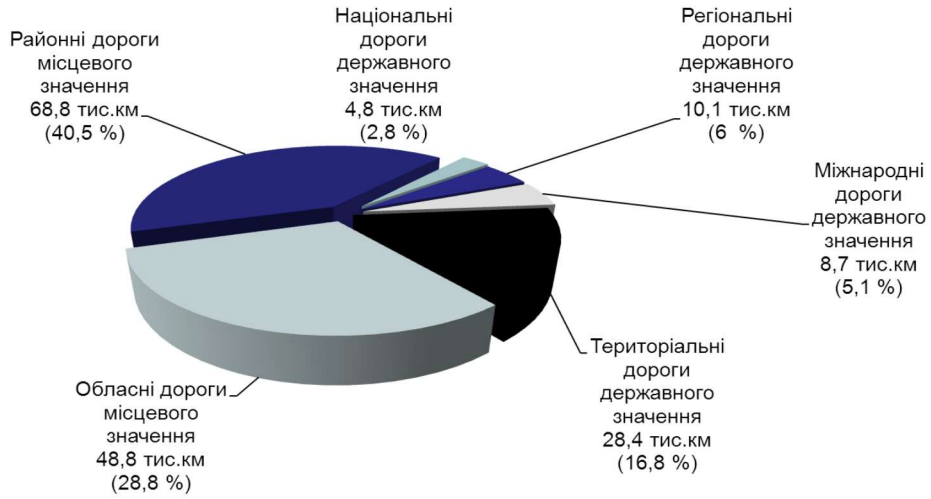


Рисунок 2 – Процентне співвідношення категорій доріг.

Figure 2 – Percentage of road category.

Загальна довжина автодоріг загального користування в Україні становить близько 169,6 тис. км (рис. 3). На 1 000 км^2 припадає близько 281 км автошляхів. Будучи більшою за площею від найбільших європейських країн Франції та Німеччини, Україна має, відповідно, у 5,6 разів менше автомобільних доріг. Якщо ж брати до уваги їх щільність, то наша держава залишається далеко позаду.

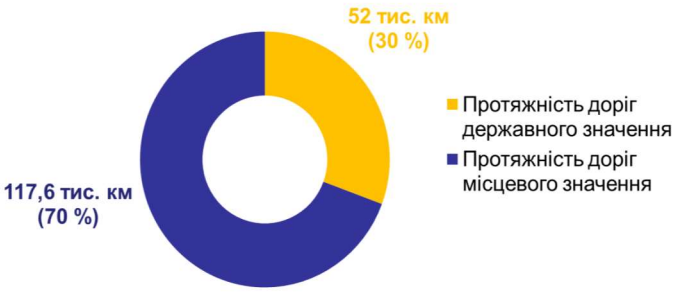


Рисунок 3 – Загальна довжина автодоріг загального користування

Figure 3 – Total length of public roads

Зі ст.71 Земельного кодексу випливає, що до земель автомобільного транспорту належать землі під: спорудами гаражного і паливного господарства, автовокзалами, автостанціями, службово-технічними будівлями, станціями технічного обслуговування, автозаправними станціями,

авторемонтними заводами, вантажними дворами, базами, службовими та культурно-побутовими будівлями й іншими об'єктами, що забезпечують роботу автомобільного транспорту. Отже, віднесення земельних ділянок до земель автомобільного транспорту визначає розміщення на цих ділянках об'єктів, що забезпечує роботу автомобільного транспорту, перелік яких, згідно зі ст. 71 Земельного кодексу України, не є вичерпним. Для того, щоб зрозуміти які саме земельні ділянки відносяться до земель автомобільного транспорту, треба визначитися, що саме відносити до об'єктів, що обслуговують роботу автомобільного транспорту.

Частина 2 статті 71 Земельного кодексу України визначає склад земель дорожнього господарства і поділяє їх на дві відносно самостійні групи. Це землі під:

- спорудами та обладнанням, розташованими в межах смуг відведення (проїзною частиною, узбіччям, земляним полотном, декоративним озелененням, резервами, кюветами, мостами, тунелями, транспортними розв'язками, водопропускними спорудами й ін.).

- землі, що знаходяться поза межами смуг відведення, якщо на них розміщенні споруди, що забезпечують функціонування автомобільних доріг (паралельні об'їзні дороги, поромні переправи, снігозахисні смуги, майданчики для стоянки транспорту і відпочинку, підприємства та об'єкти служби дорожнього сервісу й ін.).

Закон України «Про автомобільні дороги» визначає смугу відведення як земельну ділянку, що надають в установчому порядку для будування автомобільної дороги. Цей же закон визначає автомобільну дорогу як комплекс інженерних споруд, призначений для безперервного, безпечного, та зручного руху транспортних засобів. Відповідно до ст. 9 зазначеного Закону, складовими автомобільної дороги загального користування у межах смуги відведення є: земляне полотно, проїзна частина, дорожнє покриття, споруди дорожнього водовідводу, штучні споруди, інженерне облаштування: спеціальні споруди та засоби, призначені для забезпечення безпечних та зручних умов руху; архітектурне облаштування: архітектурні споруди та декоративні насадження, що призначені для забезпечення естетичного вигляду автомобільних доріг; технічні засоби організації дорожнього руху, автопавільйони, лінійні споруди і комплекси, що забезпечують функціонування і збереження доріг; зелені насадження.

Розміщення інших об'єктів у межах смуги відведення без погодження з власниками доріг не допускається.

До складових автомобільної дороги загального користування, що знаходяться поза межами смуги відведення, належать будівлі та споруди, що забезпечують її функціонування: виробничі бази та придорожні кар'єри, лінійні житлові будинки, лінійні та інші споруди для виконання ремонтів та утримання доріг, їх збереження і контролю дорожнього руху, комплекси дорожнього сервісу; поромні переправи, снігозахисні споруди, протилавинні і протисельові споруди, уловлюючі з'їзди; майданчики для стоянки транспортних засобів, відпочинку, видові, для складування дорожньо-будівельних та інших матеріалів; нагірні канави, випарювальні басейни, відкриті та закриті дренажні системи, тобто до складу автомобільної дороги віднесено деякі об'єкти дорожнього сервісу. Для об'єктів дорожнього сервісу виділяються земельні ділянки під облаштування зупинок маршрутних транспортних засобів, майданчики відпочинку, автозаправні станції, мотелі, автопавільйони та ін. Враховуючи, що автомобільні дороги загального користування перебувають у державній власності і не підлягають приватизації (ст. 7 Закону України «Про автомобільні дороги»), об'єкти дорожнього сервісу, перебуваючи у складі автомобільних доріг загального користування, також мають перебувати у державній власності і не можуть підлягати приватизації. Проте, таке положення вступає в протиріччя з Наказом від 08.07.2003 «Про затвердження порядку видачі дозволу на розміщення, реконструкції та функціонування об'єктів сервісу та спеціальних конструкцій на землях дорожнього господарства вздовж автомобільних доріг загального користування». Суб'єкти підприємницької діяльності можуть бути власниками таких об'єктів сервісу, як станції технічного обслуговування, пункти миття автомобілів, придорожні ринки, пункти харчування, готелі та ін.

Можливість розташування об'єктів сервісу в межах смуги відведення також передбачається Наказам Державної служби автомобільних доріг України «Про затвердження Порядку видачі дозволів на розміщення, будівництво, реконструкцію та функціонування об'єктів сервісу та спеціальних конструкцій на землях дорожнього господарства вздовж автомобільних доріг загального користування».

Становить інтерес питання стосовно ролі зелених насаджень, що ростуть в межах земель автомобільного транспорту й дорожнього господарства: насадження вздовж автомобільних доріг створюють для архітектурно-художнього оформлення (декоративного озеленення) – мальовниче

розташування елементів озеленення в смузі відводу дороги, захисту проїзної частини від снігових заносів (снігозахисного озеленення), багаторядні посадки дерев та чагарників обумовленої густоти уздовж автомобільної дороги, а також придорожні насадження дерев і чагарників в смузі відводу для запобігання розмиванню доріг, зсувів, ерозії ґрунту, шуму, пилу (протиерозійне озеленення).

До категорії захисних лісів відносять лісові ділянки, що виконують функцію захисту навколишнього природного середовища від об'єктів, які є джерелом забруднення. Відповідно, захисні лісові насадження автомобільних доріг є складовою лісового фонду України.

Лісовий кодекс України (ст. 4) також відносить до лісового фонду України захисні насадження лінійного типу, площею не менше 0,1 гектара.

Аналіз деяких нормативних актів дозволяє стверджувати, що можна поділити захисні зелені насадження на: захисні смуги лісів уздовж автомобільних доріг та захисні насадження на смугах відводу автомобільних доріг (постанова Кабінету Міністрів України від 27 липня 1995 р. № 557 «Про затвердження Порядку поділу лісів на групи, віднесення їх до категорій зависності та виділення особливо захисних земельних ділянок лісового фонду»). Згідно цієї ж постанови до захисних смуг лісів уздовж автомобільних доріг відносяться ліси, що прилягають до діючих та тих, що будуються автомобільних доріг, завширшки 250 метрів з кожного боку.

Віднесення земельних ділянок до складу земель лісогосподарського призначення здійснюється відповідно до земельного законодавства (ст. 5 Лісового кодексу). Слід зазначити, що стаття 55 Земельного кодексу України землі, зайняті захисними насадженнями відносяться до земель лісогосподарського призначення. При цьому, відповідно до ст. 71 Земельного кодексу, землі, на яких розміщенні снігозахисні та інші захисні насадження належать до земель автомобільного транспорту та дорожнього господарства, а саме до земель дорожнього господарства.

Висновки та рекомендації.

Землі автомобільного транспорту та дорожнього господарства розглядаються як землі, надані на праві власності або праві користування відповідним суб'єктам автомобільного транспорту та дорожнього господарства чи призначені для забезпечення діяльності автомобільного транспорту загального користування або розміщення об'єктів, що забезпечують функціонування автомобільних доріг загального користування та захисних насаджень. На основі детального аналізу уточнено склад цих земель. Обґрунтовується висновок про те, що до складу смуги відводу не входять ті землі дорожнього господарства, на яких розташовані об'єкти служби дорожнього сервісу. Всебічно аргументується, що земельні ділянки, зайняті захисними насадженнями вздовж автомобільних доріг загального користування, слід відносити до складу земель автомобільного транспорту та дорожнього господарства, а не до земель лісогосподарського призначення, як це передбачено ст. 55 Земельного кодексу.

Перелік посилань

1. Гапотченко Т.М. Правові питання поняття і складу земель транспорту. // Пробл. законності. – Х. : Нац. юрид. акад. України, 2004.– Вип. 70.– С. 141-148..

2. Гапотченко Т.М. Правові форми використання земель автомобільного транспорту й дорожнього господарства в сучасних умовах // Пробл. законності. – Х. : Нац. юрид. акад. України, 2006.– Вип. 82. – С. 78-84.

3. ДБН В.2.3-4 Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування Частина ІІ. Будівництво, 2015. – С.8-10.

4. Про автомобільні дороги: Закон України від 08.09.2005 N 2862-IV, редакція від 25.03.2018 N 2304-VIII // База даних Законодавство України / Верховна рада України. URL: http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2862-15 (дата звернення: 15.12.2021).

5. Курило В.І. Земельний кодекс України. Науково-практичний коментар / Григоренко А.В., Оверковська Т.К., Мацелик М.О., Сопілко І.М., Хом'яченко С.І.,Корнєєва К.Ю. – К. : Центр учбової літератури, 2013. – С.148-150.

6. Новаковський Л, Бредіхін О., Новаковська І., Олещенко М. Землекористування дорожнього господарства: сучасний стан та шляхи удосконалення правового регулювання. // Землевпорядний вісник. – 2014. – № 10. – С. 29-33.

7. Земельний кодекс України. // База даних https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text, (дата звернення: 20.02.2022).

8. Наказ Державної служби автомобільних доріг України 29.09.2005 N 414 «Про затвердження Порядку видачі дозволів на розміщення, будівництво, реконструкцію та функціонування об'єктів сервісу та спеціальних конструкцій на землях дорожнього господарства вздовж автомобільних доріг загального користування» // База даних Законодавство України / Верховна рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1266-05#Text.

9. Лісовий кодекс України від 21.01.1994 № 3852-XII (Редакція станом на 01.01.2022) // База даних Законодавство України / Верховна рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text.

FOREST AREAS REMOTE MONITORING WITHIN THE LIMITS OF TRANSPORT OBJECTS IMPACT

Dovgopolyuk Lyudmyla O., National Transport University, National Transport University, Department of Road Designing, Geodesy and Land Management, PhD in technical science, Associate Professor, e-mail *_katze_@ukr.net*, tel. + 38097225-18-07, *https://orcid.org/0000-0002-3401-8466*.

Ignatov Serhiy L., National Transport University, Department of Road Designing, Geodesy and Land Management, PhD in technical science, Associate Professor, ignatovsl@ukr.net, +3809685149826, *orcid.org/0000-0002-6403-0722.*

Omelchuk Sibylla K., *National Transport University,* National Transport University, National Transport University, Department of Road Designing, Geodesy and Land Management, PhD in technical science, Associate Professor, *e-mail sib-a@ukr.net, tel. + 38097440-38-27, orcid.org/0000-0003-2191-1551*

Soloviova Nataliia P., *National Transport University, senior lecturer at the Department of Road Design, Geodesy and Land Management, e-mail solovjovan@ukr.net, тел. +38067347-43-77, orcid.org/0000-0002-5581-4373*

Abstract. In the theory of land law, lands of industry, transport, communications, defense and other purposes, have a unifying, common name for all - these are the so-called non-agricultural lands. The existence of such a separate name is due primarily to the fact that these lands are not used as a means of production, in contrast to agricultural lands, but as a spatial (territorial) basis, location of certain infrastructure (industrial, transport, defense, etc.). That is, the main feature of such lands is that they are not used for agricultural purposes. Another feature (feature) of transport lands is that the subjects of the right to use them are mainly state-owned enterprises and organizations. It should be emphasized that today transport is still a predominant area of state activity. One of the features of this category of land should also include the fact that there is a sectoral principle of management. Public authorities have the right to demand from departmental bodies impeccable and strict observance of the rules of land use (property rights). They are also obliged to assist land users (landowners) in exercising their rights, to monitor the fulfillment of responsibilities in the field of land use and protection. Therefore, the analysis of the current composition of the lands of road transport and road management is carried out. The peculiarities of the structure of these lands and their use are established. Problems of rational, efficient land use along highways are identified. Prospects for the use of lands of road transport and road management are reflected. When designing a highway, it is important to provide land resources for the entire road infrastructure. Thus, for the construction and further operation of highways it is necessary to substantiate the structure of lands of road transport and road management.

Key words: category of lands, transport infrastructure, highway, law of Ukraine, rational use of lands, allotment strip.

References

1. Gapotchenko TM Legal issues of the concept and composition of transport lands. // Probl. legality. - H .: Nat. jurid. acad. Of Ukraine, 2004.– Issue. 70.– P. 141-148. [in Ukrainian].

2. Gapotchenko T.M. Legal forms of land use of road transport and road economy in modern conditions // Probl. legality. - H .: Nat. jurid. acad. Of Ukraine, 2006.– Issue. 82. - P. 78-84. [in Ukrainian].

3. DBN B.2.3-4 Transport facilities. Highways. Part I. Design Part II. Construction, 2007.-P.8-10. [in Ukrainian].

4. Directive 2008/96/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on road infrastructure safety management (Директива 2008/96/ЄС від 19 листопада 2008 року «Про управління безпекою дорожньої інфраструктури») // База даних законодавство Європейського союзу. URL: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32008L0096 (дата звернення: 15.12.2021). [in Ukrainian].

5. Kurilo VI Land Code of Ukraine. Scientific and practical commentary / Grigorenko AV, Overkovskaya TK, Matselyk MO, Sopilko IM, Khomyachenko SI, Korneeva KY-K ,: Center for Educational Literature, 2013.-P.148-150. [in Ukrainian].

6. Novakovsky L, Bredikhin O., Novakovskaya I., Oleshchenko M. Land use of road management: current status and ways to improve legal regulation.// Land Management Bulletin.-2014.-№10.-P.-29-33. [in Ukrainian].

7. Land Code of Ukraine. // Database https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text, (access date: 20.02.2022). [in Ukrainian].

8. Order of the State Service of Motor Roads of Ukraine 29.09.2005 N 414 "On approval of the Procedure for issuing permits for placement, construction, reconstruction and operation of service facilities and special structures on the lands of roads along public roads" // Database Legislation of Ukraine / Verkhovna Rada of Ukraine. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1266-05#Text. [in Ukrainian].

9. Forest Code of Ukraine dated 21.01.1994 № 3852-XII (Revised as of 01.01.2022) // Database Legislation of Ukraine / Verkhovna Rada of Ukraine. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text. [in Ukrainian].

УДК 528.4:625.7 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-145-153**
UDC 528.4:625.7

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУЧАСНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ ПРИЛАДІВ

ANALYSIS OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF MODERN GEODESIC INSTRUMENTS



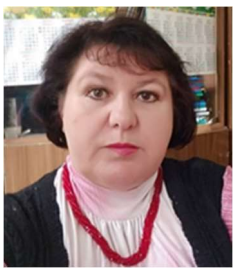
Довгополюк Людмила Олексіївна, *Національний транспортний університет, кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, e-mail: _katze_@ukr.net, тел. +380972251807,*

https://orcid.org/0000-0002-3401-8466



Неізвестна Наталія Володимирівна, *кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, Національний транспортний університет, кафедра проектування доріг, геодезії та землеустрою, доцент, e-mail: supernesh@ukr.net, +380957970158,*

https://orcid.org/0000-0003-2406-3906



Соловйова Наталія Петрівна*, Національний транспортний університет, старший викладач кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, e-mail: solovjovan@ukr.net, тел. +38067347-43-77,*

https://orcid.org/*0000-0002-5581-4373*



Чайчевський Віктор Дмитрович*, Національний транспортний університет, завідувач лабораторії кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, e-mail: viktorcajcevskij@gmail.com, тел. +38097297-15-70,*

https://orcid.org/0000-0003-1158-6708

Анотація. Відомо, що вимоги до якості геодезичних робіт швидко ростуть. Зростає і необхідність постійного підвищення загального технічного рівня геодезичних робіт, надійності, точності, технологічності геодезичного виробництва.

Питання точності проведення геодезичних робіт мають принципове значення, оскільки вони в кінцевому рахунку визначають рівень якості і надійність геодезичних мереж і геодезичних вимірів. При оцінці надійності та точності вимірювань головним є вибір досконалої методики геодезичних робіт та відповідних приладів і устаткування, виходячи з заданих технологічних вимог проекту і допусків, Із зростанням науково-технічного прогресу і технічного рівня вимірювань розвивалися і вдосконалювалися методики та прилади для проведення геодезичних робіт. Сучасний геодезичний прилад сьогодні – це продукт високих технологій, що поєднує в собі останні досягнення електроніки, точної механіки, оптики, матеріалознавства та інших наук.

Прогрес не стоїть на місці, замінюються перевірені роками аналогові прилади сучасним цифровим і лазерним устаткуванням. До проведення геодезичних робіт стало пред'являтися більше вимог. Вони повинні бути виконані в найкоротші терміни і з високою точністю.

У статті розглянуто три види сучасного геодезичного обладнання, а саме: електронний теодоліт, тахеометр, а також лазерний далекомір. Для детального аналізу було взято технічні характеристики приладів кількох провідних фірм-виробників: Leica, Topcon, Sokkia, SOUTH, BOSCH. Виявлено їх переваги та недоліки, як загалом, так і в порівнянні між собою. Проаналізовано найбільш відповідні галузі застосування та особливості використання. Незважаючи на широкий спектр сучасних геодезичних приладів, актуальним залишається питання щодо співвідношення їх ціни та якості.

Детальне вивчення технічних характеристик з урахуванням сфери застосування того чи іншого приладу дозволяє зробити фахівцю найбільш доцільний вибір. На точність, швидкість та вартість виконання робіт безпосередній вплив має правильність підбору обладнання, яким виконуватимуть геодезичні виміри.

Ключові слова: геодезія, геодезичне обладнання, тахеометр, електронний теодоліт, лазерний далекомір, порівняльний аналіз.

Вступ. Електронні геодезичні прилади у їхньому постійному розвитку враховують вимоги геодезії до точності та продуктивності польових умов виконання робіт. В свою чергу геодезія під час розроблення та вибору методів вимірювань, проектування та організації робіт зважає на можливості приладів. Якість вимірювань залежить не тільки від знань та досвіду виконавця, а й від працездатності, якості та можливостей приладів, які застосовують. Сучасні геодезичні прилади повинні забезпечувати: високу продуктивність праці; достатню точність вимірювання; високу надійність при експлуатації і транспортуванні в польових умовах і на будівельних майданчиках; простоту і зручність виконання робіт тощо.

Мета і методи. Будь-які будівельні або вишукувальні роботи вимагають точних обчислень перепадів ландшафту на тій чи іншій ділянці. Звичайні геодезичні прилади, такі як нівелір, рулетка і теодоліт, можуть впоратися на невеликих площах, але якщо мова йде про тисячі квадратних метрів, вимірювання можуть зайняти тижні. Але, в сфері сучасної геодезії, роботи необхідно виконувати якісно та в максимально короткі терміни, що в свою чергу, спонукає до вибору нового геодезичного обладнання, в тому числі і електронних геодезичних приладів. Тому і постало питання щодо аналізу сучасних електронних геодезичних приладів.

Мета публікації полягає у аналізі та виборі сучасних електронних геодезичних приладів для виконання будь-яких геодезичних робіт, враховуючи як швидкість виконання робіт, так і їх якість.

Об'єктом дослідження є сучасні електронні геодезичні прилади, а саме електронні теодоліти, тахеометри та лазерні далекоміри.

Результати і пояснення. При виконанні геодезичних робіт, виникає потреба у виборі геодезичного приладу. В залежності від типу завдань, які необхідно виконати, приймається рішення щодо геодезичного приладу, з яким потрібно працювати.

Таблиця 1 – Переваги та недоліки електронного теодоліту.

Table 1 – Advantages and disadvantages of an electronic theodolite.

Переваги	**Недоліки**
Наявність дисплею (виключає помилку зняття відліку)	Обмежений температурний режим, оскільки рідкокристалічний дисплей замерзає при температурі менше -20 °С, що унеможливлює знімання відліків при виконанні робіт
Суттєво скорочується час вимірювань	Потреба у доступі до електричної мережі для заряджання акумуляторів
Можливість виконання робіт в темну пору доби	Висока вартість порівняно з оптичними теодолітами
Можливість роботи без спеціальної профільної освіти	
Для зручності роботи, дисплей розміщений з обох сторін	

Вимірювання горизонтальних кутів у геодезичних мережах згущення та інженерно-геодезичних мережах здійснюють методом кругових прийомів, якщо напрямків більше від двох. Важливо, щоб вимірювання кутів велись у сприятливих умовах, коли зображення візирних цілей спокійні або слабко коливаються. Сьогодні фірми-виробники різних країн світу випускають багато цифрових теодолітів, переважно реалізованих у електронних тахеометрах, з різними системами визначення кутових величин. [1, с. 40]

На сучасному етапі виконання робіт широке розповсюдження отримали електронні теодоліти. На відміну від оптичного теодоліту, електронний оснащений електронними датчиками зняття показань вимірювань з наступним виведенням їх результатів на дисплей для користувача [3, с.8]. Також була проведена оцінка переваг та недоліків даного виду приладу [3, с.14].

У таблиці 2 наведено порівняльну характеристику електронних теодолітів різних фірм [9].

Таблиця 2 – Порівняння технічних характеристик теодолітів електронного типу.

Table 2 – Comparison of technical characteristics of electronic theodolites.

Параметр	**Значення параметра**			
	Leica Builder 109	VEGA TEO-5B	Topcon DT-205	SOUTH ET-02
Точність вимірювання кутів	9"	5"	5 "	2"
Наявність компенсатора	Двохосьовий, ±4'	Діапазон роботи компенсатора ±3′	Одноосьовий, діапазон роботи компенсатора ±3′	Одноосьовий,рідинний, діапазон роботи компенсатора±3′
Зображення	Пряме	Пряме	Пряме	Пряме
Екран	Чорно-білий дисплей з підсвічуванням та підігрівом, 228x160 пікселей	LCD дисплей, 2-х рядковий з підсвічуванням	LCD дисплей, 2-х рядковий	рідкокристалічний, 4-х рядковий
Клас захисту від пилу та вологи	IP55	IP54	IP66	IPX2
Панель керування	З однієї сторони	З двох сторін	З двох сторін	З двох сторін
Збільшення	30x	30x	30x	30x
Кут поля зору	1° 21'	1°20'	1º 30′	1°30'
Наявність елементів живлення	Внутрішній акумулятор (7,4 В; 2,2 А/год); Внутрішній акумулятор (7,4 В; 4,4 А/год); Зовнішній акумулятор (12В; 9 А/год)	Ni-MH акумулятор (6 В) / 4 батарейки типу АА	4 батарейки типу АА (1.5 В)	Ni-MH акумулятор (6 В) / 4 батарейки типу АА
Центрир	Лазерний, точність 1.5 мм	Лазерний	Лазерний	Оптичний
Температурний режим	-20°C - +50°C	-20°-+50° C	-20°-+50°C	-20°- +45° C
Вага, кг	4,4	4,8	4,1	5,2

Продовження таблиці 2
Continued table 2

Середня вартість, грн	47 000	18 500.	146 500	28 000
Країна-виробник	Швейцарія	Німеччина	Японія	Китай
Область використання	Геодезичні та інженерні вишукування для побудови топографічних планів і карт, побудови мережі геодезичних точок на місцевості при виконанні будівельних робіт. Можна використовувати у військовій справі [2].			

Тахеометр відносно недавно набув широкого розповсюдження у вирішенні задач прикладної геодезії, будівництві та землевпорядних роботах. Безперечно, головною його перевагою є швидкість виконання поставлених перед ним завдань. Тахеометр – багатофункціональний прилад, що поєднав у собі можливості своїх попередників [2, с. 100], в даний час стає незамінним помічником фахівців-геодезистів [2, с. 10].

Сучасні електронні тахеометри - це вимірювальні інструменти, в яких конструктивно об'єднані електронний теодоліт, електронний віддалемір і мікропроцесор з прикладним геодезичним програмним забезпеченням. Мікропроцесор дозволяє зберігати дані вимірів у внутрішній пам'яті і робити обробку та аналіз результатів безпосередньо в полі.

Нами була проведена порівняльна характеристика тахеометрів різних видів та фірм [3]. Результати аналізу представлені у таблиці 3.

Таблиця 3 – Порівняння технічних характеристик тахеометрів різних видів та фірм.
Table 3 – Comparison of technical characteristics of total stations of different types and companies.

Параметр	**Значення параметра**		
	Sokkia NET1AX [4]	Topcon GM-105 [5]	Leica Viva TS15 I R1000 1 [6]
Кутова точність	1"	5"	1"
Клас захисту від пилу та вологи	Захист від зовнішніх факторів, клас захисту IP65	Захист від зовнішніх факторів, клас захисту IP66	Захист від зовнішніх факторів, клас захисту IP55
Дальність вимірювання відстаней без відбивача, м	400	1000	1 000
Компенсатор	2-х осьовий, режим роботи ± 3′	2-х осьовий, режим роботи ± 6′	2-х осьовий, з діапазоном компенсації ±3′ та точністю 0,5
Внутрішня пам'ять	10 000 точок	50 000 точок	1 ГБ
Збільшення (кратність)	30х	30х	30х
Час роботи від одного акумулятора, годин	4	максимум 28	8
Робоча температура, °С	-20° - +50°	-20° - +60°	–20° -+ 50°

Продовження таблиці 3
Continued table 3

Дисплей	Кольоровий, сенсоний (з однієї сторони), графічна точність РК матриця 192x80 точок, анти-відблискове скло, з підсвіткою	Графічний РК-дисплей з підсвічуванням, 192x80 точок	Кольоровий сенсорний, 640x480 pxl (VGA), з підсвічуванням
Вага, кг	6,8	5,3	6,5
Середня вартість, грн	950 000	262 000	2 666 800
Особливості використання	Широкий діапазон температур дозволяє використовувати прилад як в жарке літо, так і в холодну зиму	Зручність використання на віддаленій місцевості за рахунок довго-тривалості роботи акумулятора, можливість застосування під час дощу, снігу	Висока дальність вимірювання без відбивача, можливість використання під час сильного вітру, вібрацій від важкої будівельної техніки, зручність використання в міських умовах

Останнім часом чітко простежується тенденція розвитку електронних тахеометрів – від «звичайних» приладів до роботизованих станцій [8].. Прилад забезпечується сервоприводами, модулем наведення на візирну ціль і радіокомунікаційним пристроєм. З їхньою допомогою він автоматично наводиться на спостережувану точку, авсі команди оператор подає з пульта дистанційного керування. Оператор забуває про необхідність змінювати фокусування зорової труби при ручному наведенні на точку. Він повністю зосереджений на показах дисплея.

Істотно збільшується якість кодування об’єктів під час знімання, що приводить до зниження часу камерального опрацювання.

Як і будь-який прилад, тахеометр незалежно від свого вигляду має як переваги, так і недоліки в роботі [7, с.11]. Результати аналізу наведені в таблицях 4, 5.

Таблиця 4 – Переваги та недоліки роботи з тахеометром.
Table 4 – Advantages and disadvantages of working with a total station.

Переваги	**Недоліки**
Швидкі вимірювання	Обмежений діапазон робочих температур
Можливість працювати у темну пору доби	Висока вартість
Можливість працювати у несприятливих погодних умовах	Можливість заряджати акумулятори від електричної мережі
Високоточні вимірювання	Високі вимоги щодо програмного забезпечення
Широкий спектр задач, що вирішуються	
Можливість передачі даних на електронні носії	
Можливість працювати одному	

Таблиця 5 – Порівняння технічних характеристик електронного теодоліта і роботизованого тахеометра*

Table 5 – Comparison of technical characteristics of an electronic theodolite and a robotic total station*

Параметр	**Значення параметра**	
	Електронний теодоліт [9]	Роботизований тахеометр [8, с.12]
Максимальна точність	0,5”	0,5”
Максимальна дальність	100-150 м	1000 м
Автоматичні поправки	Так	Так
Можливість фокусування на безкінечність	Так	Так
Комунікаційний порт для підключення зовнішніх накопичувачів	Так	Так
Підтримка Bluetooth	Ні	Так
Зображення положення бульбашки рівня в графічному вигляді	Так	Так
Живлення	Акумулятори, батарейки	Акумулятори
Цифровий дисплей	Так	Так
Час роботи одного акумулятора/батарейок	10 годин	14 годин
Наявність цифрової фотокамери	Ні	Так
Лазерний дальномір	Ні**	Так
Діапазон робочих температур	-20°C - +50°C	-20°C - +50°C
Тип компенсатора	Електронний	Електронний
Переважна область використання	Прості невеликі ділянки місцевості	Зйомки, які поширюються на великі відстані, особливо на небезпечні ділянки

* – у таблиці наведено максимальні значення та найбільш удосконалені якісні та кількісні характеристики

** – обладнаний лазерним покажчиком

Зважаючи на відсутність у будові теодоліту світловіддалеміру, доцільно використовувати електронний теодоліт разом з лазерними далекомірами з метою підвищення точності та дальності вимірювань відстаней. Оцінка роботи з даним приладом та технічні характеристики різних їх видів наведені у таблицях 6 та 7 [3, 10].

Таблица 6 – Переваги та недоліки роботи з лазерними дальномірами

Table 6 – Advantages and disadvantages of working with laser rangefinders

Переваги	**Недоліки**
Висока точність вимірювання великих відстаней	Точність вимірювання знижується за несприятливих умов: у дощ або дуже сонячну погоду, у запиленому чи загазованому приміщенні
Міцний корпус, захищений від ударів, а також від дії пилу та вологи	Неправильні результати вимірювань при наведенні на світловідштовхуючі поверхні (дзеркало, фольга і т.д.)
Можливість розрахунку площі та об’єму приміщення	Невірні результати вимірювань при розрядженому акумуляторі

Продовження таблиці 6
Continued table 6

Наявність дисплею для відображення даних	При фокусуванні на рельєфну поверхню зростає можливість похибки
Вимірювання може виконувати одна людина	
Компактність	

Таблиця 7 – Порівняння технічних характеристик лазерних дальномірів.
Table 7 – Comparison of technical characteristics of laser rangefinders.

Параметр	**Значення параметра**		
	Bosch GLM 80 Professional	BOSCH GLM 150 Professional	Leica DISTO™ D2 [6]
Дальність вимірювання, м	80	150	100
Клас захисту від пилу та вологи	IP 54		
Клас лазера	2		
Лазерний діод (довжина хвилі)	635 нм		
Час вимірювання	0,5-4 с		
Габарити, мм	111x51x30	120x66x37	116x44x26
Вага, кг	0,14	0,24	0,1
Джерело живлення	1 акумулятор 3.7В Li- Ion 91250 мА*ч)	4 x 1,5 В LR03 (AAA)	2 батарейки типу AAA
Середня вартість, грн.	7 000	8 300	7 700
Особливості використання	Працює в режимах вимірювань довжини, площі, обсягу, площі стіни, кута нахилу, непрямого вимірювання довжини, висоти й подвійного непрямого вимірювання висоти, тривалого вимірювання. Додавання та віднімання отриманих результатів вимірювань. Наявний таймер.	Визначення висоти різних сегментів, розрахунок висоти та ухилу. Висувний нівелювальний гвинт для точного вимірювання з важкодоступних місць та від країв. Наявний таймер.	Проведення вимірювань в приміщенні.
Точність, мм	± 1.5	± 1,0	± 1,5
Країна-виробник	Малайзія	Малайзія	Угорщина

Висновки та рекомендації.

З наведених даних, можна дійти невтішного висновку, що немає жодного досконалого геодезичного обладнання. Завдяки грамотному підходу, який полягає у вивченні технічних характеристик, моніторингу цін на сучасному ринку, аналізу зовнішніх умов, в яких використовуватиметься прилад, фахівець може зробити правильний вибір. Крім того, наука не стоїть на місці – кожне покоління геодезичного обладнання набагато перевершує попереднє. Можливо, незабаром їх недоліки будуть зведені на нівець.

Перелік посилань

1. І. Тревого, А. Вовк, С. Лісняков. До точності кутових вимірювань цифровими теодолітами // «Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва» Випуск II (38), 2019, стор.40-44. Режим доступу: www.doi.org/10.33841/1819-1339-2019-2-38-40-44, вільний.
2. В.О. Боровий, Р.М. Літнарович ГЕОДЕЗИЧНІ ПРИЛАДИ // Чернігів, 2005. Режим доступу: https://docplayer.net/51946411-V-o-boroviy-r-m-litnarovich-geodezichni-priladi.html, вільний.
3. Калинич І.В., Радиш І.П., Ваш Я.І. Електронні геодезичні прилади. Конспект лекцій /уклад. Калинич І.В., Радиш І.П., Ваш Я.І.– Ужгород: Видавництво УжНУ «Говерла», 2021р. – 156 с. https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/34491/1/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%95%D0%93%D0%9F%201.pdf
4. Тахеометри Sokkia [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://www.ukrgeo.com.ua/products/taxeometry/vysokotochnye-taxeometry/sokkia-net/vysokotochnyj-taxeometr-sokkia-net1ax.html, вільний.
5. Тахеомери Topcon [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://tnt-tpi.com/standartni-takheometri/30-takheometr-topcon-gm-105-el.html, вільний
6. Тахеометри LEICA [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://www.leica.kiev.ua/leica-ts15-i-r1000-1.html, вільний
7. Подостроєць К.О. СТВОРЕННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ НОВОГО МЕТОДУ ПОВІРКИ ГЕОДЕЗИЧНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ // Дисертаційна робота на здобуття ступеня кандидата технічних наук, Одеса, 2017, с. 157-163, 168-178. Режим доступу: http://osatrq.edu.ua/wp-content/uploads/2015/06/Stvorennya-ta-doslidzhennya-novogo-metodu-povirki-geodezichnih-zasobiv-vimiryuvalnoyi-tehniki.pdf, вільний.
8. Теодоліт електронний Leica [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://www.leica.kiev.ua/leica-builder-109.html, вільний
9. Теодоліт електронний [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://geomarket.in.ua/ua/teodolity/elektronnye-teodolity/, вільний
10. Лазерні далекоміри [Електронний ресурс] - Режим доступу: https://instrumentarium.com.ua/katalog/izmeritelnaya-tehnika/dalnomeru/bosch, https://leica-geosystems.com.ua/product/disto-d2, вільний.

ANALYSIS OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF MODERN GEODESIC INSTRUMENTS

Dovhopoliuk Liudmyla O., National Transport University, doyent of the Department of Road Design, Geodesy and Land Management, PhD in technical science, Associate Professor, e-mail: _katze_@ukr.net, tel. + 38097225-18-07, https://orcid.org/0000-0002-3401-8466.
Neizvestna Nataliia V., National Transport University, Department of Road Designing, Geodesy and Land Management, PhD in technical science, Associate Professor, supernesh@ukr.net, +380957970158, https://orcid.org/0000-0003-2406-3906.
Soloviova Nataliia P., National Transport University, Senior Lecturer of the Department of Road Design, Geodesy and Land Management, e-mail: solovjovan@ukr.net, tel. + 38067347-43-77, https://orcid.org/0000-0002-5581-4373.
Chaichevskyi Viktor D., National Transport University, Assistant of the Department of Road Design, Geodesy and Land Management, *e-mail:* viktorcajcevskij@gmail.com, *тел. +38097297-15-70,* https://orcid.org/0000-0003-1158-6708

Abstract. It is known that the requirements for the quality of geodetic works are growing rapidly. The need for constant improvement of the general technical level of geodetic works, reliability, accuracy, manufacturability of geodetic production also grows.

Issues of accuracy of geodetic works are of fundamental importance, because they ultimately determine the level of quality and reliability of geodetic networks and geodetic measurements. When assessing the reliability and accuracy of measurements, the main thing is to choose the perfect method of geodetic works and appropriate instruments and equipment, based on the specified technological requirements of the project

and tolerances. Today's modern geodetic instrument is a product of high technology, which combines the latest advances in electronics, precision mechanics, optics, materials science and other sciences.

Progress does not stand still, analog devices tested for years are replaced by modern digital and laser equipment. There were more requirements for geodetic works. They must be performed as soon as possible and with high accuracy.

The article considers three types of modern geodetic equipment, namely: electronic theodolite, total station, and laser rangefinder. For a detailed analysis, the technical characteristics of the devices of several leading manufacturers were taken: Leica, Topcon, Sokkia, SOUTH, BOSCH. Their advantages and disadvantages, both in general and in comparison with each other, are revealed. The most relevant areas of application and features of use are analyzed. Despite the wide range of modern geodetic instruments, the question of the ratio of their price and quality remains relevant.

A detailed study of the technical characteristics, taking into account the scope of application of a device allows the specialist to make the most appropriate choice. The accuracy, speed and cost of work are directly affected by the correct selection of equipment that will perform geodetic measurements.

Key words: geodesy, geodetic equipment, total station, electronic theodolite, laser rangefinder, comparative analysis.

References

1. I. Trevogo, A. Vovk, S. Lisnyakov. On the accuracy of angular measurements by digital theodolites // "Modern achievements of geodetic science and production" Issue II (38), 2019, pp.40-44. Access mode: www.doi.org/10.33841/1819-1339-2019-2-38-40-44, free. [in Ukrainian].

2. B.O. Borovy, RM Litnarovych GEODESIC DEVICES // Chernihiv, 2005. Access mode: https://docplayer.net/51946411-V-o-boroviy-r-m-litnarovich-geodezichni-priladi.html, free. [in Ukrainian].

3. Kalinich IV, Radish IP, Your YI Electronic geodetic instruments. Lecture notes / style. Kalinich IV, Radish IP, Vash YI - Uzhhorod: Uzhhorod National University Publishing House "Hoverla", 2021. - 156 p. https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/bitstream/lib/34491/1/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82%20%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D0%B9%20%D0%BF%D0%BE%20%D0%95%D0%93%D0%9F%201.pdf. [in Ukrainian].

4. Sokkia total stations [Electronic resource] - Access mode: https://www.ukrgeo.com.ua/products/taxeometry/vysokotochnye-taxeometry/sokkia-net/vysokotochnyj-taxeometr-sokkia-net1ax.html, free.

5. Tacheometers Topcon [Electronic resource] - Access mode: https://tnt-tpi.com/standartni-takheometri/30-takheometr-topcon-gm-105-el.html, free

6. Total stations LEICA [Electronic resource] - Access mode: http://www.leica.kiev.ua/leica-ts15-i-r1000-1.html, free

7. Podostroets KO CREATION AND RESEARCH OF A NEW METHOD OF CALIBRATION OF GEODESIC MEANS OF MEASURING ENGINEERING // Dissertation work for the degree of candidate of technical sciences, Odesa, 2017, p. 157-163, 168-178. Access mode: http://osatrq.edu.ua/wp-content/uploads/2015/06/Stvorennya-ta-doslidzhennya-novogo-metodu-povirki-geodezichnih-zasobiv-vimiryuvalnoyi-tehniki.pdf, free. [in Ukrainian].

8. Theodolite electronic Leica [Electronic resource] - Access mode: http://www.leica.kiev.ua/leica-builder-109.html, free

9. Electronic theodolite [Electronic resource] - Access mode: https://geomarket.in.ua/ua/teodolity/elektronnye-teodolity/, free

10. Laser rangefinders [Electronic resource] - Access mode: https://instrumentarium.com.ua/katalog/izmeritelnaya-tehnika/dalnomeru/bosch, https://leica-geosystems.com.ua/product/disto-d2, free.

УДК 624.21
UDC 624.21
DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-154-162

АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ЕКСПЕРТНОГО ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ МОСТІВ

ANALYTICAL MODEL EXPERT ASSESSMENT CONDITION OF BRIDGES



***Башкевич Ірина Василівна**, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, кафедра «Мости та тунелі», доцент, e-mail: iv.bashkevych@gmail.com, +380509292285*

https://orcid.org/0000-0001-7640-4317



***Євсейчик Юрій Борисович**, кандидат фізико-математичних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра «Мости та тунелі», доцент, e-mail: jura_ntu@ukr.net, +380442807978*

https://orcid.org/0000-0002-3507-4734



***Медведєв Костянтин Володимирович**, кандидат фізико-математичних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра «Мости та тунелі», професор, e-mail: kvmedvediev@gmail.com, +380442807978*

https://orcid.org/0000-0002-0704-7093



***Фаль Андрій Євгенійович,** кандидат технічних наук, ТОВ "Міжнародний проектний інститут", головний інженер, e-mail: andrii.fal@idi.com.ua, +380443840417*

https://orcid.org/0000-0003-3252-4952



***Янчук Леонід Леонідович**, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, кафедра «Мости та тунелі», доцент, e-mail: leonid.ianchuk@gmail.com, +380442807978*

https://orcid.org/0000-0003-1269-1251

Анотація. Вступ. Окреслено постановку проблеми, актуальність обраної теми, проведено аналіз останніх досліджень, окреслено мету та завдання роботи. Технічний стан моста визначається станами конструктивних груп елементів. Для надання формалізованої оцінки стану споруди в цілому в

нормативних документах використовується показник експертного оцінювання. Таке оцінювання є узагальненою характеристикою експлуатаційної придатності споруди. В попередніх нормативних документах було запропоновано визначення експертної оцінки (виражена в балах) за емпіричними формулами, які за певних обставин не відповідали конкретному стану об'єкту (технічний експлуатаційний стан), визначеному за матеріалами обстеження. Тому виникла необхідність змінити підхід до цієї проблеми.

Результати. У викладенні основного матеріалу дослідження запропоновано числовий критерій технічного стану споруди, необхідний для практичної методики прогнозування експлуатаційного стану моста. Будь-яка будівельна конструкція складається з певної кількості елементів, стан яких впливає на загальний експлуатаційний стан споруди. Під час проведення обстеження з подальшим визначенням експертного оцінювання споруди слід ураховувати не лише стан кожного елемента окремо, а й величину впливу кожного елементу на загальний стан конструкції в цілому. Для цього використовуються нормалізовані коефіцієнти впливу, які залежно від важливості кожного елемента, можуть змінюватись і набувати значень у діапазоні від 0 до 1, що в подальшому впливатиме на загальну оцінку конструкції. Ці вагові коефіцієнти впливу в роботі визначаються методом аналізу ієрархій.

Висновки. Запропоновано нову формулу рейтингового оцінювання та підведено підсумки роботи, окреслено перспективи подальших досліджень у цьому напрямі. Запропоноване визначення експертної оцінки є математично обґрунтованим і може бути узагальнено для визначення експертного оцінювання інших будівельних конструкцій. За допомогою методу ієрархій можуть бути розраховані також інші нормалізовані коефіцієнти впливу. Це дасть змогу значно розширити можливості експерта для прийняття рішень щодо вирішення питань проведення експлуатаційних заходів та видів ремонту.

Ключові слова: формалізоване експертне оцінювання, рейтинг споруди, експлуатаційний стан, дефект, визначальні елементи, коефіцієнти впливу, пошкодження, деградація, відновлення, реконструкція, капітальний ремонт.

Вступ

Згідно з чинним нормативним документом ДСТУ-Н [1] для інтегрального оцінювання технічного стану моста введено формалізовану експертну оцінку споруди. Вона є узагальненою характеристикою експлуатаційної придатності споруди з урахуванням технічного стану всіх елементів конструкції [2, 3, 4,]. Формалізована експертна оцінка виражається числовим показником – рейтинг споруди, яка є середньозваженим значенням визначеного експлуатаційного стану споруди.

Рейтинг споруди застосовується для:

– для визначення потреби в ремонтуванні, реконструюванні мостів та для планування експлуатаційних заходів у межах певної дорожньої мережі;

– для планування видатків на ремонт, реконструкцію або будівництво нового моста;

- служить у системі управління мостами показником потреби виконання експлуатаційних заходів, встановлення строків та видів ремонту, прийняття рішень щодо необхідності та доцільності заміни окремих елементів, виконання робіт з реконструкції або капітального ремонту.

Модель експлуатаційного оцінювання конструкції може бути використано для ранжування споруди в цілому для певної дорожньої мережі з огляду на необхідність проведення заходів з відновлення, може слугувати інструментом стратегічного планування видатків в умовах обмеженого фінансування.

Формула, за якою пропонується визначати експертну оцінку споруди і яку наведено в [1] та [5, 6], не охоплює всіх можливих комбінацій середньозваженого значення номера експлуатаційного стану групи конструктивних елементів споруди. Тому використання запропонованих залежностей в окремих випадках може виявитись не коректним.

Рейтингова експертна оцінка споруди в цілому [1] має небезпечне завищення (покращення) експлуатаційного стану в більшості комбінацій оцінок стану кожної окремої групи елементів, що розглядалися. Таке завищення в значній мірі негативно впливає на визначення реальної надійності та довговічності мостів на об'єктному та мережевому рівнях. Очевидно, що формула рейтингової оцінки потребує удосконалення.

Саме це й було мотивацією для розроблення нової формули рейтингової мережевої оцінки.

Мета і методи. Оцінювання технічного стану всієї конструкції мосту (експертне оцінювання) залежить від технічного стану кожного з елементів споруди, а також від ступеню впливу цих елементів

на загальній стан конструкції. Отже визначення технічного стану мосту можна розділити на дві функціонально взаємопов'язані проблеми, а саме:

- визначення груп елементів мостової споруди, технічний стан яких впливає на рейтингову оцінку;
- призначення вагових коефіцієнтів групам елементів залежно від їхнього ступеню впливу на загальний стан конструкції мосту.

Згідно з чинними нормативними документами загальний технічний стан мостової споруди визначають за станом семи груп елементів:

- прогонова будова;
- опора та опорні частини;
- фундамент;
- проїзна частина;
- підходи;
- підмостове русло;
- регуляційні споруди.

Слід відмітити, що послідовність елементів зазначено в порядку ступеню їхнього впливу на технічний стан конструкції мосту - від більшого до найменшого. В загальному випадку може бути прийнято й інший порядок, на розсуд експерта. Три перші групи елементів, а саме прогонова будова, опора та фундамент є визначальними, бо саме вони найбільше впливають на загальний технічний стан усієї споруди. Останні чотири групи елементів мають менший вплив на технічний стан мосту. Отже загальний стан споруди визначається як найгірший стан визначального елементу (прогонової будови, опори або фундаменту). Наприклад, якщо стан прогонової будови D_1=2, стан опори - D_2=1, стан фундаменту - D_3=4 вважається, що весь мостовий перехід знаходиться у четвертому експлуатаційному стані, відповідно до "теорії слабкої ланки".

Експлуатаційне оцінювання моста в цілому є узагальненою характеристикою експлуатаційної придатності з урахуванням стану всіх його елементів. Кількісним показником експертного визначення технічного стану споруди (мостового переходу в цілому) є формалізована експертна оцінка (рейтинг), яка визначається за шкалою безрозмірних коефіцієнтів E у балах від 100 до 20. Слід зауважити, що експертна оцінка конструкції в межах одного експлуатаційного стану може змінюватися в досить широких межах (до 20 одиниць) і залежати від технічного стану, в якому перебувають усі складові елементи конструкції. З огляду на те, що експертна експлуатаційна оцінка E служить показником необхідності виконання певних експлуатаційних заходів або прийняття рішень щодо необхідності наведених вище заходів, її коректне визначення є досить важливим і актуальним питанням.

Результати і пояснення. У рамках дослідження запропоновано числовий критерій технічного стану споруди в цілому, необхідний для практичної методики прогнозування експлуатаційного стану моста.

Пропонується розділити мости на три великі класи:

- міст через водну перешкоду;
- міст без регуляційних споруд;
- шляхопровід, естакада, віадук.

Така класифікація дає змогу виділити в першому класі (міст через водну перешкоду), сім груп елементів, характерних лише для цього виду споруди. Пропонується присвоїти вагові коефіцієнти α_k, $k=\overline{1,7}$ цим групам конструктивних елементів, які є типовими для всіх мостових споруд. Вони визначатимуть ступінь впливу групи елементів на експертну експлуатаційну оцінку E.

У роботі використано підхід, який засновано на методі аналізу ієрархій, за допомогою якого визначаються відносні вагові коефіцієнти впливу. Для цього складають матрицю порівнянь A відносно важливості різних критеріїв. У нашому випадку, це величини впливу на стан споруди кожної групи елементів. Послідовність складання матриці порівнянь A докладно викладено в роботах [7, 8]. Особливістю формування матриці A є те, що вона формується безпосередньо експертом і тому в залежності від його бачення може набувати різного вигляду. Слід зауважити, що при складанні матриці A необхідно звернути увагу на її узгодженість.

У будь-якій будівельній споруді можна виділити певну кількість елементів, від стану яких залежить її загальний експлуатаційний стан. Тому під час проведення експертного оцінювання споруди слід ураховувати як стан кожного елемента окремо, так і величину його впливу на загальний стан

конструкції в цілому. З цією метою використовуються так звані нормалізовані коефіцієнти впливу, які в залежності від важливості даного елемента можуть змінюватись від 0 до 1 і які в подальшому впливатимуть на загальну оцінку конструкції.

Не зупиняючись детально на математичному обґрунтуванні даного метода відзначимо, що його суть полягає у вирішенні матричного рівняння типу:

$$A \cdot w = \lambda \cdot w \,, \tag{1}$$

де A – матриця попарних порівнянь порядку n,

n – кількість елементів (факторів), які впливають на стан споруди;

λ - найбільше власне число матриці A;

w - вектор стовбець коефіцієнтів впливу, який має порядок n.

Згідно з методом ієрархій, матриця $A = \{a_{ij}\}$ має бути зворотно-симетричною та узгодженою. Таким чином її коефіцієнти, для узгодженості матриці A, мають задовольняти умовам:

$$a_{ij} = \frac{a_{1j}}{a_{1i}} \,. \tag{2}$$

Узгодженість матриць можна пояснити на прикладі, проведення порівняння елементів за їхньою вагою. Наприклад, якщо елемент K_1 у два рази важчий за елемент K_2 ($K_1 = 2K_2$) і в шість разів важчий за елемент K_3 ($K_1 = 6K_3$), то вочевидь, що $2K_2 = 6K_3$. Отже коефіцієнти для матриці A попарних порівнянь елементів K_i будуть:

$$a_{12} = 2;\ a_{13} = 6;\ a_{23} = \frac{a_{13}}{a_{12}} = 6/2 = 3.$$

Таким чином, коефіцієнти a_{12} , a_{13} , a_{23} задовольняють умові (2) і є узгодженими. Зауважимо, що в загальному випадку метод ієрархій може бути застосовано й для неузгоджених матриць порівнянь.

Неважко побачити, що на головній діагоналі узгодженої матриці будуть розташовані одиниці, а для визначення всієї матриці необхідно задати тільки коефіцієнти першого рядка a_{12} , a_{13} ….. a_{1n}. Усі інші коефіцієнти матриці A будуть визначатись за допомогою співвідношення (2). Підкреслимо, що коефіцієнт a_{1i} визначає у скільки разів елемент (фактор) під номером 1 має більший вплив (або менший) на елемент вищого рівня, ніж фактор під номером i. Як правило, фактори, що впливають на стан конструкції, розподіляються від більшого до меншого, тому коефіцієнти першого рядка a_{1i} збільшуються із збільшенням i.

Значення a_{1i} визначає експерт на основі всієї наявної у нього інформації про поведінку конструкції та її елементів. У більшості задач для визначення коефіцієнтів a_{1i} прийнято використовувати фундаментальну шкалу переваг (шкала відносної ваги), в якій a_{1i} можуть змінюватись від 1 до 9. Фундаментальну шкалу переваг (шкала відносної ваги) наведено у таблиці 1.

Слід зауважити, що в залежності від думки експерта, який проводить порівняння факторів, можливі також інші значення коефіцієнтів a_{1i} і навіть не цілі числа.

Як відомо з теорії матриць, для узгоджених матриць найбільше власне число дорівнює порядку матриці n, а елементи власного вектору визначаються з рівняння:

$$w_i = \sqrt[n]{\prod a_{ij}} \,. \tag{3}$$

Після нормалізації елементів w_i отримуємо нормалізовані коефіцієнти впливу α_i:

$$\alpha_i = \frac{w_i}{\sum_{j=1}^{n} w_j} \,. \tag{4}$$

Вочевидь, їх сума має дорівнювати одиниці, тобто:

$$\sum_{i=1}^{n} \alpha_i = 1. \tag{5}$$

Таким чином нормалізовані коефіцієнти α_i визначають відносний вплив фактору i на стан конструкції в цілому.

Таблиця 1 Фундаментальна шкала переваг (шкала відносної ваги)
Table 1 Fundamental scale of preferences (scale of relative weight)

Коефіцієнти попарних порівнянь a_{ij}	Значимість порівнюваних факторів
1	Однакова важливість порівнюваних елементів ієрархії. Обидва елементи, що порівнюються, мають однакову значимість для елемента вищого рівня
3	Помірна перевага *i*-го елемента ієрархії над *j*-тим. Попередній досвід та оцінка свідчать про трохи більшу значущість одного елемента в порівнянні з іншим
5	Істотна або суттєва перевага *i*-го елемента. Попередній досвід та оцінка свідчать про більш високу значущість одного елемента в порівнянні з іншим
7	Значна перевага *i*-го елемента.
9	Дуже значна перевага *i*-го елемента. Мова йде про максимально можливу (абсолютну) різницю між двома елементами
2, 4, 6, 8	Проміжні ступені переваги. Значення знаходяться в інтервалі між визначеними вище балами значущості

Як приклад, можна розглянути визначення коефіцієнтів впливу для мостової споруди, яка відповідно до [2] складається з семи вищенаведених структурних елементів.

Зауважимо, що елементи (прогонова будова, опора та опорні частини, фундамент, проїзна частина, підходи, підмостове русло, регуляційні споруди) розташовано в порядку зменшення їхнього впливу на всю конструкцію в цілому.

Перші три структурні елементи є визначальними, за технічним станом цих елементів було визначено загальний стан конструкції мосту, тому вони займають перші пріоритетні три місця. Що стосується порядку розміщення визначальних елементів, тут автори виходили з таких міркувань. Оскільки прогонова будова є елементом, який з певною часткою ймовірності є найбільш вразливим елементом мостової конструкції, а її стан значно впливає на стан мосту в цілому, тому вона займає перше місце. Далі в порядку зменшення вразливості було розташовано опори мосту та фундаменти. Ці елементи значно рідше мають пошкодження ніж прогонові будови, тому займають друге і третє місця відповідно. Керуючись аналогічними міркуваннями відносно впливу решти структурних елементів моста на загальний стан споруди, ці елементи було розміщено в послідовності: проїзна частина, підходи, підмостове русло, регуляційні споруди.

Ураховуючи фундаментальну шкалу переваг, наведену в таблиці 1, обираємо такі коефіцієнти попарного порівняння факторів:

$$a_{11}=1{,}0;\ a_{12}=1{,}2;\ a_{13}=1{,}2\ ;\ a_{14}=3;\ a_{15}=6;\ a_{16}=8;\ a_{17}=9.$$

Тоді матриця порівнянь A=$\{a_{ij}\}$, визначена за допомогою співвідношень (2), набуває вигляду:

$$A=\begin{bmatrix} 1{,}00 & 1{,}20 & 1{,}20 & 3{,}00 & 6{,}00 & 8{,}00 & 9{,}00 \\ 0{,}83 & 1{,}00 & 1{,}00 & 2{,}50 & 5{,}000 & 6{,}67 & 7{,}50 \\ 0{,}83 & 1{,}00 & 1{,}00 & 2{,}50 & 5{,}00 & 6{,}67 & 7{,}50 \\ 0{,}33 & 0{,}40 & 0{,}40 & 1{,}00 & 2{,}00 & 2{,}67 & 3{,}00 \\ 0{,}17 & 0{,}20 & 0{,}20 & 0{,}50 & 1{,}00 & 1{,}33 & 1{,}50 \\ 0{,}13 & 0{,}15 & 0{,}15 & 0{,}38 & 0{,}75 & 1{,}00 & 1{,}13 \\ 0{,}11 & 0{,}13 & 0{,}13 & 0{,}33 & 0{,}67 & 0{,}89 & 1{,}00 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Використовуючи співвідношення (3), визначаємо відповідні коефіцієнти власного вектору w_i

$$w_1 = 2{,}93;\ w_2 = 2{,}44;\ w_3 = 2{,}44;\ w_4 = 0{,}98;\ w_5 = 0{,}49;\ w_6 = 0{,}37;\ w_7 = 0{,}33. \quad (6)$$

Після нормалізації компонент (6) згідно з (4) остаточно отримуємо нормалізовані коефіцієнти впливу α_i:

$\alpha_1 = 0{,}29;\ \alpha_2 = 0{,}24;\ \alpha_3 = 0{,}24;\ \alpha_4 = 0{,}10;\ \alpha_5 = 0{,}05;\ \alpha_6 = 0{,}04;\ \alpha_7 = 0{,}03.$

Перевірка умови (5) показує, що сума $\sum_{i=1}^{n7} \alpha_i = 0{,}99$. Для задоволення умови (5) приймаємо $\alpha_1 = 0{,}30$.

За аналогічною процедурою можна визначити нормалізовані коефіцієнти впливу для мостів без регуляційних споруд. Урахувавши, що для таких споруд стан споруди буде визначатися за станом шести груп елементів (регуляційні споруди відсутні), нормалізованих коефіцієнтів впливу α_i буде шість (прогонова будова, опора та опорні частини, фундамент, проїзна частина, підходи, підмостове русло):

$$\alpha_1 = 0{,}31;\ \alpha_2 = 0{,}25;\ \alpha_3 = 0{,}25;\ \alpha_4 = 0{,}10;\ \alpha_5 = 0{,}05;\ \alpha_6 = 0{,}04.$$

Для шляхопровід, естакад та віадуків кількість нормалізованих коефіцієнтів впливу α_i буде п’ять (прогонова будова, опора та опорні частини, фундамент, проїзна частина, підходи):

$$\alpha_1 = 0{,}33;\ \alpha_2 = 0{,}26;\ \alpha_3 = 0{,}26;\ \alpha_4 = 0{,}11;\ \alpha_5 = 0{,}04$$

Слід звернути увагу, що метод ієрархій (порівнянь) є стійким. Тобто невелика різниця при визначенні коефіцієнтів порівнянь a_{1i} не призводить до значної відмінності нормалізованих коефіцієнтів впливу α_i. Даний метод зарекомендував себе як потужний метод прийняття оптимальних різнопланових рішень, як технічних так і соціально-економічних задач.

Із загальних міркувань щодо визначення рейтингу споруди в цілому можна сформулювати вимоги до експертного оцінювання:

а) загальний стан конструкції в цілому D має визначатися за найгіршим станом визначальної групи (прогонової будови, опори або фундаменту) елементів або окремого визначального елементу в групі $D=i=max(D_1,D_2,D_3)$;

б) рейтингова оцінка не може виходити за межі бальної оцінки загального стану споруди (1 стан споруди – 100 ÷ 95 балів, 2 стан споруди – 95 ÷ 80 балів, 3 стан споруди – 80 ÷ 60 балів, 4 стан споруди – 60 ÷ 40 балів, 5 стан споруди – 40 ÷ 20 балів).

Ураховуючи вищенаведені вимоги, пропонується визначення експертної оцінки E технічного стану споруди проводити за формулою:

$$E = E_i - \Delta E_i \ , \quad (7)$$

де E_i – верхня межа інтервалу зміни експертної оцінки для i-го експлуатаційного стану, в якому знаходиться конструкція в цілому ($E_1 = 100$; $E_2 = 95$; $E_3 = 80$; $E_4 = 60$; $E_5 = 40$);

ΔE_i – величина зменшення балів експертної оцінки за рахунок станів усіх груп елементів визначається за формулою:

$$\Delta E_i = c_i \sum_{k=1}^{7} \alpha_k (D_k - 1), \quad (8)$$

де D_k - номер експлуатаційного стану, в якому перебуває k-та група конструктивних елементів (у даному випадку $k = \overline{1,7}$) згідно з класифікацією, наведеною в ДСТУ [1];

c_i – коефіцієнт пропорційності, який визначається з рівняння (8) за умови, що ΔE_i приймає максимально можливе значення в інтервалі своєї зміни для i-го стану. Отже при розрахунку c_i приймається, що $D_1= D_2= D_3 = i$, $D_4= D_5= D_6= D_7= 5$, таким чином отримуємо:

$$c_1 = \frac{\Delta E_{1,\max}}{4(\alpha_4+\alpha_5+\alpha_6+\alpha_7)};$$
$$c_2 = \frac{\Delta E_{2,\max}}{(\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3)+4(\alpha_4+\alpha_5+\alpha_6+\alpha_7)};$$
$$c_3 = \frac{\Delta E_{3,\max}}{2(\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3)+4(\alpha_4+\alpha_5+\alpha_6+\alpha_7)}; \quad (9)$$
$$c_4 = \frac{\Delta E_{4,\max}}{3(\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3)+4(\alpha_4+\alpha_5+\alpha_6+\alpha_7)};$$
$$c_5 = \frac{\Delta E_{5,\max}}{4} = \frac{20}{4} = 5{,}0,$$

де - $\Delta E_{i,\max}$ - максимальне зменшення величини експертного оцінювання в залежності від стану конструкції E_i ($\Delta E_{1,\max} = 5$, $\Delta E_{2,\max}$=15, $\Delta E_{3,\max} = \Delta E_{4,\max} = \Delta E_{5,\max}$=20).

Висновки

У роботі запропоновано підхід до визначення експертного оцінювання моста в цілому з урахуванням експлуатаційного стану кожної групи складових конструкції мосту. За допомогою нормалізованих коефіцієнтів впливу α_i враховано відносний вплив складових на стан конструкції в цілому. В роботі пропонується нормалізовані коефіцієнти впливу (або вагові коефіцієнти) α_i визначати за методом ієрархій. На відміну від формули, наведеній у [1], авторами запропоновано логічну формулу, в якій задіяно математично обґрунтовані коефіцієнти впливу.

Запропоноване визначення E, експертної оцінки, є логічним, а також математично обґрунтованим, і може бути узагальнено для визначення експертного оцінювання інших будівельних конструкцій. Експерт, який проводить оцінювання стану конструкції, за вищенаведеною моделлю, може змінювати як число визначальних елементів так і загальну кількість складових елементів, за якими визначається стан конструкції. За допомогою методу ієрархій можуть бути розраховані також інші нормалізовані коефіцієнти впливу. Це дає змогу розглядати модель як динамічну, значно розширює можливості експерта для прийняття рішень щодо потреби виконання експлуатаційних заходів, видів ремонту, прийняття рішень, виконання робіт з реконструкції або капітального ремонту.

Рейтингова оцінка, визначена таким чином, не буде виходити за межі бальної оцінки загального стану споруди. А також надасть змогу для більш точного та коректного аналізу потреби в ремонтуванні, реконструюванні мостів, та плануванні експлуатаційних заходів, видатків на проведенні відповідних видів ремонтних робіт або на будівництво нового моста. Також дозволить автоматизувати процес прийняття рішень стосовно необхідності виконання експлуатаційних заходів, а також визначення строків та видів ремонту.

Перелік посилань

1. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012 «Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів» Мінрегіон України, К.: 2013;

2. ДСТУ 9181:2022 «Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів» Мінрегіон України, К.: 2022;

3. Лантух-Лященко А.І. Оцінка технічного стану транспортних споруд, що знаходяться в експлуатації. Вісник транспортної академії України, №3, Київ: 1999.-с. 59-63.

4. Лантух-Лященко А.І. Нормативне регулювання у сфері проектування і експлуатації мостів. Вестник Харковского национального автомобильно-дорожного университета. Вып.58, Харьков, изд. ХНАДУ: 2012.- С. 7 – 15.

5. Лантух-Лященко А.І. В поисках концепции управления долговечностью элементов железобетонных автодорожных мостов. Зб. Наук. праць «Проблеми транспорту», вип. 9. НТУ. – К.: 2012, с. 215-223.

6. Лантух-Лященко А. И. Новая модель прогноза жизненного цикла железобетонных элементов мостов. Зб. Технічне регулювання у будівництві та архітектурі – Вип.2.К.: 2016 с.23-31.

7. Т. Саати Принятие решений, Метод анализа иерархий. Радио и связь. Москва: 1993. 278 с.

8. Хэмди А. Таха Введение в исследование операций. Издательский дом «Вильямс». Москва. Санкт-Петербург. Киев. 2001. 911 с.

ANALYTICAL MODEL EXPERT ASSESSMENT CONDITION OF BRIDGES

Bashkevych Iryna V., Candidate of Engineering Sciences, National Transport University, Department of Bridges and Tunnels, Assistant Professor, e-mail: iv.bashkevych@gmail.com, +380442807978, https://orcid.org /0000-0001-7640-4317.

Yevseichyk Yurii B., Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, National Transport University, Department of Bridges and Tunnels, Associate Professor, e-mail: jura_ntu@ukr.net, +380442807978, https://orcid.org/0000-0002-3507-4734.

Medvediev Kostiantyn V., Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, National Transport University, Department of Bridges and Tunnels, Professor, e-mail: kvmedvediev@gmail.com, +380442807978, https://orcid.org/0000-0002-0704-7093.

Fal Andriy E., Candidate of Engineering Sciences, Limited liability company international design institute, Chief Engineer e-mail: andrii.fal@idi.com.ua, +380443840417, https://orcid.org/0000-0003-3252-4952

Yanchuk Leonid L., Candidate of Engineering Sciences, National Transport University, Department of Bridges and Tunnels, Associate Professor, e-mail: leonid.ianchuk@gmail.com, +380442807978, https://orcid.org/0000-0003-1269-1251.

Abstract. Introduction. The statement of problem, the relevance of the chosen topic, an analysis of latest research, and purpose and tasks of work are outlined. The technical condition of bridge is determined by condition of structural groups of elements. In order to provide a formalized assessment of condition of building as a whole, the expert assessment indicator is used in regulatory documents. This assessment is a generalized characteristic of operational suitability of structure. In previous normative documents, it was proposed to define the expert assessment (expressed in points) according to empirical formulas, which under certain circumstances did not correspond to the specific condition of object (technical operational condition) determined by survey materials. Therefore, it became necessary to change the approach to this problem.

The results. In the presentation of the main material of the study, a numerical criterion technical condition of the structure is proposed, which is necessary for a practical method of forecasting operational condition of the bridge. Any building structure consists of a certain number elements, condition of which affects the overall operational condition structure. During survey with the subsequent determination of the expert assessment structure, not only the condition of each element separately, but also impact of each element on the general condition of structure as a whole should be taken into account. For this, normalized influence coefficients are used, which, depending on the importance of each element, can change and acquire values in the range from 0 to 1, which will subsequently affect overall evaluation of the structure. These weighting coefficients of influence in the work are determined by the method of analysis of hierarchies.

Conclusions. A new rating evaluation formula is proposed, results of the work are summarized, and prospects for further research in this direction are outlined. The proposed definition of expert evaluation is mathematically justified and can be generalized for the definition of expert evaluation other building structures. Using method of hierarchies, other normalized influence coefficients can also be calculated. This will make it possible to significantly expand the capabilities of expert for decision-making regarding the implementation of operational activities and types of repairs.

Key words: formalized expert assessment, building rating, operational condition, defect, defining elements, impact factors, damage, degradation, restoration, reconstruction, overhaul.

References

1. DSTU-NB V.2.3-23:2012 "Instructions for evaluating and forecasting the technical condition of road bridges" Ministry of Regions of Ukraine, K.: 2013;

2. DSTU 9181:2022 "Guidelines for assessing and forecasting the technical condition of road bridges" Ministry of Regions of Ukraine, K.: 2022;

3. Lantukh-Lyashchenko A.I. Assessment of the technical condition of transport facilities in operation. Bulletin of the Transport Academy of Ukraine, No. 3, Kyiv: 1999.-p. 59-63.

4. Lantukh-Lyashchenko A.I. Normative regulation in the field of design and operation of bridges. Bulletin of Kharkiv National Automobile and Road University. Issue 58, Kharkiv, ed. KHNADU: 2012. - P. 7 – 15.

5. Lantukh-Lyashchenko A.I. In search of the concept of managing the durability of elements of reinforced concrete road bridges. Coll. Science works "Problems of transport", vol. 9. NTU. - K.: 2012, p. 215-223.

6. Lantukh-Lyashchenko A. I. New model of life cycle forecasting of reinforced concrete elements of bridges. Coll. Technical regulation in construction and architecture - Issue 2.K.: 2016 p.23-31.

7. T. Saati Decision making, Hierarchical analysis method. Radio and communication. Moscow: 1993. 278 p.

8. Hamdy A. Taha Introduction to operations research. "Williams" publishing house. Moscow. St. Petersburg. Kyiv. 2001. 911 p.

УДК 624.21 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-163-169**
UDC 624.21

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ШОРСТКОСТІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ПОТОКУ НЕУСТАЛЕНОГО РУХУ РІДИНИ

DETERMINATION COEFFICIENT OF ROUGHNESS FOR CALCULATING FLOW OF AN UNSTEADY MOTION OF LIQUID



***Євсейчик Юрій Борисович**, кандидат фізико-математичних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра «Мости, тунелі та гідротехнічні споруди», доцент. e-mail: jura_ntu@ukr.net, +380442807978*

https://orcid.org/0000-0002-3507-4734



***Медведєв Костянтин Володимирович,** кандидат фізико-математичних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра «Мости, тунелі та гідротехнічні споруди», професор. e-mail: kvmedvediev@gmail.com, +380442807978*

https://orcid.org/0000-0002-0704-7093



***Паровенко Оксана Микитівна,** кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра «Мости, тунелі та гідротехнічні споруди», доцент. e-mail: olenik.lia@gmail.com, +380442807978*

https://orcid.org/0000-0001-8872-8415



***Святишенко Ірина Іванівна,** інженер, Національний транспортний університет, кафедра «Мости, тунелі та гідротехнічні споруди». e-mail: irina.svjatishenko@gmail.com, +380442807978*

https://orcid.org/0000-0002-8905-0826

Анотація. Вступ. Аналіз літератури, присвяченої питанням розрахунку гідротехнічних споруд, показав, що існують рекомендації, які враховують вплив шорсткості русла на величину трансформації транзитного потоку рідини з усталеним рухом по довжині русла. Але їх складно застосовувати для меліоративних систем, до складу яких входять комплекси гідротехнічних та транспортних споруд, що створюють додатковий опір руху води, в наслідок чого рух води в системах становиться неусталеним.

На жаль, станом на сьогодні, цьому питанню не достатньо приділено уваги в сучасній науковій літературі. У статті розглянуто питання визначення коефіцієнту шорсткості за матеріалами натурних експериментів на зрошувальних системах України для подальшого використання його в рівняннях Сен-Венана при неусталеному русі води у відкритих призматичних руслах. Авторами статті було проведено аналізування похибок натурних вимірювань максимальних глибин, розрахунку площі живих перерізів тощо. Було визначено абсолютну похибку знаходження падіння рівнів води на окремих ділянках канала.

Результати. Серед питань, які було висвітлено в розглядуваній публікації, основну увагу було приділено питанню вивчення впливу коефіцієнта шорсткості на елементи потоку при неусталеному русі в меліоративних (зрошувальних) системах. Також наведено результати проведених натурних вимірювань, надано детальний огляд натурних даних і перераховано виміряні параметри на різних ділянках досліджуваного каналу.

Висновки. Було проведено орієнтовне оцінювання та аналізування помилок виконаних вимірів та надано рекомендації щодо визначення середніх значень коефіцієнтів шорсткості для зрошувальних

каналів (русел) з добре профільованим дном та укосами, а також для берегів, не вкритих рослинністю. Результати оброблення даних натурних спостережень зведено в таблицю, в якій представлено порівняння обчислених значень коефіцієнтів шорсткості та побудовано графік залежності коефіцієнтів шорсткості від швидкісного множника (коефіцієнта Шезі).

Ключові слова: неусталений рух води, рівняння Сен-Венана, коефіцієнт шорсткості, натурні спостереження, швидкісний множник.

Вступ. Завдання подальшого збільшення площі зрошуваних земель може бути вирішено за рахунок побудови нових систем, а також реконструювання існуючих, з метою збільшення їхньої пропускної спроможності шляхом ліквідації порожніх скидів води з каналів. Останнє вимагає автоматизації подачі води до каналу відповідно до запитів водоспоживання в різних створах відбору вздовж каналу. Водоспоживання відрізняється у часі, тому реальні умови протікання води в каналах відповідатимуть режиму неусталеного руху. Для правильного обліку водоспоживання слід вирішувати питання руху води разом з теоретичними та експериментальними дослідженнями. Експериментальні (натурні) спостереження охоплюють великий діапазон характеристик, що впливають на процес роботи меліоративних каналів.

Дослідницькою базою теоретичних досліджень для статті стали натурні випробування, проведені науковцями кафедри гідравліки на зрошувальних системах України. Було виконано вишукувальні роботи для вирішення питань, що виникають в процесі експлуатування зрошувальної системи каналів та їхніх відгалужень. Для вивчення впливу шорсткості на величину витрати, швидкості води, глибини потоку, а також з метою розроблення рекомендацій для кількісного врахування фактору шорсткості русла, було проведено відповідні натурні спостереження системи зрошувальних каналів України та порівняння цих параметрів з розрахунковими показниками неусталеного руху рідини відкритих русел.

Мета і методи. Величини коефіцієнта шорсткості було розраховано за формулами М.М. Дідковського та І.А. Родіонова, які було розроблено свого часу в Україні. Вихідними даними для цього стали натурні виміри (Q – витрата води в каналі, початкові умови для подальших розрахунків, наявність рівномірного руху рідини в каналі, позначки рівня води в початковому і кінцевому створах, площі живих перерізів, відстані між перерізами). Для визначення коефіцієнта шорсткості рекомендовано швидкісний множник (визначений за формулою М.М. Павловського). Було проведено розрахунок коефіцієнта шорсткості в кілька етапів. Для визначення цього коефіцієнта було використано різні формули (формули М.М. Павловського та І.І. Агроскіна), а також було розраховано абсолютний коефіцієнт шорсткості.

Результати і пояснення. Використання рівнянь Сен-Венана є актуальним для вирішення для вирішення задач протікання води в меліоративних та зрошувальних каналах, задач водовідведення в дорожньо-транспортній системі, гідротехнічному будівництві, а також для інших сучасних інженерних завдань у галузі меліорації.

Неусталений рух зливових вод можна описати системою рівнянь Сен-Венана

$$\begin{aligned} i_0 - \frac{\partial h}{\partial s} &= \frac{\alpha}{2g}\cdot\frac{\partial V^2}{\partial s} + \frac{\alpha_0}{g}\cdot\frac{\partial V}{\partial t} + \frac{V^2}{C^2\cdot R}, \\ \frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial s} &= 0 \end{aligned} \qquad (1)$$

де i_0 - ухил дна русла; h – глибина потоку; V – середня швидкість потоку; t – час; s – відстань; g – прискорення вільного падіння; ω – площа живого перерізу потоку; C – швидкісний множник (коефіцієнт Шезі); R – гідравлічний радіус; Q – витрата; α – коефіцієнт кінетичної енергії; α_0 – коефіцієнт кількості руху.

Кінцевим результатом розв'язання цих рівнянь є отримання функцій $h=f_1(t,S)$ и $Q=f_2(t,S)$, на підставі яких можна представити вичерпну характеристику неусталеного руху. При цьому є можливість отримання графіка зміни глибин $h=\varphi_1\ (t)$ та гідрографа стоку $Q=\varphi_2\ (t)$ для заданого конкретного перерізу, тобто $S=S_1$. Якщо вважати, що $t=t_1$, можна отримати миттєвий профіль потоку $h=\psi_1(S)$ та графік розподілу витрат вздовж русла, а саме $Q=\psi_2(S)$. Основні методи розв'язання таких рівнянь є чисельні методи. Для вирішення подібних задач використовують методи характеристик, прогонки тощо. Нехтування інерційними членами при розв’язуванні подібних рівнянь може призвести до значних похибок, тому їх урахування в таких випадках є обов'язковим. Це рішення є найбільш загальним та дозволяє розглядати різноманітні завдання інженерної гідравліки [1, 2, 3, 4].

Розрахунки неусталеного руху за цією методологією проводяться окремо для лівої та правої межі ділянок русла, а також для точок середньої частини русла. Для розв'язання цих рівнянь слід зробити низку перетворень [5, 6] і задатись умовами: початковими та граничними.

За початкові граничні умови в розрахунках прийнято рівномірний рух потоку. Ліва гранична умова – приток води до початкового перерізу є залежним від часу (гідрограф).

Права гранична умова – визначається з умов роботи гідротехнічної споруди (малий міст, швидкісний струм тощо).

На даний час проєктування та будування технічно досконалих зрошувальних систем проводиться з використанням автоматичного регулювання водопостачання. Такий процес у гідротехнічній системі можна назвати перехідним, основою якого є неусталений рух води у зрошувальних каналах.

Протягом кількох років співробітники кафедри НТУ (КАДІ) проводили вишукувальні роботи, з подальшим проведення камеральних робіт та розрахунку перехідних процесів на прикладі низки каналів із загальної меліоративної системи України.

Для проведення досліджень роботи зрошувальних каналів (меліоративних) та для прийняття оптимальних проєктних рішень має бути визначено один із факторів, що характеризують меліоративну систему, в даному випадку це коефіцієнт шорсткості n.

Для визначення коефіцієнту шорсткості n було проведено спеціальні натурні спостереження на характерних ділянках каналу. Виконано заміри зміни витрат води та відповідні ним зміни рівнів у початковому та кінцевому створах ділянки, зйомку показників живих перерізів у кінцевих та проміжних створах, а також проведено заміри відстаней між ними.

Натурні дослідження було проведено на ділянці завдовжки l = 10 км, з граничним ухилом i = 0,00003, поперечний переріз каналу - трапецеїдальний з шириною понизу b_1 = 15 м і коефіцієнтом закладення укосів m = 3. Русло канала - земляне, рівне, витрата при фіксованих горизонтах - $Q_ф$ = 28 - 45 м^3/с, швидкість течії - V = 0,5 м/с.

Відомості про довжину ділянок, на яких проводились дослідження, кількість створів та натурних спостережень наведено в таблиці 1.

Таблиця 1
Table 1

№ ділянки	Довжина ділянки, м	Кількість створів	Кількість спостережень
1	2000	5	3
2	6215	14	4
3	6960	14	4
4	6245	13	4

На ділянках каналу, де проводилися гідрометричні спостереження, не було значних місцевих опорів (великих водовиділів, мостів тощо).

Поперечний переріз каналу, від створу до створу, зазнавав незначних змін. Русло каналу рівне, вкрите мулистою плівкою. На деяких ділянках дна та на схилах зустрічалися камені, розмір яких 2-10 см, ділянки берега, які поросли очеретом та чагарником. На окремих ділянках очерет зростав на відстані 7 - 10 м від урізу води, що викликало додаткові опори руху води. В зв'язку з цим коефіцієнт шорсткості на цих ділянках може бути більшим, ніж на інших. Грунти на всіх ділянках суглинні.

Як показали виміри, поперечні перерізи та поздовжній ухил дна змінюються на кожній ділянці вздовж каналу. Крім того, канал поза межами обстежених ділянок, перетинають мости, вплив підпору від яких поширюється на десятки кілометрів вгору за течією. Тому рух води в каналі є не рівномірним і користуватися формулами для рівномірного руху можна лише для великих значень коефіцієнта шорсткості. При рівномірному русі витрата визначається за формулою:

$$Q = \omega \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot i} = \omega \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{y+0,5} \sqrt{i}\,, \qquad (2)$$

де ω - площа живого перерізу;

R - гідравлічний радіус;

$C = \frac{1}{n} R^y$ - коефіцієнт Шезі (швидкісний множник за М.М. Павловським);

n - коефіцієнт шорсткості;

y - показник ступеня;

$i = \frac{\Delta Z}{l}$ - поздовжній ухил поверхні води;

ΔZ - падіння рівня води на ділянці каналу завдовжки *l*.

З рівняння (2) отримуємо:

$$n = \frac{\omega R^{y+0,5}}{Q}\sqrt{\frac{\Delta Z}{l}} = \frac{R^{y+0,5}}{V}\sqrt{\frac{\Delta Z}{l}}, \quad (3)$$

де - $V = \frac{Q}{\omega}$ середня швидкість.

Якщо підставити до рівняння (3) отримані з проведеного дослідження значення *R, V, ΔZ, l,* можемо визначити коефіцієнт шорсткості *n*.

Витрата води на кожній ділянці каналу була майже незмінною тому, що фільтрація води з каналу незначна (40-70 л/с на 1 км). Реальні значення коефіцієнта шорсткості було визначено за методикою, запропонованою М.М. Дідковським та І.А. Родіоновим, в якій було використано рівняння нерівномірного руху, що застосовується для розрахунку кривих вільної поверхні в природних водотоках

$$\Delta Z = \left(\frac{\alpha V_2^2}{2g} - \frac{\alpha V_1^2}{2g}\right) + h_f + h_i, \quad (4)$$

де – V_2 и V_1 середні швидкості у суміжних створах;

$h_f = (\frac{Q}{K_{cp}})^2 l = \left(\frac{V_{cp}}{C\sqrt{R}}\right)\cdot l$ - втрати енергії на тертя;

$h_i = \varsigma \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$ - втрати енергії у місцевих опорах;

$K_{ср}$ – середня витратна характеристика ділянки;

$V_{ср}$ – середня швидкість;

l – відстань між створами;

ς - коефіцієнт місцевого опору.

Співвідношення (4) приведемо до вигляду:

$$\Delta Z = \left(\frac{V_{cp}}{C_{cp}\sqrt{R_{cp}}}\right)^2 \cdot l + \frac{\varsigma + \alpha}{2g}\left(V_2^2 - V_1^2\right). \quad (5)$$

Вихідними даними для визначення коефіцієнта шорсткості були втрати *Q*, позначки рівня води в початковому та кінцевому створах, площі живих перерізів у цих і проміжних створах, а також відстань між ними. Для певного значення коефіцієнта шорсткості було проведено розрахунок кривої вільної поверхні за рівнянням (5), в якому $C_{ср}$ швидкісний множник, що визначається за формулою М.М. Павловського (коефіцієнт Шезі). За вихідну позначку приймалася позначка в кінцевому створі Z_2, а позначка в початковому створі й в усіх проміжних створах розраховувалася. У першому наближенні коефіцієнт шорсткості *n* приймався таким, що дорівнював значенню, яке було отримано з рівняння (3).

Обчислена відмітка в початковому створі Z_1^1 порівнювалась із виміряною в натурі n_1. Якщо виявлялося, що $\left|Z_1 - Z_1^1\right| < 0{,}002$м, то коефіцієнт шорсткості був заданий успішно.

Визначення коефіцієнта шорсткості проведемо за формулами М.М. Павловського та І.І. Агроскіна, а також визначено абсолютний коефіцієнт шорсткості. Для цього знаходимо швидкісний множник за формулою:

$$C_{cp} = \sqrt{\frac{V_{cp}^2 \cdot l}{R_{cp}(\Delta Z - \frac{\alpha + \varsigma}{2g}(V_2^2 + V_1^2))}}. \quad (6)$$

Було проаналізовано дані натурних спостережень і паралельно було обчислено значення абсолютної шорсткості *Δ* за формулою:

$$C = -4\sqrt{2g}\,\lg\left(\frac{\Delta}{A\cdot R}+\frac{C}{B\cdot \mathrm{Re}}\right) \quad (7)$$

Постійні A та B було отримано за результатами чисельних дослідів, які проводились рядом авторів, та прийнято такими, що дорівнюють 12,6 і 11,5.

Аналіз проведених вимірювань показав, що значення другого складника в формулі (6) значно менше порівняно зі значенням першого. Справді, за $\Delta \cong$ 0,005-0,015 м, $R \approx$3,5 м, $C \approx$65 м^{0,5}/с; $V \approx$ 0,45м/с и $\mathrm{Re} \approx \frac{V\cdot R}{\nu} = 1600000$;

$$\frac{\Delta}{A\cdot R} = \frac{0{,}010}{12{,}6\cdot 3{,}5} = 2{,}27\cdot 10^{-4};\ \frac{C}{B\cdot \mathrm{Re}} = \frac{65}{11{,}5\cdot 10^{6}} = 3{,}54\cdot 10^{-6}.$$

Швидкісний множник практично не залежить від числа Re, тобто всі досліди відносяться до квадратичної сфери опору.

Результати оброблення даних натурних спостережень зведено до таблиці 2.

Таблиця 2
Table 2

$R_{ср.}$, м	$C_{ср.}$, м^{0,5}/сек	Коефіцієнт шорсткості		Абсолютний коефіцієнт шорсткості, Δ, мм
		За формулою М.М.Павловського $C=\frac{1}{n}R^{y}$	За формулою І.І.Агроскіна $C=\frac{1}{n}+17{,}72\lg R$	
3,59	65,00	0,0197	0,0181	9,7
3,56	68,13	0,0184	0,0171	6,3
3,46	70,13	0,0177	0,0265	4,8
3,40	64,22	0,0194	0,0182	10
3,42	70,34	0,0176	0,0164	7,8
3,43	71,33	0,0173	0,0162	4,0
3,38	67,22	0,0184	0,0173	6,8
3,66	64,33	0,0197	0,0184	10,8
3,67	57,77	0,0222	0,0209	25,4
3,65	62,46	0,0204	0,0190	13,6
3,66	57,87	0,0222	0,0209	24,8
3,06	62,84	0,0195	0,0184	10,9
3,05	60,22	0,0204	0,0194	15,3
3,04	60,53	0,0203	0,0192	14,6
3,06	65,54	0,0186	0,0176	8,7

За даними таблиці 2 побудовано графіки залежностей коефіцієнтів шорсткості n, визначених за формулами М.М. Павловського та І.І. Агроскіна, а також абсолютний коефіцієнт шорсткості в залежності від швидкісного множника C (коефіцієнт Шезі).

Точність проведених досліджень визначається точністю вимірювання глибин потоку, позначок поверхні води, швидкості течії та відстаней між гідрометричними створами. Було проаналізовано значення проведених вимірювань. При виконанні нівелювання похибка у визначенні одного перевищення, яке визначалось як різниця двох відліків, які отримані з точністю ± 2 мм, складала $\pm 2\sqrt{2} \approx 2{,}8 мм$, а похибка суми трьох перевищень $\pm 2{,}8\sqrt{3} \approx 4{,}8 мм$. Таким чином неминуча помилка знаходження відмітки в початкових та кінцевих створах $z_{поч}$ та $z_{кін}$ становила 4,8 мм.

Абсолютна помилка знаходження падіння рівня води на ділянці каналу визначається як $\Delta z = z_{поч} - z_{кін}$, а середньоквадратична помилка буде:

$$\sigma_{\Delta z} = 4{,}8\sqrt{2} \approx 6{,}7 мм,$$

відносна середньоквадратична помилка при $\Delta z = 90\ мм$ визначається:

$$\sigma_{0\Delta z} = \frac{\sigma_{\Delta z}}{\Delta z}\cdot 100 = \frac{6{,}7}{90}\cdot 100 = 7{,}4\%\,.$$

Помилка визначення довжини ділянки каналу *l*, на якому проводились спостереження, не перевищує $\sigma_{0L} = 0{,}1\%$. Похибка визначення ухилу вільної поверхні потоку ($i = \frac{\Delta z}{l}$) становить:

$$\sigma_{0i} = \sqrt{\sigma_{0\Delta z}^2 + \sigma_{0l}^2} = \sqrt{7{,}4^2 + 0{,}1^2} = 7{,}4\% .$$

Аналіз похибок натурних вимірювань показав, що при проведенні вишукувальних робіт було дотримано всіх необхідних заходів для досягнення максимальної точності.

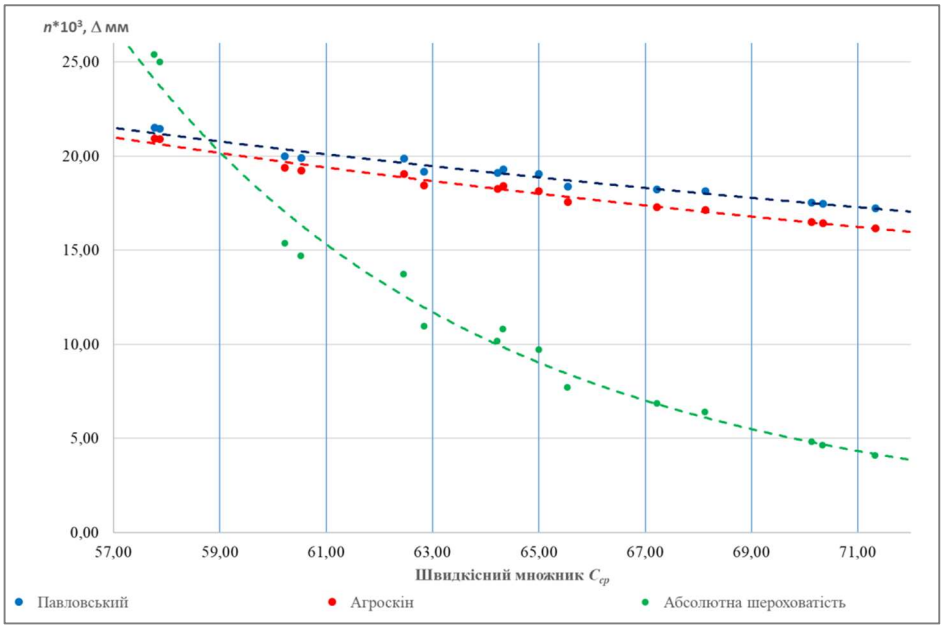


Рисунок 1 – Графіки залежностей коефіцієнтів шорсткості *n* від швидкісного множника *C* (коефіцієнт Шезі)

Figure 1 – Graphs of the dependence of the roughness coefficients n on the speed factor C (Schezy coefficient)

Висновки

Значення коефіцієнта шорсткості *n* суттєво впливає на показники, необхідні для розв'язання гідравлічних задач, особливо це стосується задач неусталеного руху рідини у відкритих руслах. З аналізу значень коефіцієнтів шорсткості *n*, отриманих за формулами М.М. Павловського та І.І. Агроскіна на основі проведених натурних вимірів, можна зробити висновки, що різниця у значеннях визначених коефіцієнтів шорсткості *n* коливається у межах 6%. Тому можна констатувати, що числові значення коефіцієнтів шорсткості *n,* отримані за формулами вищенаведених авторів, мають практично однакові значення.

Результати проведених вимірювань та аналіз графіка залежності коефіцієнту шорсткості від швидкісного множника *C* (коефіцієнт Шезі) має майже лінійну залежність в досліджуваному діапазоні. Коефіцієнт шорсткості набуває значень 0,0215 (за М.М. Павловським) та 0,0210 (за І.І. Агроскіним) для швидкісного множника C_{cp} = 57,77, а для швидкісного множника C_{cp} = 71,33 значення коефіцієнта шорсткості становить 0,0172 (за М.М. Павловським) та 0,0162 (за І.І. Агроскіним). Як видно з графічного представлення залежності коефіцієнта шорсткості від швидкісного множника в наведеному діапазоні коефіцієнт шорсткості за М.М. Павловським та І.І. Агроскіним, можна визначати за лінійною інтерполяцією.

На підставі проведених досліджень можна рекомендувати середні значення коефіцієнтів шорсткості для каналів (русел) з добре спланованим дном та укосами:

- для ділянок, з берегами, які не вкрито рослинністю *n*=0,016-0,017;
- для ділянок, з берегами, які вкрито рослинністю *n*=0,020-0,021.

Було проведено орієнтовне оцінювання та аналізування помилок виконаних вимірів та надано рекомендації щодо визначення середніх значень коефіцієнтів шорсткості для зрошувальних каналів (русел) з добре профільованим дном та укосами, а також для берегів, не вкритих рослинністю.

Перелік посилань

1. Дидковский М.М., Родионов И.А. Сопротивление движению воды в больших земляных каналах. Киев, изд-во АН УССР – 1956 г.
2. ДНАОП. ДБН В.2.5-74.2013 Водопостачання зовнішньої мережі та споруди. Основні положення проектування.
3. ДНАОП. ВНД 33-5-02-98 Методика определения зон возможного затопления на реках Украины (укр.)
4. ДНАОП. ДБН В.2.4-1-99. Мелиоративных системы и сооружения (43040)
5. Ткачук С.Г. Гідравліка, гідрологія, гідрометрія. Київ, «Кафедра», 2013 р., 390 с.
6. Константінов Ю.М., Гіжа О.А. «Інженерна гідравліка», К,, вид-во, дім «Слово», 2006, 432 с.

DETERMINATION COEFFICIENT OF ROUGHNESS FOR CALCULATING FLOW OF AN UNSTEADY MOTION OF LIQUID

Yevseichyk Yurii B., Candidate of Physics and Mathematics, National Transport University, Department of Bridges, tunnels and hydraulic structures, Associate Professor, e-mail: jura_ntu@ukr.net, +380442807978, https://orcid.org/0000-0002-3507-4734.

Medvediev Kostiantyn V., Candidate of Physics and Mathematics, National Transport University, Department of Bridges, tunnels and hydraulic structures, Professor, e-mail: kvmedvediev@gmail.com, +380442807978, https://orcid.org/0000-0002-0704-7093.

Parovenko Oksana M., Candidate of Engineering Sciences, National Transport University, Department of Bridges, tunnels and hydraulic structures, Associate Professor, e-mail: olenik.lia@gmail.com, +380442807978, https://orcid.org/0000-0001-8872-8415.

Sviatyshenko Iryna I., National Transport University, Department of Bridges, tunnels and hydraulic structures, Engineer, e-mail irina.svjatishenko@gmail.com +380442807978, https://orcid.org/0000-0002-8905-0826

Abstract. Introduction. The analysis literature devoted to the calculation of hydrotechnical structures showed that there are recommendations that take into account the influence roughness of the channel on the value of the transformation of the transit flow of liquid with steady movement along the length of the channel. But it is difficult to apply them for reclamation systems, which include complexes of hydrotechnical and transport structures that create additional resistance to water movement, as a result of which the movement of water in the systems becomes unstable.

Unfortunately, as of today, this issue has not received enough attention in modern scientific literature. The article considers the issue of determining the roughness coefficient based on the materials of field experiments on irrigation systems of Ukraine for its further use in the Saint-Venant equations for unsteady water movement in open prismatic channels. The authors of the article conducted an analysis of the errors of field measurements of maximum depths, calculation area of live sections, etc. The absolute error of finding the drop in water levels in individual sections of the channel was determined.

The results. Among the issues that were covered in the publication under consideration, the main attention was paid to the issue of studying the effect roughness coefficient on flow elements during unsteady movement in melioration (irrigation) systems. The results of field measurements are also given, a detailed overview of field data is provided, and the parameters measured at different sections studied channel are listed.

Conclusions. An indicative evaluation and analysis errors of the performed measurements was carried out, and recommendations were given for determining the average values of roughness coefficients for irrigation channels (channels) with a well-planned bottom and slopes, as well as for banks not covered with vegetation. The results processing of field observation data are summarized in a table, which presents a comparison calculated values of the roughness coefficients and a graph dependence of the roughness coefficients on the speed factor (Schezi coefficient).

References

1. Didkovsky M.M., Rodionov I.A. Resistance to the movement of water in large earthen channels. Kyiv, publishing house of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR – 1956 [in Russian].
2. DNAOP. DBN V.2.5-74.2013 Water supply of external networks and structures. Basic provisions of design. [in Ukrainian]
3. DNAOP. VND 33-5-02-98 Methodology for determining zones of possible flooding on the rivers of Ukraine. [in Ukrainian]
4. DNAOP. DBN B.2.4-1-99. Reclamation systems and structures (43040) [in Ukrainian]
5. Tkachuk S.G. Hydraulics, hydrology, hydrometry. Kyiv, "Department", 2013, 390 p. [in Ukrainian]
6. Konstantinov Yu.M., Gizha O.A. "Engineering hydraulics", K,, ed., house "Slovo", 2006, 432 p. [in Ukrainian]

УДК 551. 509.33
UDC 551. 509.33

DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-170-182

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОЛІВ ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ВЕЛИЧИН МЕТОДОМ СЕЛЕКТИВНОЇ ЛОКАЛЬНОЇ АПРОКСИМАЦІЇ

THE FORECASTING FIELDS OF HYDROMETEOROLOGICAL VALUES BY MEANS OF SELECTIVE LOCAL APPROXIMATION METHOD



Артеменко Владислав Андрійович, UT5UDJ, *магістр екології, Український гідрометеорологічний інститут Державної служби України з надзвичайних ситуацій та Національної академії наук України, науковий співробітник відділу гідрохімії, e-mail: artemenko@uhmi.org.ua, тел. 380936011250, Україна, 03028, м. Київ, просп. Науки 37, к.34.*

https://orcid.org/0000-0003-0536-5415



Петрович Володимир Васильович, *кандидат технічних наук, професор, старший науковий співробітник, професор кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету. e-mail: petrovichvv60@ukr.net, тел. +380442807338, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 138.,*

https://orcid.org/0000-0003-0422-2535

Анотація. Розглянуті можливості прогнозування природних (у тому числі метеорологічних) полів за допомогою методу хаотичної динаміки (методу локальної апроксимації).

Як вихідні, були використані середньомісячні дані для полів мінімальної та максимальної температури повітря, а також приземного тиску.

Якість прогнозу визначали, порівнюючи прогнозні та істинні (контрольні) значення полів.

Оскільки є два поля (прогнозне та істинне), тобто дві матриці, їх попередньо перетворювали у вектор-стовпці, та знаходили лінійний коефіцієнт кореляції між ними. При цьому було враховано, що коефіцієнт кореляції може бути також використаний поза залежністю від характеру вихідних даних.

Зважаючи на те, що найбільший інтерес у даному випадку являє якість прогнозу, вихідні середньомісячні дані попередньо не фільтрували.

Для підтримання необхідної якості, прогнозування виконували тільки на один крок (один місяць) вперед.

Число аналогів, необхідних для визначення вектору стану, у всіх випадках дорівнювало одиниці.

Встановлено, що для природніх процесів, що мають сталу періодичність, найкращі результати прогнозування методом локальної апроксимації досягаються при використанні не всіх вихідних даних, а тільки спеціально виділеної їх частки.

Враховуючи це, авторами був запропонований метод селективної локальної апроксимації.

Метод селективної локальної апроксимації підвищує у середньому коефіцієнт кореляції між реальними та прогнозними значеннями полів до 10% у порівнянні із класичним методом ***LA***.

Наведені результати прогнозування полів для кожного місяця відповідного року.

Запропоновані спеціальні критерії якості прогнозу – побічні та прямі критерії. При цьому між побічними та прямими критеріями спостерігається достатньо сильний взаємозв'язок.

Якість прогнозу розглянута також із позицій непараметричного аналога стандартного відхилення, який характеризує розкид даних прогнозування. Визначено, що якість прогнозу із позицій

“середнього” коефіцієнта кореляції знаходиться у взаємо-зворотній залежності від “середнього” розкиду даних.

З точки зору промислового прогнозування запропонована нова градація якості.

Із позицій такої градації порівнюється якість прогнозу для різних полів перш за все за числом місяців, для яких якість буде незадовільною.

Результати дослідження показали, що для зазначених полів погіршення якості прогнозу спостерігається у період “початок весни … середина літа”.

Ключові слова: метод селективної локальної апроксимації, прогнозування гідрометеорологічних полів, критерії якості прогнозу.

Мета роботи – розробка методу прогнозування полів метеорологічних величин з точки зору промислового прогнозування.

Задачі дослідження:

1.Розробити основи методу селективної локальної апроксимації;

2.Виконати прогнозування метеорологічних полів за допомогою метода селективної локальної апроксимації;

3.Визначити спеціальні критерії якості прогнозу метеорологічних полів;

4. Встановити градацію прогнозованості полів метеорологічних величин.

Я більш за все дорожу аналогіями,
моїми самими вірними вчителями.
Й. Кеплер

Процес пізнання є відшукуванням
аналогій.
Л. Больцман

Вступ

За останні роки середня температура повітря в Україні помітно зросла, спостерігалась значна кількість екстремальних погодних ситуацій.

Як відомо, дані про зміни погодньо-кліматичних умов безпосередньо враховуються при вирішенні багатьох задач проектування та експлуатації автомобільних доріг [1,2].

При цьому надійність будь-яких прогнозів температури повітря залишається актуальною проблемою.

Роботи багатьох авторів свідчать про повну відсутність адекватних результатів при застосуванні методів теорії ймовірності при прогнозуванні природніх процесів, використанні методів, які не відповідають сучасним запитам практики.

Разом з цим, завдяки розвитку методів хаотичної динаміки, у прогнозуванні природніх (у тому числі температурних) рядів та полів вже одержані вагомі позитивні результати [3,4].

Для реалізації прогнозів був використаний апарат методу локальної апроксимації нульового порядку. Даний метод, по-суті, є стандартом прогнозування у хаотичній динаміці та безпосередньо виражає ключові ідеї цього метода.

Разом з цим, як відмічалось у наших попередніх дослідженнях, природні ряди та поля мають характерні особливості, і у переважній більшості випадків не тотожні ідеальним детерміновано-хаотичним часовим рядам та полям.

У роботі пропонується новий метод підвищення якості прогнозування природніх (у тому числі метеорологічних) полів, заснований на ідеях хаотичної динаміки.

Вихідні дані

Якщо в [4] аналізували тільки поле приземного тиску, то в даному дослідженні – вже три поля: приземного тиску, мінімальної приземної та максимальної приземної температури.

Метеорологічне поле ***TMIN*** (приземної мінімальної температури) має розмір 7x21 (точки).

Вісь ***X*** (горизонтальна) – від 5^0 до 55^0 Східної довготи з кроком $2{,}5^0$, вісь ***Y*** (вертикальна) – від 40^0 до 55^0 Північної широти з кроком $2{,}5^0$.

Метеорологічне поле ***TMAX*** (приземної максимальної температури) має аналогічні координати.

Метеорологічне поле ***P*** (приземного тиску) при розмірі 7x21 (точку) має координати: по вісі ***X*** – від 30^0 Західної довготи до 70^0 Східної довготи з кроком 5^0, по вісі ***Y*** – від 40^0 до 70^0 Північної широти з кроком 5^0.

Для всіх зазначених полів використовували середньомісячні дані (усереднення із середньодобових полів), починаючи із січня 1990 року і закінчуючи груднем 2017 року.

Оцінка якості прогнозу

В роботі [4] розглядали прогнозування гідрометеорологічного поля як цілісного об'єкта.

Однак якість прогнозу детальному дослідженню не підлягала.

У даній роботі нас цікавила перш за все якість прогнозу, тому вихідні дані попередньо не фільтрували.

Як відомо, існує безліч різних варіантів оцінки якості прогнозу.

У загальному випадку використовують лінійний коефіцієнт кореляції (***CC***).

Однак при цьому лінійний коефіцієнт кореляції накладає ряд істотних обмежень на вихідні дані.

Зважаючи на це, в даному дослідженні цей критерій був використаний поза межею "жорсткого" виконання умов його застосування. Так, наприклад, така статистика (величина) як стандартне відхилення, має свідчити про те, що дані нормально розподілені.

Разом з цим, ця статистика може бути використана також для даних із будь-яким типом розподілення.

Звісно, при довільному (не нормальному) розподіленні у більшому або меншому ступені втрачається певна "інформативність" цієї статистики, але її загальний смисл (ступінь розкиду даних) цілком зберігається.

Тобто слід розуміти, що у даному випадку лінійний коефіцієнт кореляції – це просто зручна міра, певний стандарт, який використовують поза залежністю від характеру даних.

Оскільки маємо два поля – реальне та прогнозне (тобто дві матриці), ці поля попередньо перетворювали у вектор-стовпці або вектор-строки, а далі знаходили вже лінійну кореляцію поміж ними. При цьому векторизацію полів здійснювали за правилами, прийнятими у мові програмування ***FORTRAN*** (або ***MATLAB***) – по стовпцям.

Матриця (поле) ***M*** після векторизації трансформувалась у вектор (одновимірний ряд) ***V*** за правилом

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 2 & 4 & 6 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{bmatrix}.$$

Якість прогнозу визначали, порівнюючи прогнозні значення із значеннями істинними (контрольними).

Для підтримання достатньої якості прогнозу здійснювали прогнозування на один місяць (крок) вперед.

Метод селективної локальної апроксимації.

У своєму класичному виконанні метод локальної апроксимації (метод ***LA***) припускає використання всіх без винятку вихідних даних для одержання прогнозу на майбутнє.

Методика вибору аналога при цьому була детально розглянута в [5], траєкторна матриця формувалась класичним способом.

Однак достатньо прості процедури розпізнавання, які добре працюють для ідеальних детерміновано-хаотичних рядів, у випадку природних рядів нас не задовільняють.

Тому класична процедура розпізнавання була модернізована – вона стала мати додаткову можливість прив'язки аналога до реальної дати.

Для природніх процесів, що мають більш-менш виявлену періодичність (сезонність), найбільш адекватні результати прогнозування досягаються при використанні не всіх вихідних даних, а тільки

спеціально виділеної їх частки. Такий різновид методу ***LA***, спеціально розроблений нами, був названий методом селективної локальної апроксимації.

Особливості застосування методу селективної ***LA*** розглянемо на конкретному прикладі. Необхідно здійснити прогноз на травень місяць 2017 року.

У даному випадку число аналогів, необхідних для визначення поточного вектору стану, приймаємо рівним одиниці.

За класичною методикою при прогнозуванні методом ***LA*** слід знаходити аналог для квітня 2017 року серед всіх попередніх вихідних даних. Однак, як показує практика, близький аналог може бути знайдений як серед квітнів, так і серед, наприклад, жовтнів.

Знайдений аналог серед усіх попередніх квітнів призводить до правильного результату прогнозування, оскільки після квітня йде травень.

Очевидно, що знайдений аналог для всіх попередніх жовтнів призводить до неадекватних результатів, тому що після жовтня звичайно прогнозується похолодання, в той час як повинно бути потепління.

Таким чином, виконуючи прогноз на травень місяць 2017 року, ми повинні використовувати вихідні дані тільки для квітнів 1990 … 2016 років.

Припустимо, що знайдений аналог – це квітень 1992 року. Наступний за ним травень цього року і буде прогнозом на травень 2017 року.

Зазначимо, що вище була подана тільки схема методу селективної ***LA,*** тому виклад методу достатньо спрощений.

Як показує практика, запропонований метод селективної ***LA*** підвищує у середньому коефіцієнти кореляції між реальними та прогнозними значеннями полів на 10% у порівнянні із класичним методом, що з позицій прогнозування являє собою досить відчутний результат.

Особливості програмної реалізації методу селективної локальної апроксимації.

Авторами була розроблена достатньо проста в експлуатації програма на мові програмування ***MATLAB***.

MATLAB – код був написаний таким чином, щоб не важко було перевести його у ***FORTRAN*** – код, або із невеликими витратами часу – у ***PASCAL*** – код.

При цьому не використовувались звернення до функцій спеціалізованих бібліотек – код працездатний також у безкоштовних аналогах ***MATLAB : OCTAVE*** та ***FREEMAT***. Для програм, що були написані на мовах ***FORTRAN*** та ***PASCAL,*** для візуалізації полів застосовували ***OPENGL*** (на основі ***GLUT***).

При умові застосування ***OPENGL*** звертались до спеціальної процедури, яка дозволяла візуалізувати поле у вигляді контурного графіка (із “заливкою” або без неї).

Програма (поза залежності від мови реалізації) виконувала слідуючі дії:

1. Перевіряла коректність вихідних даних та час прогнозу на основі бази даних, яка у оперативній роботі повинна поповнюватись кожного місяця;
2. Зважаючи на дати необхідного прогнозу, вибирала із бази відповідні дані (наприклад, “всі січні”);
3. Згідно відібраних даних підбирала найкращий аналог (для “Зразка”) шляхом знаходження мінімума евклідової норми різниці векторів. При цьому поля, як було попередньо зазначено вище, трансформувались у вектора. Далі виконувалась часова “прив’язка” знайденого найкращого “Аналога”;
4. Часова “прив’язка” аналога перераховувалась власне у “Прогноз”, а далі знайдене у базі даних “Прогнозне поле” візуалізувалось.

Для тестових прикладів, коли “Прогнозне” поле та “Істинне” (“Реальне”) поле знаходяться у базі даних, програма також визначала якість прогнозу. У цьому випадку візуалізувалось як “Істинне” (“Реальне”) поле, так і поле “Прогнозне”. Зрозуміло, що при реальному прогнозуванні “Істинне” поле стає відомим тільки тоді, як мине місяць. Тому якість прогнозу “прямо зараз” розрахувати неможливо. Однак попередньо можливо орієтуватись на “усереднену” якість прогнозування для певного місяця.

Отримані результати та їх обговорення.

Авторами були виконані прогнози методом селективної ***LA*** на всі місяці 2001 … 2017 років.

Для можливості визначення якості прогнозу частина даних була залишена як контрольна.

Отримані результати характеризують адекватність даного метода прогнозування відповідно до конкретного поля.

На рис.1 представлені результати прогнозування поля ***TMIN*** для січня 2013 року.

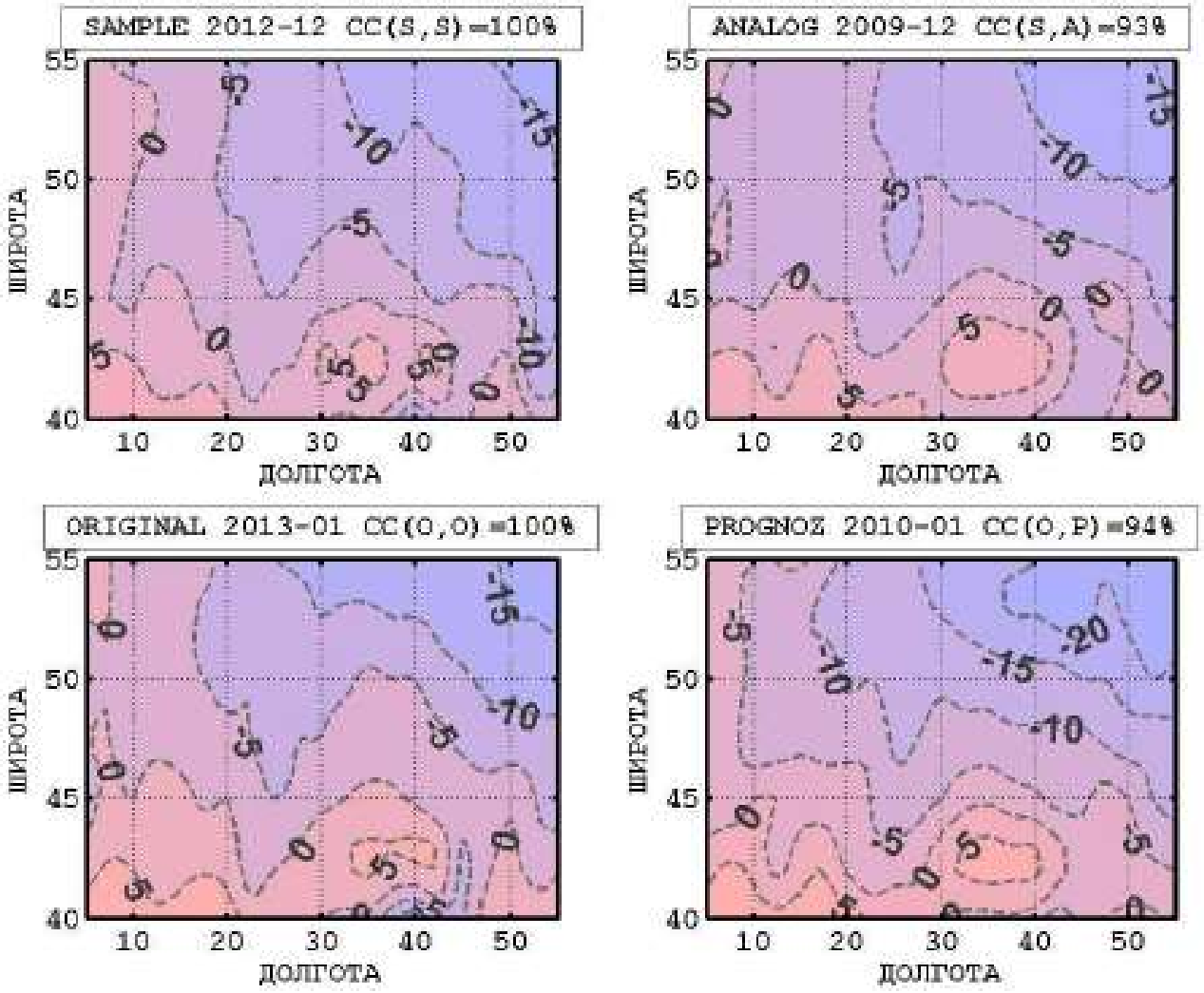


Рисунок 1 – Графіки результатів прогнозування для січня 2013 року.
Figure 1 – The graphs result forecast for January 2013.

Знизу зліва – контурний графік “Істинного” (“Original”) поля. Коефіцієнт кореляції “Істинного” поля із “самим собою”, очевидно, буде завжди дорівнювати 100% (залишено для контролю).

Як було зазначено вище, якість прогнозу визначає значення коефіцієнта кореляції поміж “Істинним” та “Прогнозним” полем.

Знизу справа – поле прогнозне. Прогноз для січня 2013 року буде достатньо близьким полю січня 2010 року.

Використовуючи даний метод, можливо прогнозувати просторову конфігурацію поля, місця розташування його максимумів та мінімумів.

Але навіть при значній схожості конфігурацій “Істинного” та “Прогнозного” полів числові значення контурних ліній виявляються більш-менш різними. Коефіцієнт кореляції ***CC(O,P)***, тобто “Істинного” поля / “Прогнозного” поля у даному випадку складає 94% (або 0,94).

Зверху зліва наведений контурний графік для "Зразка". В даному випадку "Зразок" ("Sample")- це поле грудня 2012 року.

Зверху справа – контурний графік "Аналога" ("Analog"). Найкращий аналог, знайдений для "Зразка" – поле грудня 2009 року.

"Зразок" та "Аналог" визначали згідно [5].

Для поглибленого аналізу процесу прогнозування визначали значення коефіцієнта кореляції між "Зразком" та його "Аналогом", тобто ***CC(S,A)***.

Коефіцієнт кореляції ***CC(S,A)*** у даному випадку складає 93% (0,93), що також побічно характеризує якість прогнозу.

"Просуваючи" прогнози у хронологічному порядку, одержували значну кількість даних, які надалі обробляли методами математичної статистики. При цьому приблизно половина даних за коефіцієнтом кореляції не були нормально розподіленими.

Зважаючи на це, для спільності оцінки аналізували не середнє арифметичне, а медіану, тобто використовували квантилі ***Q*** (точніше, персентилі) рівнів 2,5%, 50% та 97,5%.

Персентиль 50% - це медіана, аналог середньоарифметичного, але для будь-якого статистичного розподілення.

Також визначали величину такої статистики, як ***MAD ( )***-медіану "абсолютних відхилень від медіани" (Median Absolute Deviation), яка є аналогом стандартного відхилення (для даних із будь-яким статистичним розподіленням):

$$MAD(V) = MEDIAN(ABS(V - MEDIAN(V))),$$

де V – вектор даних.

Статистики для ряду знайдених значень ***CC(O,P), CC(S,A)*** та ***MAD ( )*** наведені в Таблиці.

Таблиця – Статистики значень ***CC(O,P), CC(S,A)*** та ***MAD ( )***.
Table – Statistics of values ***CC(O,P), CC(S,A)*** and ***MAD*** ( ).

Найменування показника		Значення показника					
		Поле ***TMIN***		Поле ***TMAX***		Поле ***P***	
		CC(S,A)	***CC(O,P)***	***CC(S,A)***	***CC(O,P)***	***CC(S,A)***	***CC(O,P)***
Квантилі	***Q*** 2,5%	68	51	71	31	50	-22
	Q 50%	90	84	92	85	86	62
	Q 97,5%	96	95	97	95	97	94
Величина ***MAD( )***		3	6	3	7	6	19

Дані були розраховані для кожного типа поля окремо. Як видно, у середньому (точніше, при медіані ***Q*** 50%) коефіцієнт кореляції між "Зразком" та "Аналогом" буде більше у порівнянні із коефіцієнтом кореляції "Істинне" поле / "Прогнозне" поле, тобто

$$CC(S, A) > CC(O, P).$$

Однак досить часто спостерігаються випадки (див. рис.1), коли величина

$$CC(S, A) < CC(O, P).$$

На рис.2 наведені результати прогнозування для вересня 2001 року.

Як видно, у даному разі вже $CC(S, A) > CC(O, P)$.

В той же час для даних "Зразок" / "Аналог" величина ***MAD ( )*** буде менше, ніж для даних "Істинне" поле / "Прогнозне" поле. Тобто ступінь розкиду даних при переході від величини "Зразок" / "Аналог" до величини "Істинне" поле / "Прогнозне" поле буде збільшуватися:

$$MAD(S, A) < MAD(O, P).$$

Таким чином, між коефіцієнтом кореляції та величиною ***MAD ( )*** спостерігається протилежна поведінка.

Враховуючи, що поля ***TMIN***, ***TMAX*** та поле ***P*** – поля природні, слід, безумовно, чекати, що прогнозованість цих полів у різні місяці року буде істотно різною.

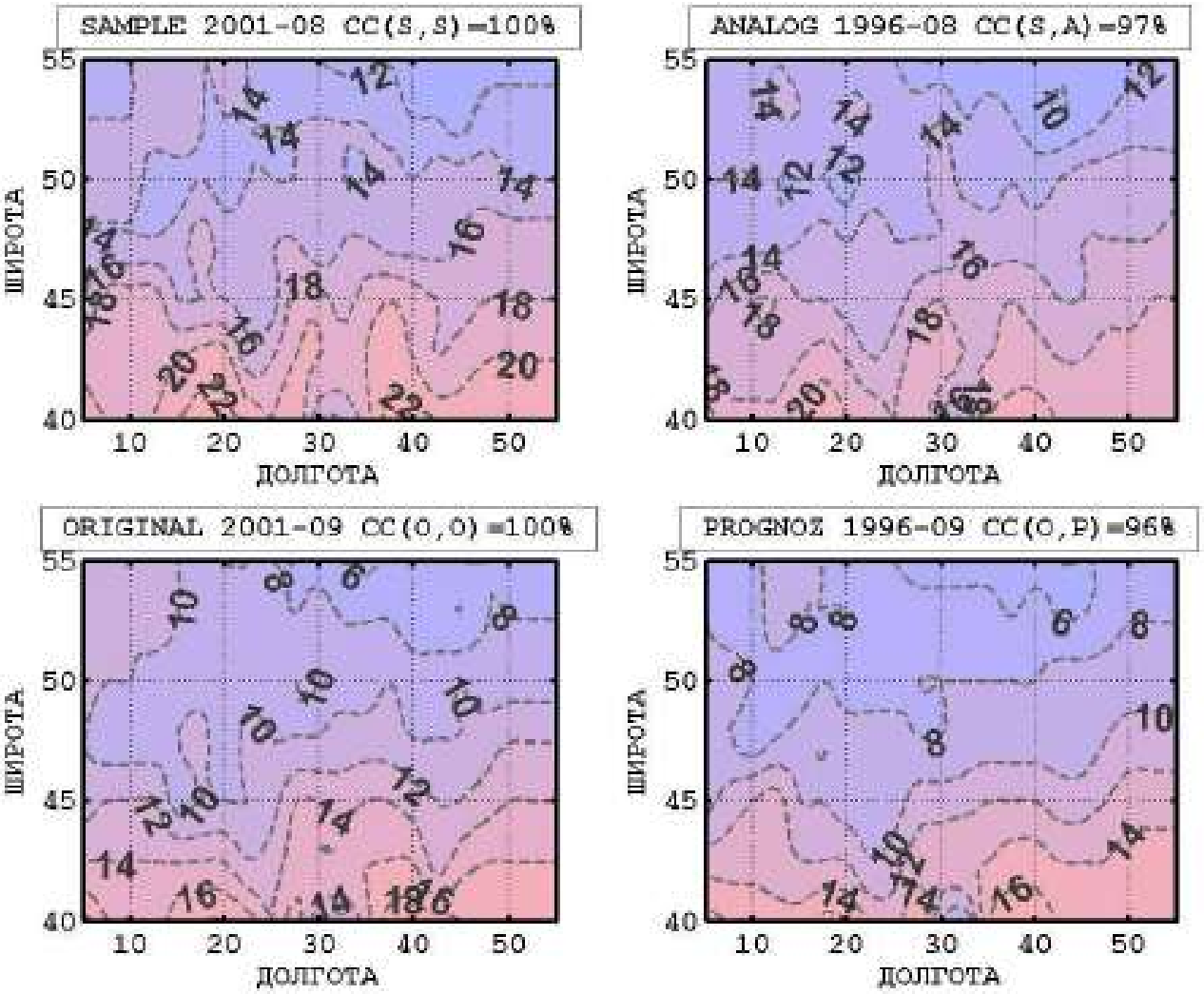


Рисунок 2 – Графіки результатів прогнозування для вересня 2001 року.
Figure 2 – The graphs result forecast for September 2001.

На рис 3 наведені результати прогнозування полів за місяцями.

Розглянуті сумісно графіки для медіани коефіцієнтів кореляції “Зразок” / “Аналог” ***MEDIAN(CC(S,A))*** та “Істинного” поля / “Прогнозного” поля ***MEDIAN(CC(O,P))***.

Як видно, криві ведуть себе достатньо узгоджено.

Пошук “Аналога” за “Зразком” досить добре здійснюється у місяці 1; 2; 3; 4 та 8; 9; 10; 11; 12, дещо гірше – наприкінці весни та практично до середини літа (місяці 5; 6 та 7).

Однак з точки зору практики найбільш важливим є саме безпосередній прогноз.

Згідно із рис.3, помітне погіршення якості безпосереднього прогнозу для поля ***TMIN*** спостерігається у місяці 3; 4; 5; 6 та 7, тобто починаючи із початком весни та закінчуючи серединою літа. При цьому навіть у самому гіршому випадку коефіцієнт кореляції, що характеризує у середньому якість прогнозу, не “падає” менше 78%.

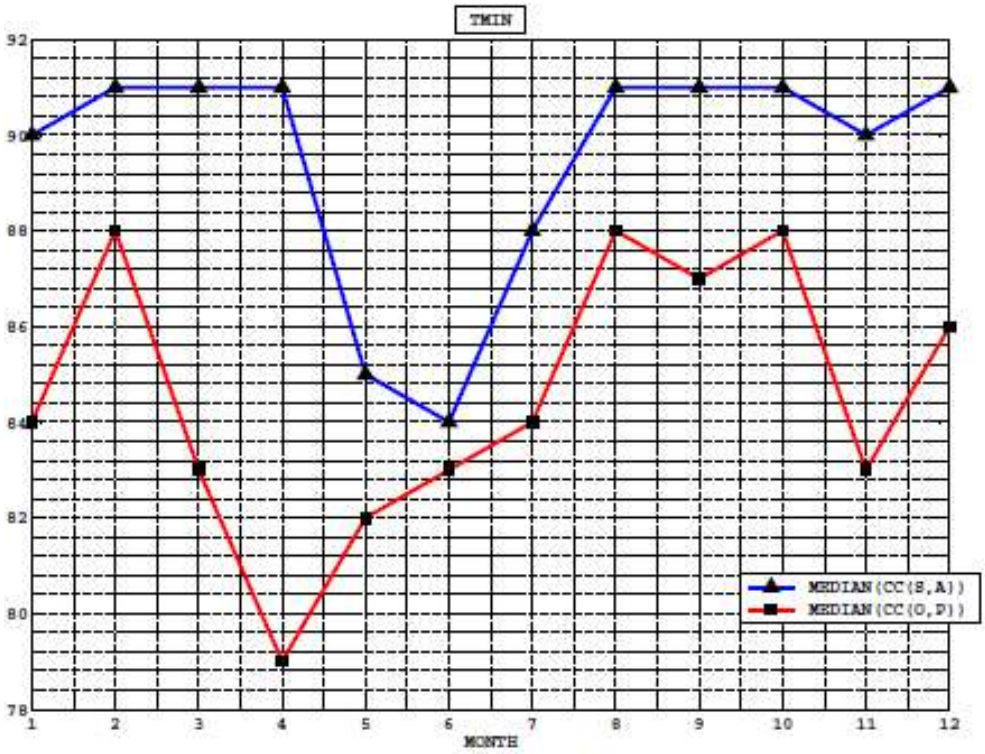


Рисунок 3 – Медіани статистик результатів прогнозу за місяцями для коефіцієнтів кореляції полів ***TMIN***.

Figure 3 – The median of statistician results of the forecast along month for correlation coefficients of the ***TMIN*** fields.

Для поля ***TMAX*** погіршення прогнозованості також припадає приблизно на цей період (див. рис.4).

Щодо поля приземного тиску ***P***, то якість прогнозу катастрофічно падає практично до нуля для травня місяця.

Як показують проведені дослідження, прогнозування метеорологічних полів буде успішним, якщо значення ***MEDIAN(CC(O,P)) ≥ 70%.***

Поріг у 70% визначений на основі схожості поведінки багатьох полів та відповідає реальним запитам практики.

Авторами пропонується слідуюча градація якості прогнозу:

погана якість прогнозу – ***MEDIAN(CC(O,P)) < 70%;***

задовільна якість – ***MEDIAN(CC(O,P))=70 … 80%;***

добра якість – ***MEDIAN(CC(O,P))=81 … 90%;***

відмінна якість – ***MEDIAN(CC(O,P)) >91%.***

Із цих позицій результати прогнозу можуть бути представлені наступним чином.

ПОЛЕ ***TMIN***:

Задовільна якість прогнозу – місяць 4 (квітень),

всі інші місяці – якість прогнозу добра.

ПОЛЕ ***TMAX***:

погана якість прогнозу – місяць 5,

задовільна якість – місяці 4; 6; 7 та 8,

добра якість – місяці 3; 9 … 12,

відмінна якість – місяці 1 та 2.

ПОЛЕ ***P***:

погана якість прогнозу – місяці 3 … 6; 8 та 9,

задовільна якість – місяці 1; 2; 7; 10 та 11,

добра якість – місяць 12.

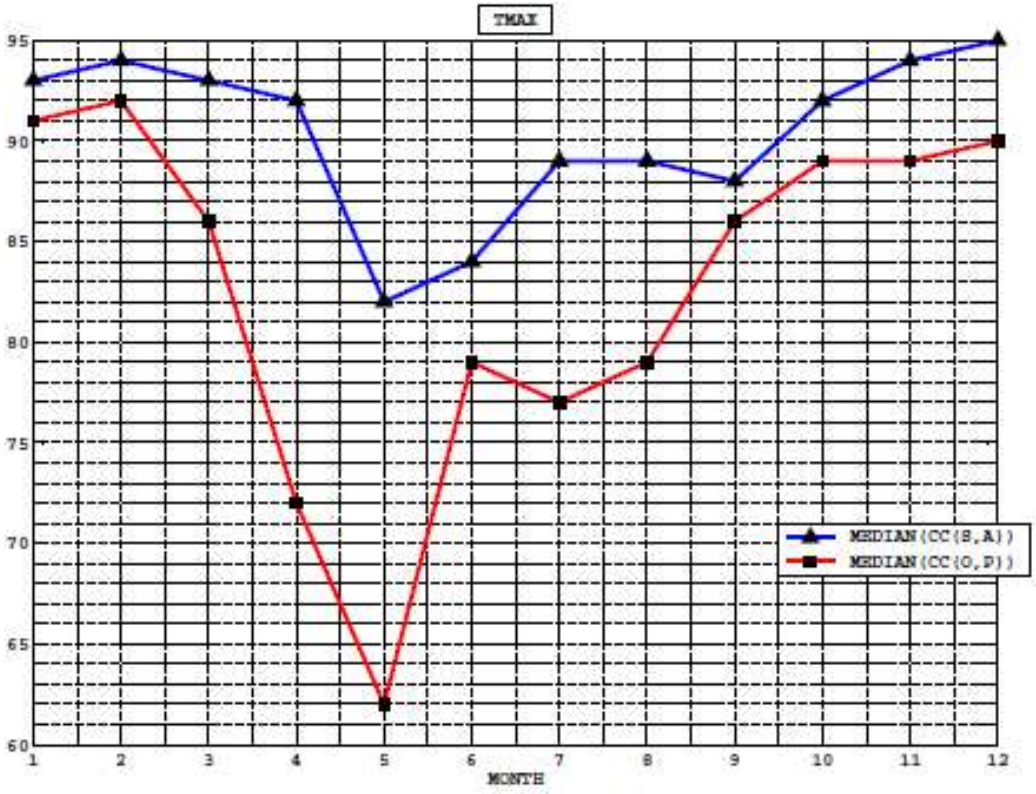


Рисунок 4 – Медіани статистик результатів прогнозу за місяцями для коефіцієнтів кореляції полів ***TMAX***.

Figure 4 – The median of statistician results of the forecast along month for correlation coefficients of the ***TMAX*** fields.

Таким чином, має сенс порівнювати якість прогнозів метеорологічних полів за числом місяців, для яких якість буде поганою (незадовільною). Для поля ***TMIN*** таких місяців немає, для поля ***TMAX*** маємо один поганий місяць, поля ***P*** – шість таких місяців.

На рис.5 наведені дані, що характеризують розкид результатів прогнозування навколо "середнього" значення (медіани).

У даному випадку ***MAD(CC(S,A))*** – це "медіана абсолютних відхилень від медіани" для коефіцієнтів кореляції "Зразок"/"Аналог", значення ***MAD(CC(O,P))*** – для коефіцієнтів кореляції "Реальне" поле / "Прогнозне" поле.

Як видно, чим буде більшим розкид отриманих даних(тобто результатів), тим буде гірша якість прогнозу, і навпаки. Тобто криві ***MAD ( )*** йдуть "вверх" при погіршенні якості прогнозу, або вниз – по мірі їх поліпшення.

На рис 6. представлені відповідні дані для поля ***TMAX***.

Порівнюючи графіки на рис. 5 та рис. 6, можливо зробити висновок, що поля ***TMIN*** та ***TMAX*** із позиції розкиду даних певним чином відрізняються. А виконання такої статистики, як ***MAD ( )***, тільки підкреслює різницю між цими полями.

В результаті проведеної роботи розроблений метод промислового прогнозування природніх (у тому числі метеорологічних) полів, що заснований на сучасних ідеях детермінованого хаоса.

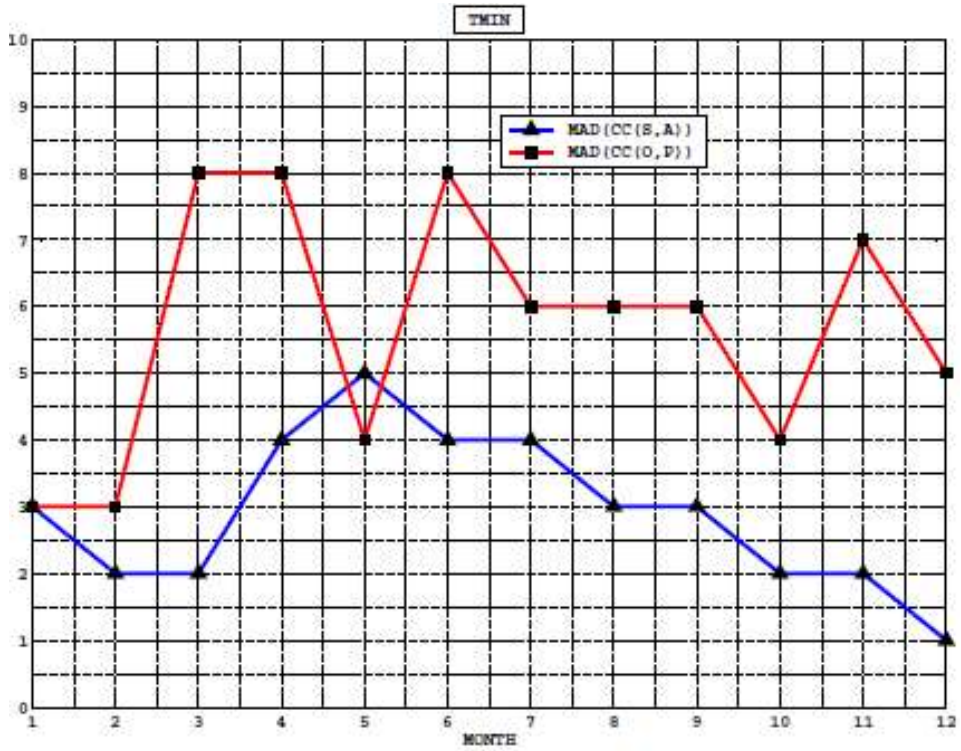


Рисунок 5 – Значення ***MAD ( )*** для статистик результатів прогнозу за місяцями для коефіцієнтів кореляції полів ***TMIN***.

Figure 5 – Values of ***MAD ( )*** for statistics of prediction results on along monthes for correlation coefficients by ***TMIN*** fields.

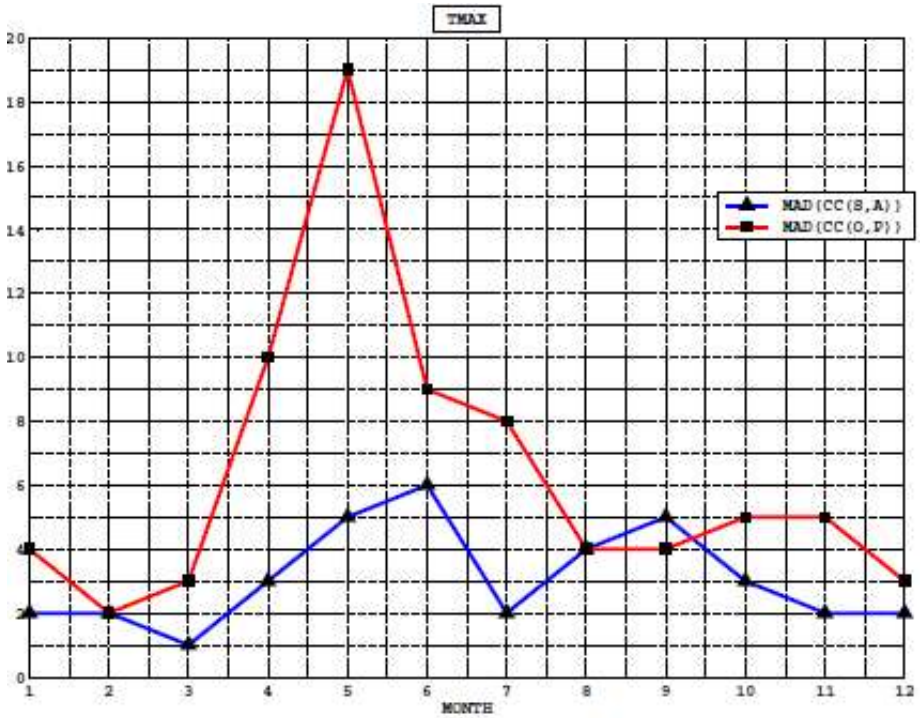


Рисунок 6 – Значення ***MAD ( )*** для статистик результатів прогнозу за місяцями для коефіцієнтів кореляції полів ***TMAX***.

Figure 6 – Values of ***MAD ( )*** for statistics of prediction results on along monthes for correlation coefficients by ***TMAX*** fields.

Висновки

У роботі розглянутий процес прогнозування трьох метеорологічних полів: мінімальної та максимальної приземної температури повітря, приземного тиску.

Як показано у дослідженні, у випадку природніх процесів, що мають більш-менш виражену періодичність, значно кращі результати прогнозування методом ***LA*** досягаються при використанні не всіх вихідних даних, а тільки спеціально виділеної їх частки. У цьому зв'язку і був запропонований різновид методу локальної апроксимації – селективна локальна апроксимація (селективна ***LA***).

Розроблений метод селективної ***LA*** підвищує у середньому коефіцієнти кореляції між реальними та прогнозними значеннями полів до 10% у порівнянні із класичним методом, що з позицій прогнозування є досить вагомим результатом.

У статті наведені результати прогнозування полів методом селективної ***LA*** для кожного місяця відповідного року.

Число аналогів, необхідних для визначення вектору стану, в усіх випадках приймалося рівним одиниці.

Запропоновані спеціальні критерії якості прогнозу, які попередньо були розподілені на дві групи – побічні критерії, які розглядають співвідношення між "Зразком" та "Аналогом", та критерії прямі, що розглядають співвідношення між "Прогнозним" та "Істинним" полем.

При цьому між побічними та прямими критеріями якості спостерігається достатньо сильний взаємозв'язок: чим краща якість прогнозу з точки зору побічних критеріїв, тим звичайно краща і якість безпосереднього прогнозу.

Також якість прогнозу була розглянута з позицій непараметричного аналога стандартного відхилення, який характеризує розкид даних прогнозування.

Використання міри розкиду даних для характеристики якості прогнозу підкреслює різницю між полями (точніше, їх прогнозованістю).

Показано, що якість прогнозу з позицій "середнього" коефіцієнта кореляції знаходиться у взаємозворотній залежності від "середнього" розкиду даних.

З точки зору промислового прогнозування запропонована градація на погану (незадовільну), задовільну, добру та відмінну якість.

З позицій такої градації порівнюється якість прогнозу для різних полів за числом місяців, для яких якість прогнозу буде незадовільною.

У відповідності з цим для поля ***TMIN*** таких місяців немає, для поля ***TMAX*** маємо один такий місяць, для поля ***P*** – шість таких місяців.

Тобто температурні метеорологічні поля прогнозуються значно краще, ніж поле приземного тиску.

Встановлено, що для всіх зазначених полів погіршення якості прогнозу спостерігається у період "початок весни … середина літа".

Для поля ***P*** таке погіршення може бути катастрофічним (промисловий прогноз стає практично неможливим).

Особливо звертається увага на істотну різницю між критеріями якості прогнозу, які пропонують автори статті, та критеріями якості у інших дослідників по цьому питанню. У даному випадку використані найбільш "жорсткі" критерії, які диктуються застосуванням промислового прогнозу.

Напрямок подальших досліджень

Попередньо зазначимо, що автори статті розглядають тільки ті напрямки, за якими проводяться найбільш перспективні дослідження.

Як відомо, локальні методи прогнозування (перш за все метод ***LA*** нульового порядку) вимагають перетворення часового ряду у траєкторну матрицю, але не розглядають таку матрицю у повному обсязі. На відмінну від цього глобальні методи використовують регресії на основі радіальних базисних функцій ***(RBF)***, тобто ядерні (англ.***KR***) регресії с ***RBF*** –ядром, так звані ***RBFR***–регресії.

У цьому випадку аналізують хаотичний аттрактор як цілісний об'єкт, тобто оперують із хаотичним аттрактором глобально.

Цей підхід дає певні переваги при прогнозуванні природніх полів у порівнянні із методом локальної апроксимації.

Тому цілком очевидним є проведення також подальшого аналізу особливостей прогнозування полів методом ***RBFR,*** та порівняння ефективності застосування цих методів.

Перелік посилань

1. Васильев А.П.Проектирование дорог с учетом влияния климата на условия движения.-М: Транспорт, 1986. -248 с.
2. Жосткие покрития аэродромов и автомобильных дорог/ Г.И. Глушков, В.Ф. Бабков, И.Ф. Медников и др. М.: Транспорт, 1987. -255с.
3. Артёменко В.А., Петрович В.В. О возможностях прогнозирования температурных временных рядов методом локальной аппроксимации. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 89. К.: Вид-во Націон. трансп. ун-ту, 2013. С.159-171.
4. Артеменко В.А., Петрович В.В. Прогнозування полів природних процесів методами хаотичної динаміки. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 91. К.: Вид-во Націон. трансп. ун-ту, 2014. С.128-138.
5. Артеменко В.А., Петрович В.В. Прогнозування нерегулярних часових рядів методом локальної апроксимації. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 86. К.: Вид-во Націон. трансп. ун-ту, 2012. С.176-195.

THE FORECASTING FIELDS OF HYDROMETEOROLOGICAL VALUES BY MEANS OF SELECTIVE LOCAL APPROXIMATION METHOD

Artemenko Vladuslav A., ***UT5UDJ,*** Master of Ecology, Ukrainian Hydrometeorological Institute, State Service on Emergencies of Ukraine and National Academy of Science of Ukraine, Hydrochemical Research, Scientific Employee, e-mail: artemenko@uhmi.org.ua, tel. 380936011250, Nauki avenue, 37, Kyiv, Ukraine, 03028, room 34, https://orcid.org/0000-0003-0536-5415
Petrovych Volodymyr V., Candidate of Technical Sciences, Professor, Senior Researcher, Professor of the Transportation Construction and Property Management Department**,** National Transport University. e-mail: petrovichvv60@ukr.net, tel. +380442807338, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 138, https://orcid.org/0000-0003-0422-2535

Abstract. Aim of the investigations this estimation further possibilities of the forecast natural (hydrometeorological) fields by means of chaotical dynamic methods.
Method of Local Approximation of the zero order (LA∅-method) was used.
Raw data this mean – month fields of minimal and maximal temperature and air pressure (ground level for all this fields).
At raw data beforehand were not filtered.
Quality of the forecast defined by way of the comparison forecasting values and true values. True and forecasting fields are present itself matrix.
So fields transformed to vector – columns and then found linear factor to correlation between them. Herewith suppose that linear factor to correlation measures quality of the forecast (outside of dependencies from probabilistic law of the raw datas).
For conservation of the goodness of the forecast prediction itself run for one step ahead (one month ahead).
For current vector of the state found only one analogue (for all considered in article examples).
Variety of the method was designed to Local Approximation which authors have named as Selective Local Approximation.
Selective Local Approximation method at the average enlarges factor to correlation between real and forecasting fields on 10% in contrast with classical method of the Local Approximation.
Results of the forecasting hydrometeorological fields by Selective Local Approximation method were presented on each month for corresponding years.
Special criteria quality forecast were incorporated (two groups of such criterion).
Indirect criteria consider correspondence to between “Sample” and “Analog (ue)”.
Direct criteria consider correspondence to between real field and forecasting field.
It was found that between direct and indirect criteria is present enough strong intercoupling (than better forecasting quality with position of the indirect criterion that usually better and quality most forecast).
Also quality of the forecast is considered with position nonparametric analog of the standard deviation (scattering forecasting results).
In article is show that quality of the forecast with position of the average factor of correlations is found as

inverse value with average of scatter data.
With position of the forecasting for public facilities is offered corresponding to categorization quality forecast. In offered categorizations quality forecast is defined numbers of the months (from 12)of which forecast unsatisfactory.
Researches have shown that for all considered fields forecasting grows worse for a period of begin "springtimes … a midde summer".
Is it specifically chosen very large difference between extremly hard criteria given to article and criteria (quality of the forecasting) used other authors.

Keywords: Selective Local Approximation method, hydrometeorological fields forecasting, forecasting quality criterias.

References

1. Vasil'yev A.P.Proyektirovaniye dorog s uchetom vliyaniya klimata na usloviya dvizheniya.-M: Transport, 1986. -248 s. [in Russian].

2. Zhostkiye pokritiya aerodromov i avtomobil'nykh dorog/ G.I. Glushkov, V.F. Babkov, I.F. Mednikov i dr. M.: Transport, 1987. [in Russian].

3. Artemenko V.A., Petrovich V.V. O vozmozhnostyakh prognozirovaniya temperaturnykh vremennykh ryadov metodom lokal'noy approksimatsii. Avtomobil′ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo. Vyp. 89. K.: Vyd-vo Natsion. transp. un-tu, 2013. S. 159-171.

4.Artemenko V.A., Petrovych V.V. Prohnozuvannya poliv pryrodnykh protsesiv metodamy khaotychnoyi dynamiky. Avtomobil′ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo. Vyp. 91. K.: Vyd-vo Natsion. transp. un-tu, 2014. S. 128-138. [in Ukrainian].

5. Artemenko V.A., Petrovych V.V. Prohnozuvannya nerehulyarnykh chasovykh ryadiv metodom lokal′noyi aproksymatsiyi. Avtomobil′ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo. Vyp. 86. K.: Vyd-vo Natsion. transp. un-tu, 2012. S. 176-195. [in Ukrainian].

УДК 574.2:65.012.32 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-183-192**
UDC 574.2:65.012.32

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ НА АВТОТРАНСПОРТНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ ЗАСТОСУВАННЯМ КОМПЛЕКСУ УПРАВЛІНСЬКИХ ПІДХОДІВ

INCREASING OF THE EFFICIENCY OF THE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM AT A MOTOR VEHICLE ENTERPRISE USING A COMPLEX OF MANAGEMENT APPROACHES



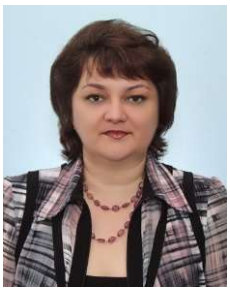
Барабаш Олена Василівна, *доктор технічних наук, доцент, професор кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища Національного транспортного університету, e-mail: barabashelena29@gmail.com, тел. +380442885100,*

https://orcid.org/0000-0001-5206-2922



Вайганг Ганна Олександрівна, *кандидат технічних наук, доцент кафедри кібербезпеки Львівського національного університету імені Івана Франка, e-mail: weigang.ganna@gmail.com, тел. +380951168332,*

https://orcid.org/0000-0002-2082-2322



Кухтик Наталія Олександрівна, *доктор філософії, доцент кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища Національного транспортного університету, e-mail: natakuchtik@gmail.com, тел. +380442885100,*

https://orcid.org/0000-0001-9467-891X

Анотація. У статті запропоновано комплекс управлінських підходів для кожного етапу впровадження та функціонування системи екологічного менеджменту на автотранспортному підприємстві. Запропонований алгоритм вибору та системна модель застосування управлінських підходів допоможуть керівництву підприємства та робочій групі розробити процедури швидкого реагування на виявлені невідповідності у підсистемах системи «Автотранспортне підприємство». Прийняття ефективних управлінських рішень дозволить підвищити рівень екологічної безпеки автотранспортного підприємства та ефективно провести екологоорганізаційні зміни в його діяльності.

Ключові слова: система екологічного менеджменту, управлінський підхід, моделювання вибору підходів до управління, автотранспортне підприємство.

Вступ. Автотранспортні підприємства (АТП), рішення яких щодо впровадження системи екологічного менеджменту (СЕМ) засноване на підвищенні не лише економічних показників, але й для екологічного розвитку, потребують постійного контролю та коригування розроблення й впровадження СЕМ як керівництвом підприємства так і представниками робочої групи на чолі з екологічним менеджером. Така необхідність виникає через те, що СЕМ є довгостроковим проектом, який вимагає постійної уваги, контролю, розвитку і фінансування.

Основний зміст організації екологічної діяльності на АТП шляхом впровадження СЕМ полягає в упорядкуванні відносин та зв'язків окремих елементів в процесі надання послуг, а також зменшення впливу на навколишнє природне середовище в часовому та просторовому аспектах. Організація екологічної діяльності АТП відбувається в межах певного організаційного утворення, яке наповнене окремими елементами та відносинами і становить виробничу одиницю, зі всіма необхідними ознаками системи (виробнича система). Отже, виробнича система з усіма її елементами та зі змінами в організації екологічної діяльності АТП шляхом розроблення та впровадження СЕМ повинна зазнати значних перетворень, які будуть направлені на застосування нового формату діяльності – екологічно усвідомленої.

Вагомою ознакою ефективної організації екологічної діяльності АТП є впровадження «живої» системи екологічного менеджменту, характерними ознаками якої є ріст, розвиток та постійний рух на основі екологічних цілей, завдань і задач, виконання яких забезпечує застосування найкращих варіантів (заходів) для зменшення негативного впливу підприємства на довкілля. Такі кроки стають можливими лише завдяки чітким та осмисленим діям керівництва АТП. Правильний вибір та застосування комплексу необхідних управлінських підходів на кожному етапі розроблення та впровадження СЕМ, дасть змогу стати їй ефективною, дієвою та результативною. Управлінські підходи щодо підвищення ефективності системи екологічного менеджменту передбачають отримання якомога об'єктивнішої інформації про роботу транспортних засобів. Цю інформацію можна отримати за допомогою пристроїв, що підтримують протокол OBDII [1].

Тому, авторами було запропоновано алгоритм вибору та структурну модель управлінських підходів для п'яти етапів розроблення, впровадження та функціонування СЕМ, що дало змогу вийти за межі процесного підходу (стандарт ДСТУ ISO 14001:2015 пропонує його як єдиний підхід для впровадження СЕМ), змінити траєкторію функціонування й розвитку системи екологічного менеджменту автотранспортного підприємства та підвищити його рівень екологічної безпеки.

Матеріали та методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань у статті використано сучасні методи наукових досліджень: аналіз − при узагальненні сучасних науково-технічних досягнень щодо впливу діяльності автотранспортних підприємств на природні компоненти довкілля; системний аналіз – для аналізу системи екологічного менеджменту та підсистем системи «Автотранспортне підприємство»; організаційно-розпорядчі методи – для вибору управлінського підходу на кожному етапі впровадження та функціонування СЕМ автотранспортного підприємства.

Результати і пояснення. Під час розроблення СЕМ робоча група повинна представити АТП у вигляді системи, яка складається з підсистем, властивості яких відрізняються від властивостей елементів, що входять до їх складу. Контекст системи «Автотранспортне підприємство» знаходиться у єдності трьох підсистем – «Внутрішнє середовище», «Зовнішні стейкхолдери», «Довкілля». При цьому підсистеми системи «Автотранспортне підприємство» поєднують три важливі аспекти функціонування СЕМ: зовнішнє джерело енергії; можливості щодо отримання ресурсів з довкілля для свого існування; зменшення негативного впливу АТП на довкілля під час надання послуг (рис. 1).

В контексті системи «Автотранспортне підприємство», яка є відкритою системою вбудованою в навколишнє природне середовище функціонує підсистема «Внутрішнє середовище», яка відіграє одну з ключових ролей під час розроблення та впровадження СЕМ. Керівництву АТП та учасникам робочої групи доречно провести ретельний аналіз контексту цієї підсистеми для виявлення всередині колективу АТП факторів, які негативно позначатимуться як на власне етапах розроблення, так і на ефективності впровадженої СЕМ. Виходячи із контексту підсистеми «Внутрішнє середовище» застосовують комплекс управлінських підходів, які мають позитивно позначитись на довгостроковій екологічній стратегії АТП направленій на постійне поліпшування діяльності відповідно до вимог ДСТУ ISO 14001:2015 [2]. Стратегія повинна постійно переглядатись керівництвом та робочою групою СЕМ, коригуватись та змінюватись у часі, так само як і змінюються умови навколишнього середовища.

Відповідно до вимог ДСТУ ISO 14001:2015 застосування процесного підходу є найбільш раціональним та ефективним варіантом впровадження СЕМ. Суть процесного підходу полягає в беззаперечній послідовності проходження етапів підготовки і проведення змін на підприємстві за допомогою методології покращення циклу PDCA [2]. Застосування процесного підходу забезпечуються шляхом інтегрування та налаштування процесів на підприємстві, які направлені на зниження витрат за рахунок раціонального використання ресурсів. Вважаємо, що процесний підхід до управління є оптимальним для тих підприємств та організацій, які характеризуються простою

організаційною структурою, коли весь процес зосереджений в рамках однієї структурної одиниці. Застосування процесного підходу, як єдиного правильного в складній ієрархічній системі управління АТП, призведе до зниження ефективності розроблення та впровадження СЕМ. Використання лише процесного підходу під час впровадження СЕМ пов'язано із традиційним авторитарним, контрольно-орієнтованим стилем управління керівництва, і стане причиною дестабілізації відносин в колективі [3].

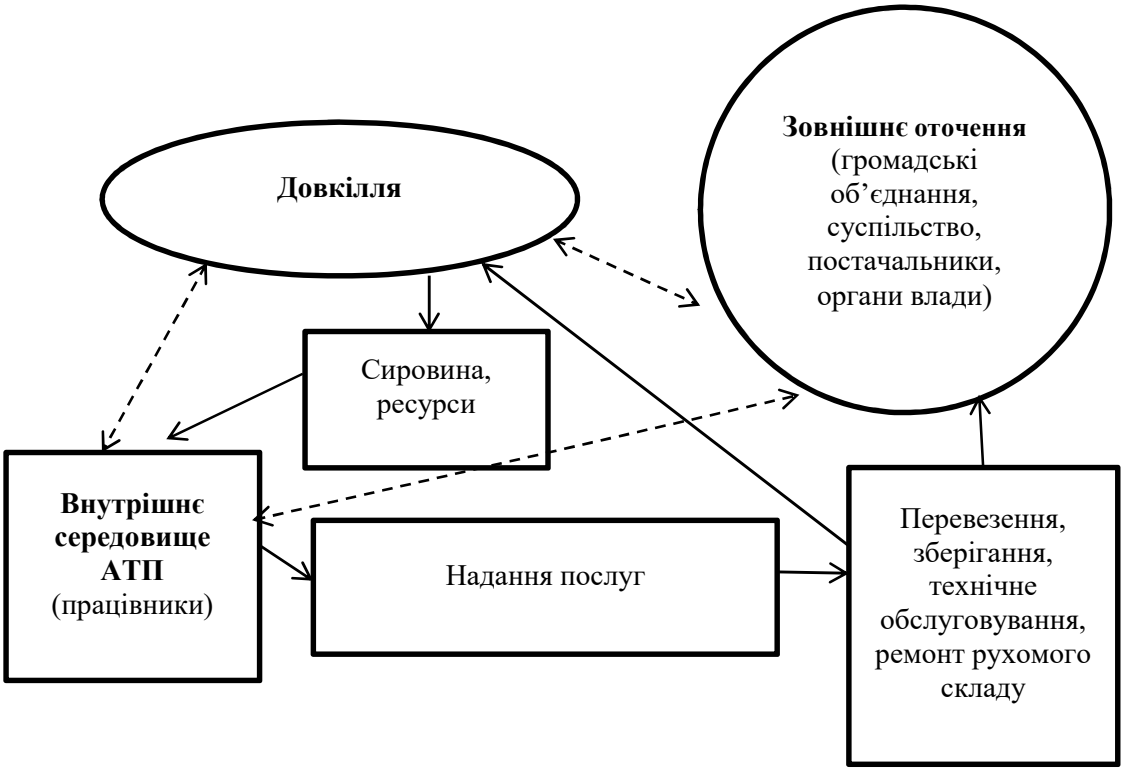


Рисунок 1– Контекст системи «Автотранспортне підприємство»
Figure 1 – Context of the «Motor Vehicle Enterprise» system

На практиці впровадження СЕМ потребує застосування декількох підходів до управління, оскільки недоліки класичних підходів знімаються під час комбінування декількох підходів одночасно. Така ініціатива дасть змогу впровадити ефективно функціонуючу СЕМ шляхом проведення необхідних екологоорганізаційних змін в підсистемах системи «Автотранспортне підприємство».

Для попередньої реалізації параметрів якості управлінського підходу та визначення його ефективності необхідно проаналізувати параметри входу системи (рис. 2).

Для цього потрібно визначити наскільки задовольняють параметри вимогам для впровадження ефективно функціонуючої СЕМ шляхом системного аналізу параметрів входу у систему «Автотранспортне підприємство» та параметрів входу у її підсистеми. На основі отриманих даних доцільно визначити наскільки покращиться ефективність того чи іншого процесу при застосуванні кожного із запропонованих підходів на окремому етапі екологоорганізаційних змін діяльності. При позитивному впливі управлінського підходу на підсистему та її елементи, а також при врахуванні особливостей етапу впровадження, він застосовується.

Якщо підхід не буде ефективним під час екологоорганізаційних змін діяльності, не буде враховувати особливості підсистем та їх елементів і не дозволить постійно контролювати та поліпшувати систему екологічного менеджменту АТП, тоді відбувається пошук нового підходу із необхідними характеристиками, що будуть влаштовувати керівництво під час розробки та впровадження СЕМ.

Таким чином, для ефективного впровадження СЕМ потрібно вибрати та скомбінувати підходи до управління так, щоб забезпечити їх застосування на кожному з етапів її впровадження. Отже розглянемо шляхи застосування та реалізації запропонованих управлінських підходів.

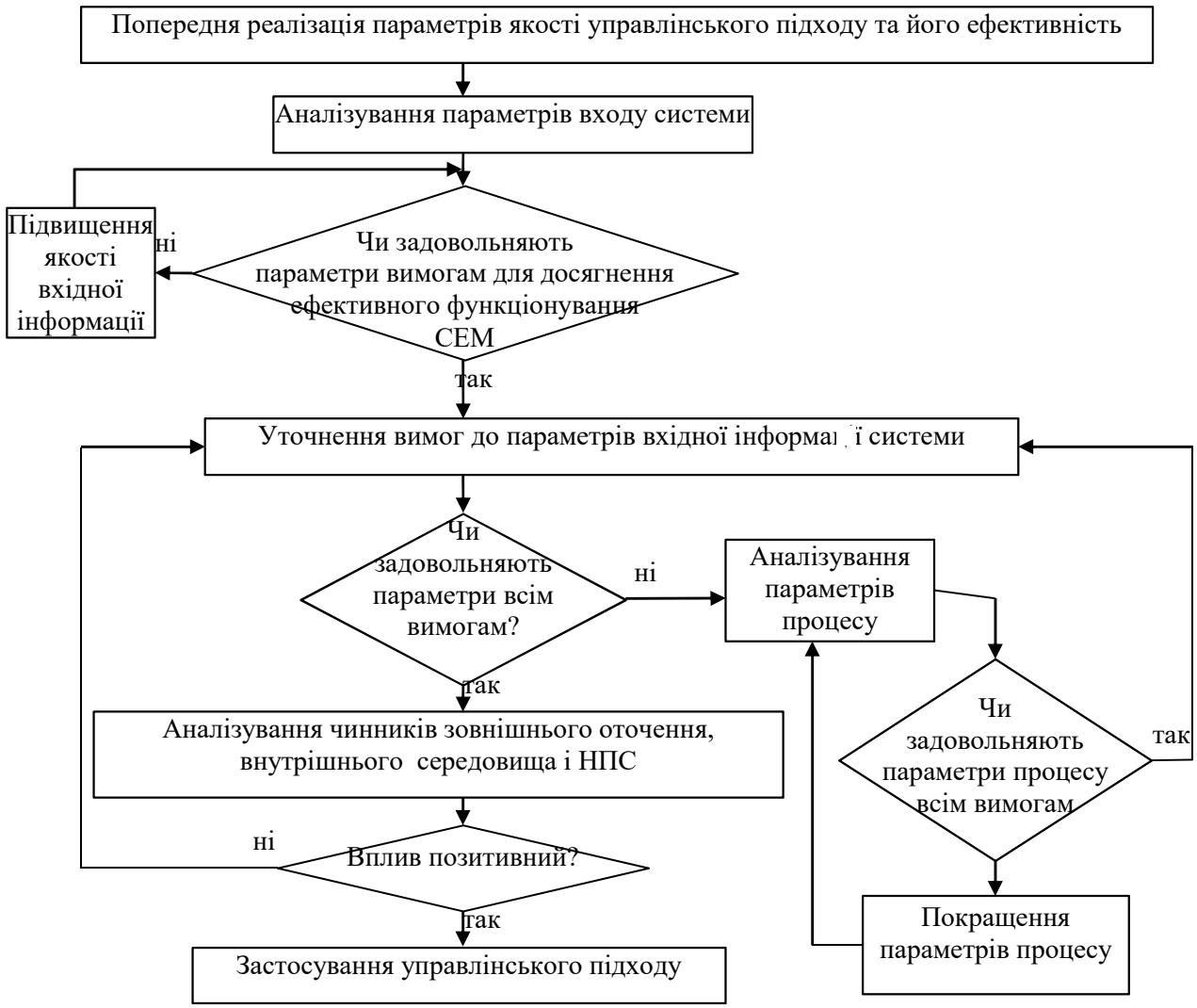


Рисунок 2 – Алгоритм вибору управлінського підходу під час розробки, впровадження та функціонування СЕМ
Figure 2 – Algorithm for choosing a management approach during the development, implementation and operation of the EMS

Ефективна розробка, впровадження та подальше функціонування СЕМ пов'язується із необхідністю застосування декількох класичних та комбінованих підходів до управління. Поєднуючи підходи до управління на конкретному етапі впровадження СЕУ, досягається можливість контролювання еколого-економічних показників діяльності АТП; проведення аналізу стану виконання та управління стратегічними та первинними документами СЕМ; залучення та мотивування працівників через впровадження схем заохочення; запобігання та усунення демотиваційних елементів в підсистемах системи «Автотранспортне підприємство»; здійснення контролю балансів та звітності необхідних для визначення результатів від запроваджених екологоорганізаційних змін діяльності АТП. Тому, якісний вибір та подальше застосування комплексу підходів на кожному етапі впровадження, дозволить сформувати СЕМ, метою якої є довгострокова діяльність в сфері охорони довкілля та готовність до сертифікаційного екологічного аудиту. Структурна модель застосування управлінських підходів під час розробки, впровадження та функціонування системи екологічного управління представлена на рис. 3.

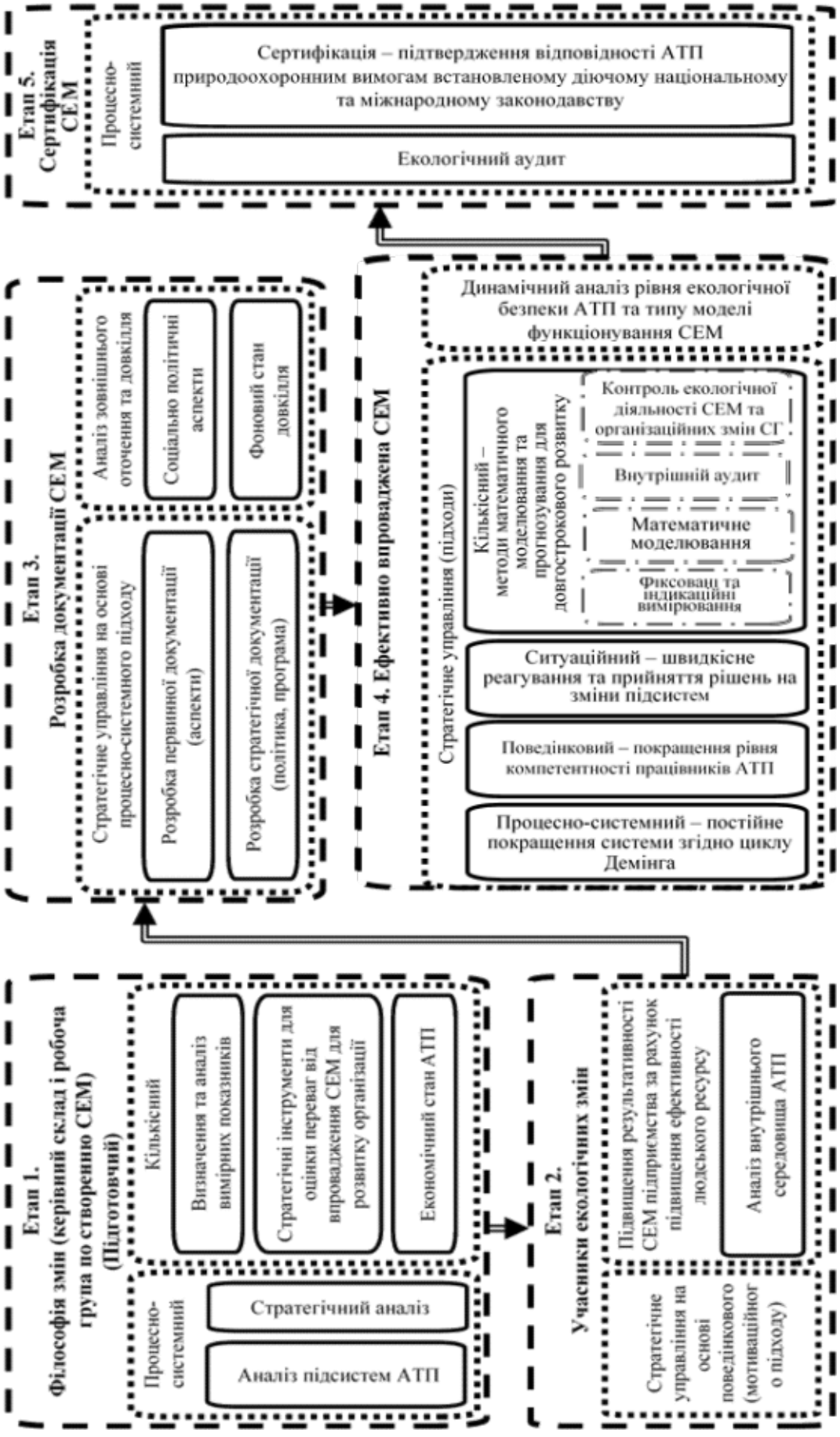


Рисунок 3 – Структурна модель застосування управлінських підходів на кожному етапі розробки, впровадження та функціонування системи екологічного менеджменту

Figure 3 – Structural model of the application of management approaches at each stage of the development, implementation and functioning of the environmental management system

На першому етапі розробки СЕМ основним завданням для керівництва та робочої групи є усвідомлення необхідності змін у філософії всіх підсистем системи «Автотранспортне підприємство». На цьому етапі пропонуємо застосовувати стратегічне управління для розвитку системи «Автотранспортне підприємство» та провести попередній аналіз підсистем та їх елементів за допомогою процесно-системного та кількісного підходів.

Застосування процесно-системного підходу є доречним на першому етапі розроблення СЕМ, оскільки він є узагальненою моделлю дій, необхідних для досягнення поставлених цілей шляхом координації та раціонального розподілу ресурсів суб'єкта господарювання для розуміння і визначення стратегії досягнення ефективного функціонування СЕМ.

За циклом PDCA, який заснований на процесному підході, керівництво АТП повинно визначити і встановити послідовність етапів і процесів необхідних для розробки й впровадження СЕМ. Для цього необхідно розглянути об'єкт управління як систему, яка складається з підсистем та елементів. Використовуючи процесно-системний підхід керівництво зможе не лише зануритись у систему «Автотранспортне підприємство» та розкласти її на підсистеми, але й визначити слабкі та сильні сторони кожної з них. Під час впровадження СЕМ керівництво, застосовуючи процесно-системний підхід відкриває «чорну скриньку». Наявність підсистеми «Довкілля» наповнює систему «АТП» відповідним змістом та взаємозалежними зв'язками з іншими підсистемами та процесами, які відбуваються не лише в середині підприємства, але й виходять у навколишнє природнє середовище, тим самим відкриваючи «чорну скриньку».

Ідентифікуючи в контексті системи «АТП» наявність підсистем та їх елементів, відзначаючи їх стан та розвиток, керівництво розглядає автотранспортне підприємство як соціо-еколого-економічну систему, яка за своїм змістом є відкритою системою, так званою «білою скринькою» із багатогранними суб'єкт-об'єктними взаємозв'язками [4].

Тому, на основі процесно-системного підходу керівництво зможе сформулювати пріоритети та визначити свої можливості для розвитку підсистеми «Довкілля», покращення кадрової та організаційної політики в підсистемі «Внутрішнє середовище» та визначити впливовість зовнішніх зацікавлених сторін як елементів підсистеми «Зовнішні стейкхолдери» на ефективність розроблення, впровадження та функціонування системи екологічного менеджменту автотранспортного підприємства.

Застосування процесно-системного підходу до управління дозволить на основі виявлених під час попереднього екологічного аналізу недоліків та переваг функціонування системи «АТП» та її підсистем розробити довгострокову стратегію постійного поліпшування СЕМ.

Наступним кроком для розвитку та покращення показників життєздатності підсистем системи «АТП» є застосування кількісного підходу, шляхом визначення ризиків пов'язаних із впровадженням СЕМ шляхом перевірки матеріальних активів АТП за допомогою математичних, статистичних методів та інженерних розрахунків. Керівництво та робоча група СЕМ оцінюючи ризики, перш за все повинні приділити особливу увагу тим аспектам діяльності АТП, які характеризуються найбільшою ймовірністю розвитку у населення несприятливих для здоров'я ефектів в результаті реального чи потенційного забруднення довкілля. Це можливо забезпечити, якщо буде встановлена залежність між різними показниками діяльності АТП, зокрема: техніко-організаційними, економічними, якістю послуг, витратами під час їх надання, наявністю на АТП кваліфікованого персоналу, впровадженням природоохоронних технологій до та після впровадження СЕМ. Завдяки кількісному підходу із застосуванням вимірних показників керівництво вже протягом року (в разі проведення моніторингу) зможе оцінити переваги СЕМ, які повинні позначитись на функціональних характеристиках всіх підсистем системи «АТП», а також на показниках економічного, екологічного та соціального розвитку підприємства [5, 6, 7].

Отже, перший етап розробки СЕМ у найбільшій мірі «лягає на плечі» керівного складу АТП та робочої групи, яка буде контролювати хід розробки та впровадження СЕМ. Лише після отримання показників, що визначають функціональний стан підсистем системи «АТП» стає доцільно запроваджувати екологоорганізаційні зміни в діяльності АТП, що неможливо здійснити без допомоги працівників усіх підрозділів підприємства.

На другому етапі розробки та впровадження СЕМ головним завданням керівництва та робочої групи СЕМ є побудова взаємовідносин із колективом підприємства таким чином, щоб був встановлений зв'язок між керівництвом та працівниками підприємства, а також усунення демотиваційного насторою всередині підсистеми «Внутрішнє середовище», що негативно позначиться на розробленні та впровадження СЕМ. Якщо вчасно не приділити увагу підсистемі «Внутрішнє середовище», то впровадження та ефективне функціонування СЕМ буде неможливим. Система екологічного менеджменту не підкріплена вмотивованими працівниками, які розуміють суть, необхідність та переваги від її впровадження залишиться лише «паперовим» варіантом, такою собі «тіньовою» СЕМ – без проведених екологоорганізаційних змін, але описаних документально. Щоб цього не сталось потрібно застосовувати стратегічне управління на основі поведінкового (мотиваційного) підходу, а результатом повинні стати кардинальні зміни у психології працівників по відношенню до екологоорганізаційних змін на АТП. Можливості реалізації працівниками АТП власних розробок, стимуляція нових ідей і їх практичне впровадження є основою нетрадиційного управління з позиції поведінкового підходу. Досягнення поставлених цілей довгострокової стратегії вищого керівництва АТП направленої на розробку ефективно функціонуючої СЕМ відбудеться лише тоді, коли працівники будуть визнані найвищою цінністю та найсуттєвішим ресурсом підприємства. Людський ресурс, це не лише основа необхідна для функціонування ефективної СЕМ, а пріоритетна ціль для покращення розвитку системи управління екологічною безпекою підприємства.

Тому, ще на першому етапі впровадження СЕМ керівництво повинно ретельно проаналізувати та вивчити підсистему «Внутрішнє середовище» для того, щоб мати можливість регулювати групові і міжособистісні відносини в колективі, відносини керівника і підлеглих, а також розуміти, яким чином можливо усунути виробничі, соціальні конфлікти та стреси, які можуть виникнути під час екологоорганізаційних змін. Застосування превентивних заходів, які базуються на результатах діагностики підсистеми «Внутрішнє середовище» дозволять сформувати якісно новий аспект у відносинах в колективі та призведуть до його соціального розвитку. Слід зазначити, що навчання працівників АТП особливостям розроблення СЕМ відповідно до вимог ДСТУ ISO 14001:2015, а також закріплення функцій та розподіл обов'язків під час впровадження СЕМ, дозволить знизити внутрішньоорганізаційну конфліктність. Застосування стратегічних інструментів під час курсів підвищення рівня екологічних знань та навчання працівників основам розробки СЕМ, впливатиме на суб'єктів управління екологічними змінами, учасників екологічних змін, їх прибічників і на тих, хто зміни не підтримує. Такий вид командної роботи дасть змогу збільшити мотивацію, цілеспрямованість, творче, стратегічне і трансформаційне мислення усіх співробітників АТП.

Кожен етап змін повинен забезпечуватись працівниками підприємства, які є кваліфікованими фахівцями у вузькому сегменті з постійним бажанням удосконалювати свої знання, реалізовувати свій творчий потенціал, що забезпечить неперервність процесу екологічних змін та покращить клієнтоорієнтований ефект. Зазначаємо, що на цьому етапі розробки СЕМ, керівництво підприємства не повинно повністю захоплюватись лише діагностикою та вирішенням проблем працівників, оскільки надмірні кроки у досягненні консенсусу щодо необхідності впровадження СЕМ можуть відволікати учасників змін від ключових впливів зі сторони інших підсистем, зокрема «Зовнішні стейкхолдери» та «Довкілля».

Після налагодження роботи та взаємозв'язків у підсистемі «Внутрішнє середовище» на третьому етапі розробки СЕМ необхідно підготувати і впровадити серію неперервних взаємопов'язаних дій на основі процесно-системного підходу, які полягають у розробці первинної та стратегічної документації. Управління документацією допоможе контролювати діяльність та зберігати інформацію про функціональний стан всіх трьох підсистем.

Розробка первинної екологічної документації розпочинається з вивчення законодавчих вимог щодо діяльності АТП та його впливу на стан довкілля. Для цього визначають екологічні аспекти діяльності підприємства та створюють ряд реєстрів , зокрема реєстр екологічних аспектів та впливу діяльності підприємства на стан довкілля; 2) реєстр суттєвих екологічних аспектів діяльності АТП; 3) реєстр законодавчих вимог щодо діяльності АТП. Наступним кроком на цьому етапі є розроблення стратегічних документів СЕМ, зокрема екологічної політики, цілей та програми екологічного менеджменту, які є результатом попередніх напрацювань і відображенням намірів підприємства щодо збереження довкілля та підвищення рівня екологічної безпеки АТП. Стратегічні документи повинні забезпечити виконання головної мети системи екологічного менеджменту – розвиток діяльності АТП

із дотриманням екологічних вимог для постійного поліпшування ефективності функціонування СЕМ у відповідності до взятих керівництвом на себе зобов'язань. Розробка процедур, на відміну від попередніх версій стандарту не є вимогою ДСТУ ISO 14001:2015, але на нашу думку є необхідним документом, особливо під час проведення моніторингових досліджень для визначення ефективності впровадженої СЕМ. Таким чином, третій етап поєднує в собі здобутки попередніх етапів розроблення СЕМ, які є фундаментом для постійного поліпшування екологічноорієнтованої діяльності АТП.

На третьому етапі розроблення СЕМ більше уваги потрібно приділити підсистемам «Зовнішні стейкхолдери» та «Довкілля». Це потрібно для налагодження ефективних комунікацій із зовнішніми зацікавленими сторонами з однієї сторони та для визначення екологічних аспектів та розробки на їх основі екологічної політики та програми екологічного менеджменту. Робоча група повинна, перш за все провести фоновий моніторинг та отримати дані спеціальних спостережень за всіма складовими довкілля, а також за характером, складом, колообігом та міграцією забруднювальних речовин до впровадження СЕМ, особливу увагу приділяючи стану природних компонентів довкілля в межах СЗЗ АТП. Результати моніторингу перед впровадженням СЕМ та процедури, які АТП визначить як необхідні для здійснення моніторингових досліджень будуть використовуватись під час контролю ефективності функціонування СЕМ. Порівнюючи результати моніторингу до та після впровадження СЕМ буде отримано достовірну інформацію про стан контролю екологічної діяльності та тип моделі СЕМ за ефективністю функціонування, а також про рівень екологічної безпеки АТП [3].

Четвертий етап розроблення та впровадження СЕМ є певним рубіконом для керівництва АТП, оскільки саме на цьому етапі вже спостерігаються переваги для АТП від впровадження СЕМ, а також виявляються недоліки й помилки, які були допущені під час її розроблення. Застосування чітких критеріїв та показників [3] дозволить встановити наскільки ефективними були екологоорганізаційні зміни. Тому, застосування комбінації класичних та комплексних підходів до управління на цьому етапі дозволить миттєво реагувати робочій групі та керівництву на зміни, що відбулися у зв'язку із впровадженням СЕМ у системі «АТП» та дасть змогу встановити відповідність між цілями екологічної програми, запланованими результатами та їх виконанням.

Вибір процесно-системного підходу на четвертому етапі впровадження СЕМ забезпечує керівництво інформацією, яка буде корисною для досягнення довгострокового успіху направленого на підвищення рівня екологічної безпеки та забезпечення збалансованого розвитку АТП. Застосування цього підходу дасть змогу чітко фіксувати стан всіх елементів підсистем системи «АТП» від розроблення до впровадження та функціонування СЕМ. Без застосування на цьому етапі кількісного підходу не відбудеться опрацювання даних щодо способів покращення послуг АТП з врахуванням аспектів життєвого циклу. Ситуаційний підхід на цьому етапі дозволяє швидко реагувати на потенційно несприятливі впливи для довкілля. Цей підхід допомагає коригувати невідповідності в роботі СЕМ ще до проведення сертифікаційного екологічного аудиту.

Швидке реагування та контролювання усіх показників системи «АТП» є можливим за умови налагоджених дій працівників (застосовується поведінковий підхід до управління), результатом яких є командна робота під час проведення моніторингу та аналізування отриманих інформаційних даних щодо впливу діяльності АТП на стан довкілля до, під час та після впровадження СЕМ. На цьому етапі важливо поєднувати діяльність робочої групи СЕМ та екологічного відділу АТП для аналізування стану СЕМ за допомогою методів: 1) інструментально-лабораторні та інвентаризація (визначення показників хімічного забруднення довкілля); 2) біоіндикація та біотестування (визначення реакції-відповіді живих організмів на стан природних компонентів довкілля); 3) математичне моделювання (відображення довгострокових перспектив від застосованих природоохоронних заходів та швидкість розрахунків отриманих показників під час моніторингу СЕМ). Таким чином, на основі застосування комплексу класичних та комбінованих підходів до управління на четвертому етапі керівництво отримає інформацію щодо відповідності функціонуючої СЕМ вимогам нормативно-правових документів, стандарту ДСТУ ISO 14001:2015 та зобов'язанням, які визначені в екологічній програмі та політиці АТП.

На п'ятому етапі, який пов'язаний із проведенням сертифікаційного аудиту, пропонуємо застосовувати процесно-системний підхід, який дозволить сформувати необхідний перелік документів СЕМ та забезпечити чітке виконання процедури та програми сертифікаційного аудиту.

Висновки

Отже, одним з першочергових завдань керівництва та робочої групи СЕМ є застосування алгоритму вибору та структурну модель реалізації управлінських підходів на всіх етапах розроблення, впровадження та функціонування системи екологічного менеджменту. Вибір та застосування управлінських підходів на кожному етапі розроблення, впровадження та функціонування СЕМ дозволяють отримати актуальну інформацію щодо результативності проведених екологоорганізаційних змін на АТП та одержати вимірні показники щодо ефективності функціонування системи екологічного менеджменту.

Перелік посилань

1. Кухтик Н.О., Кухтик В.В. Вплив методу прогріву на витрату палива автомобілем з двигуном з системою впорскування бензину. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки» (за галузями знань «Технічні науки»). Луцьк: ЛНТУ, 2018. Вип. 62. С. 152-156.

2. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування. Київ, 2016. 37 с. ISO 14001:2015, IDT.

3. Барабаш О.В. Наукові основи застосування методів біотестування та біоіндикації в системах управління екологічною безпекою суб'єктів господарювання : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук : 21.06.01. Київ, 2021. 40 с.

4. Барабаш О. В. Ефективність системи екологічного менеджменту як індикатор екологічної безпеки агломерацій. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. 2018. Вип. 4 (23). С. 14−19.

5. Волошенко О. О. Методичний підхід до формування стратегії еколого-орієнтованого розвитку підприємства. Ефективна економіка. 2016. № 11. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5274

6. Firuz D. Economic instruments of environmental management. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*. 2011. Vol. 1(2). P. 97-111.

7. Mason R. B. Management actions, attitudes to change and perceptions of the external environment: a complexity theory approach. *Journal of General Management*. 2008. Vol. 34. №. 1. P. 37–53.

INCREASING OF THE EFFICIENCY OF THE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM AT A MOTOR VEHICLE ENTERPRISE USING A COMPLEX OF MANAGEMENT APPROACHES

Barabash Olena V., National Transport University, Doctor of Engineering Sciences, Associate Professor, Professor at the Department of Ecology and Environmental Protection technology, e-mail: barabashelena29@gmail.com, tel. (044) 2885100, Ukraine, Kyiv 01010, 1 M. Omelianovycha-Pavlenka Str., https://orcid.org/0000-0001-5206-2922

Weigang Ganna O., Ivan Franko National University of Lviv, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Cyber Security, e-mail: weigang.ganna@gmail.com, tel. +380951168332, Ukraine, Lviv, Lviv Region, 79005, 50 Drahomanova Str., https://orcid.org/0000-0002-2082-2322

Kukhtyk Nataliia O., National Transport University, PhD, Associate Professor at the Department of Ecology and Environmental Protection technology, e-mail: natakuchtik@gmail.com, tel. (044) 2885100, Ukraine, Kyiv 01010, 1 M. Omelianovycha-Pavlenka Str., https://orcid.org/0000-0002-2082-2322

Abstract. The article proposes a set of management approaches for each stage of implementation and functioning of the environmental management system at the motor vehicle enterprise. The proposed selection algorithm and the system model of the management approaches usage will help the management of the enterprise and the working group to develop procedures for rapid response to identified disparities in the subsystems of the «Motor Vehicle Enterprise» system. Making of effective management decisions will allow to increase the level of environmental safety of the motor vehicle enterprise and to effectively carry out ecological and organizational changes in its activities.

Keywords: environmental management system, management approach, modeling of the management approaches selection, motor vehicle enterprise.

References

1. Kukhtyk N.O., Kukhtyk V.V. Vplyv metodu prohrivu na vytratu palyva avtomobilem z dvyhunom z systemoyu vporskuvannya benzynu. (The influence of the method of warm up on fuel consumption of the vehicle with the engine with the system of the gas injecting.) Mizhvuzivs′kyy zbirnyk «Naukovi notatky» (za haluzyamy znan′ «Tekhnichni nauky»). Luts′k: LNTU, 2018. Vyp. 62. S. 152-156. [in Ukrainian].

2. DSTU ISO 14001:2015. Systemy ekolohichnoho upravlinnya. Vymohy ta nastanovy shchodo zastosuvannya (Environmental management systems – Requirements with guidance for use). Kyiv, 2016. 37 s. ISO 14001:2015, IDT. [in Ukrainian].

3. Barabash O.V. Naukovi osnovy zastosuvannya metodiv biotestuvannya ta bioindykatsiyi v systemakh upravlinnya ekolohichnoyu bezpekoyu sub″yektiv hospodaryuvannya (Scientific basis for the application of biotesting and bioindication methods in environmental management systems of economic entities) : avtoref. dys. na zdobuttya nauk. stupenya d-ra tekhn. nauk : 21.06.01. Kyiv, 2021. 40 s. [in Ukrainian].

4. Barabash O. V. Efektyvnist′ systemy ekolohichnoho menedzhmentu yak indykator ekolohichnoyi bezpeky ahlomeratsiy. (The effectiveness of the environmental management system as an indicator of environmental security of agglomerations) Ekolohichni nauky: naukovo-praktychnyy zhurnal. 2018. Vyp. 4 (23). S. 14−19. [in Ukrainian].

5. Voloshenko O. O. Metodychnyy pidkhid do formuvannya stratehiyi ekoloho-oriyentovanoho rozvytku pidpryyemstva. (Methodical approach to the formation of the strategy of ecologically-oriented development of the enterprise). Efektyvna ekonomika. 2016. № 11. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=5274 [in Ukrainian].

6. Firuz D. Economic instruments of environmental management. Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences. 2011. Vol. 1(2). P. 97-111 [in United Kingdom].

7. Mason R. B. Management actions, attitudes to change and perceptions of the external environment: a complexity theory approach. Journal of General Management. 2008. Vol. 34. №. 1. P. 37–53 [in United Kingdom].

УДК 625.85 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-193-203**
UDC 625.85

МОЖЛИВОСТІ УТИЛІЗАЦІЇ ЗОЛО-ШЛАКОВИХ СУМІШЕЙ В ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ
POSSIBILITIES OF DISPOSAL OF ASH-SLAG MIXTURES IN ROAD CONSTRUCTION



Баран Сергій Анатолійович, *кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, кафедра дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, доцент кафедри, e-mail: baran_serg@ukr.net, тел. +380978806451*

https://orcid.org/0000-0002-3591-9880



Куцман Олександр Михайлович, *кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, кафедра дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, доцент кафедри, e-mail: kutsmans@ukr.net, тел. +380672960871,*

https://orcid.org/0000-0002-6751-6592



Мудрак Клавдія Василівна, *кандидат хімічних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, професор кафедри, e-mail: klav@ukr.net, +380632188034*

https://orcid.org/0000-0002-0340-4399

Анотація. У статті розглянуто питання утилізації відходів ТЕЦ шляхом їх застосування як техногенного ґрунту або гранулометричної добавки для поліпшення властивостей місцевого ґрунту при влаштуванні ґрунтових основ автомобільних доріг та шляхом заміни відходами ТЕЦ кондиційних матеріалів мінеральної частини бітумо-мінеральних сумішей, які можуть у багатьох випадках успішно заміняти дефіцитні асфальтобетонні суміші. Наведені результати визначення фізико-механічних характеристик матеріалів із застосуванням золошлакових сумішей. Отримані результати свідчать про доцільність застосування золошлакових сумішей в якості техногенного ґрунту або гранулометричної добавки для поліпшення властивостей місцевого ґрунту, а також про можливість і доцільність застосування «золошлакових асфальтобетонних» сумішей для здійснення ямкового ремонту як за сприятливих, так і за несприятливих погодних умов на різних категоріях вулиць і доріг, в різних конструктивних шарах конструкцій дорожного одягу (покриття, основа, додаткова основа).

Ключові слова: золошлакові суміші, техногенний ґрунт, гранулометрична добавка, утилізації відходів, питоме зчеплення, кут внутрішнього тертя, модуль пружності, суміші бітумомінеральні, гранулометричний склад, фізико-механічні властивості.

Вступ

Основу енергетики України сьогодні складають теплові електростанції (ТЕС) на органічному паливі (одним із основних видів палива на таких об’єктах є вугілля), що забезпечують 75–80 % усього виробництва електроенергії [1].

На території України нараховується 25 потужних теплоелектростанцій та значна кількість котелень, теплоцентралей і інших підприємств цієї галузі. У процесі спалювання вугілля для виробництва тепло- і електроенергії утворюється значна кількість золи та шлаків. Протягом року вони продукують близько 30 млн. т золошлакових відходів, котрі складають для країни значну екологічну проблему. [2]. Ці відходи зберігаються без використання у золошлакових відвалах, які на більшості електростанцій переповнені, водночас збільшення об'ємів цих відвалів не припиняється, а з урахуванням приросту темпів споживання електроенергії і недостатньої швидкості розвитку інших джерел її виробництва, можна припустити збільшення кількості складованих золошлакових відходів (близько 22,5 млн. тон/рік) [3-5].

Крім того, як зазначено в [5], навіть при нормальній експлуатації золошлакових відвалів мають місце несприятливі гідрогеологічні процеси і явища, що порушують екологічну рівновагу місць їх розташування. Якщо не опікуватись цією проблемою – такі електростанції доведеться у найближчі роки зупиняти і виводити з енергосистеми. Подальше розміщення відходів потребує будівництва нових, або розширення існуючих золовідвалів, що в свою чергу призводить до відчуження значних територій та забруднення навколишнього середовища [6-8]. Аналіз сучасних досліджень свідчить, що на території санітарно-захисної зони золовідвалів рівень ушкодженості біосистем оцінюється як «вище середнього», а екологічна ситуація характеризується як «незадовільна» [6].

На даний час в Україні, накопичено біля 1,5 млрд. тон золо-шлакових сумішей у відвалах. Існує великий досвід їх використання в різних сферах народного господарства. Однак рівень утилізації таких матеріалів складає приблизно 10%. Тому використання відходів від спалювання твердого палива не тільки задача економії матеріальних ресурсів, а й проблема зростаючого забруднення навколишнього середовища. Відомо, що одним із найбільших крупнотонажних споживачів золо-шлакових сумішей потенційно є дорожнє будівництво [2, 6, 8-15]. Наприклад, на будівництво 1 км дороги (залежно від умов будівництва) потрібно: від 6 до 60 тис. м^3 ґрунту, найчастіше привізного, для земляного полотна; від 1,5 до 6,0 тис. м^3 піску для дренуючого та морозозахисного шарів; від 0,8 до 5,4 тис. м^3 щебеню або ґрунту, укріпленого в'яжучими матеріалами, для основи. При цьому, зазначені об'єми матеріалів становлять щонайменше 50 % кошторисної вартості дороги.

Використання великотоннажних твердих відходів промисловості вирішує питання пріоритетів подальшого розвитку національної економіки та охорони навколишнього середовища і є великим державним завданням, що має на меті підвищення ефективності використання матеріальних і енергетичних ресурсів, зменшення техногенного впливу і його наслідків на навколишнє середовище, поліпшення екологічної обстановки, а також вишукування можливостей використання відходів як сировини для різних галузей.

Мета роботи

Особливий практичний інтерес являє собою оцінюванка можливості застосування відходів ТЕЦ, при влаштуванні ґрунтових основ для автомобільних доріг та заміна кондиційних матеріалів мінеральної частини бітумо-мінеральних сумішей, які можуть у багатьох випадках успішно заміняти дефіцитні асфальтобетонні суміші..

Метою роботи є – на основі досліджень розроблення способів утилізації золошлакових відходів при влаштуванні ґрунтових основ для автомобільних та при виготовленні і застосуванні бітумо-мінеральних сумішей.

Виклад основного матеріалу дослідження

На кафедрі дорожньо-будівельних матеріалів і хімії НТУ було проведено експериментальні дослідження оцінки придатності ЗШС до застосування у будівництві в якості ґрунту та дослідження з розробки рецептів органо-мінеральних сумішей з використанням золошлакових відходів ТЕЦ, придатних для виконання доржно-будівельних робіт

Для оцінки придатності ЗШС до застосування у будівництві в якості ґрунту, були виконані випробування з визначення зернового складу, ступеня морозостійкості (величини відносного морозного здимання), оптимальної вологості і максимальної щільності. Були випробувані ЗШС різного зернового складу (рис. 1-3).

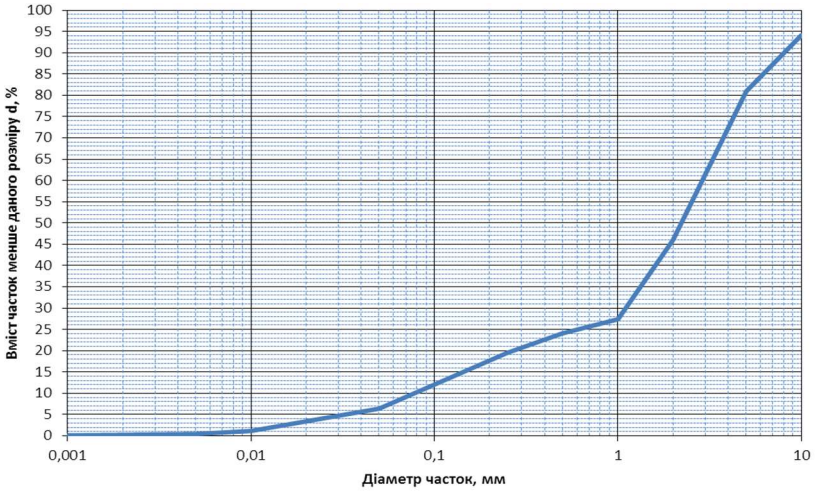


Рисунок 1 – Зерновий склад ЗШС №1
Figure 1 – Grain warehouse of ZSHS No. 1

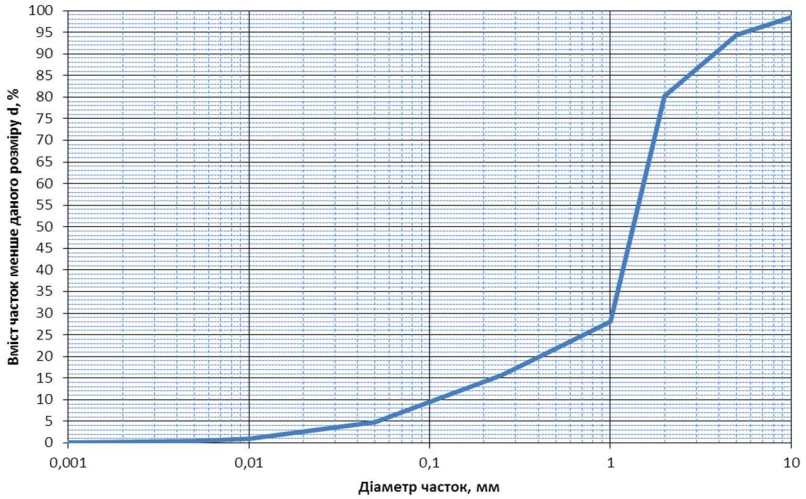


Рисунок 2 – Зерновий склад ЗШС №2
Figure 3 – Grain warehouse of ZSHS No. 2

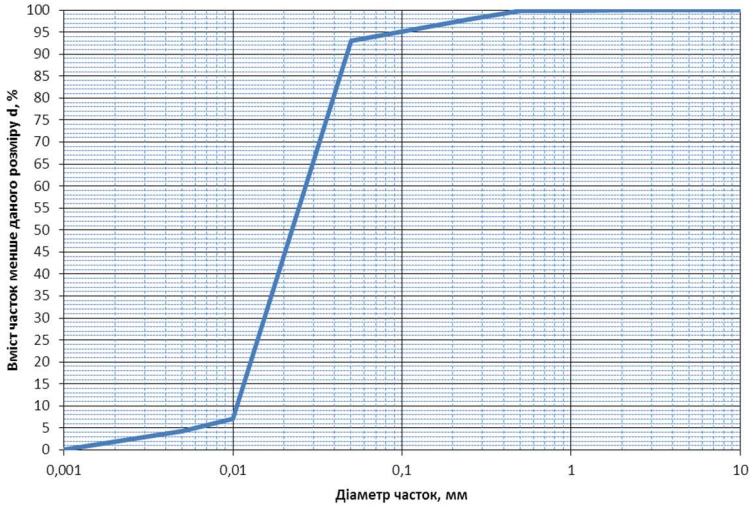


Рисунок 3 – Зерновий склад ЗШС №3
Figure 3 – Grain warehouse of ZSHS No. 3

Дані, отримані в результаті випробувань по визначенню зернового складу ЗШС, дозволили класифікувати їх за вмістом фракцій на три типи:

1. Грубодисперсна – вміст часток, розміром більше ніж 2 мм, перевищує 25 %.
2. Середньодисперсна – вміст часток, розміром більше ніж 0,05 мм, перевищує 60 %.
3. Тонкодисперсна – вміст часток, розміром більше ніж 0,05 мм, не перевищує 40%.

Як було зазначено вище, одним із критеріїв оцінки придатності ЗШС для їх застосування при влаштуванні основ автомобільних доріг, слід вважати їхню морозостійкість. Морозостійкість ЗШС, як і ґрунту, характеризують величиною їх відносного морозного здимання ($K_з$), що представляє собою відношення вертикальної деформації здимання при проморожуванні зразка до його початкової висоти, вираженої у відсотках.

Величина відносного морозного здимання була визначена згідно вимог ДСТУ Б В.2.1-13 [16]. Результати визначення морозостійкості наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Показники морозостійкості ЗШС
Table 1 – Indicators of frost resistance of ZSHS

Вертикальна деформація здимання, h_f, мм	Товщина промерзлого шару, d_i, мм	Відносна деформація здимання ε_{fh}	Ступінь здимальності
0,65	28,9	0,022	Слабо-здимальний

Згідно вимог нормативних документів, матеріали та ґрунти, величина відносного морозного здимання яких не більше ніж 3%, застосовують без обмежень. Відповідно, дані ЗШС також можуть використовуватись в якості техногенного ґрунту.

Однак, крім зернового складу та морозостійкості ЗШС, важливими показниками для застосування матеріалів є їх міцнісні характеристики.

Для цього були виготовлені зразки максимальної щільності при відповідній оптимальній вологості (рис. 4) та визначені показники питомого зчеплення, кут внутрішнього тертя (рис. 5) і модуля пружності ґрунтів та ЗШС, залежно від їх вологості (рис. 6).

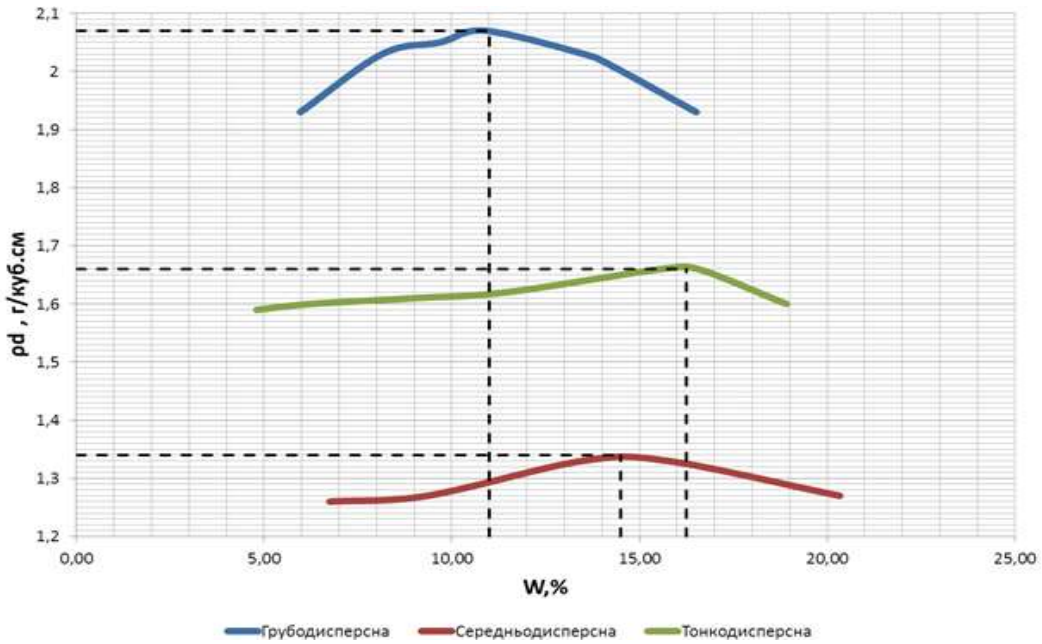
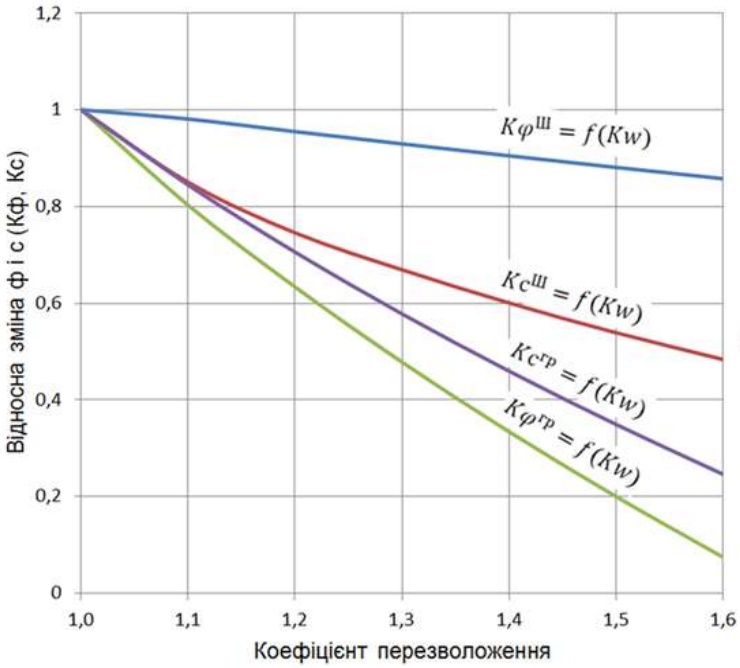


Рисунок 4 – Графік залежності щільності (ρ_d) ЗШС від її вологості (W_{opt})
Figure 4 – The graph of the dependence of the density (ρ_d) of ZSHS on its moisture content (W_{opt})



$$K\varphi = \frac{\varphi_{wi}}{\varphi_{w0}}$$

$$Kc = \frac{c_{wi}}{c_{w0}}$$

де: φ_{wi} (c_{wi}) – кут внутрішнього тертя (зчеплення) при підвищеній вологості;
φ_{w0} (c_{w0}) – кут внутрішнього тертя (зчеплення) при оптимальній вологості.

Рисунок 5 – Залежність показників питомого зчеплення і кута внутрішнього тертя ґрунту та ЗШС від вологості

Figure 5 – Dependence of indicators of specific adhesion and angle of internal friction of the soil and ZSHS on humidity

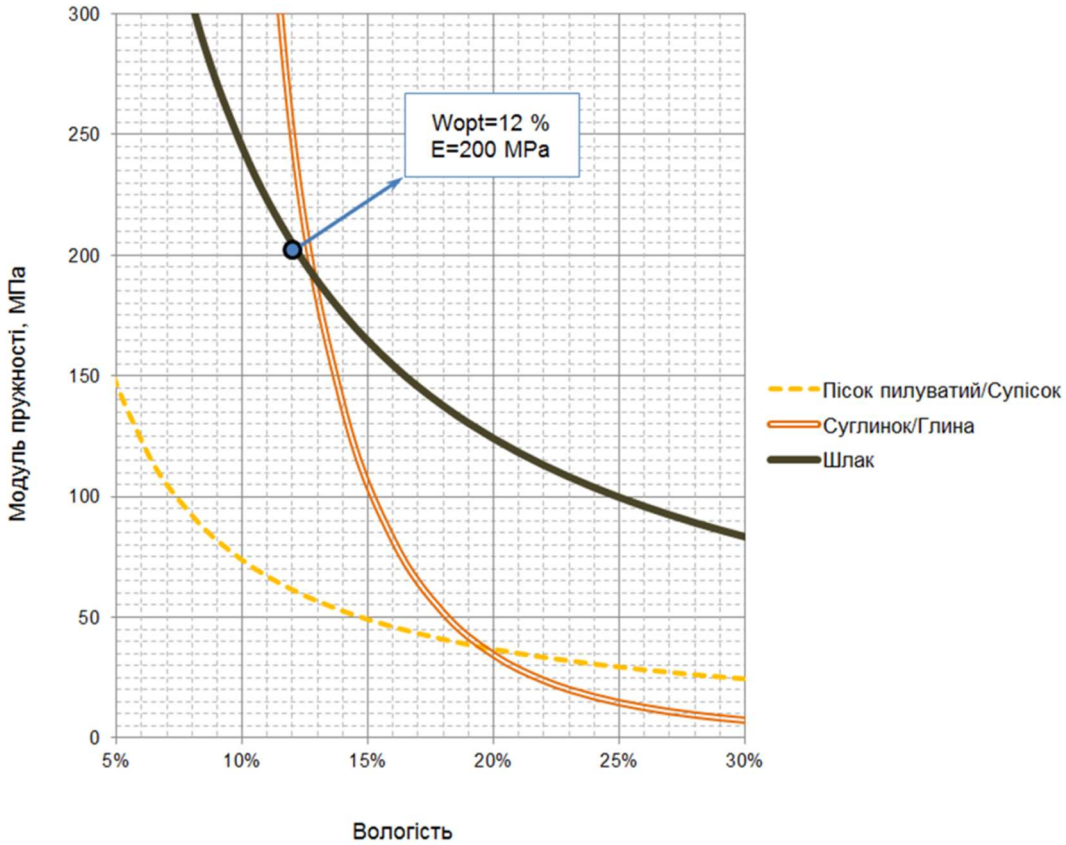


Рисунок 6 – Залежність модуля пружності ґрунтів та ЗШС від їх вологості

Figure 6 – Dependence of the modulus of elasticity of soils and ZSHS on their moisture content

Як показують результати випробувань (рис. 5 і 6), показники питомого зчеплення і кута внутрішнього тертя, а також величина модуля пружності ЗШС і композиції ґрунт + ЗШС мають кращі показники.

На основі виконаних випробувань, кафедрою ДБМ і хімії Національного транспортного університету спільно з Державним підприємством «Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів» було розроблено проєкт Технічних умов ТУ У В.2.7-08.12.13-37739041-001:201Х «Суміші золошлакові для засипки та планування територій», які регламентують застосування ЗШС Дарницької ТЕЦ у м. Києві.

При проведенні експериментальні досліджень з розробки рецептів органо-мінеральних сумішей з використанням золошлакових відходів ТЕЦ, придатних для виконання дорожно-будівельних робіт виготовляли органо-мінеральні суміші із використанням мінеральної частини у вигляді золошлакових сумішей Дарницької ТЕЦ. Проби золошлакової суміші для експериментальних робіт були відібрані на золозвалищі в м. Києві. Вологість суміші становила (W)=1,64%. В лабораторії було визначено гранулометричний склад, що наведений в таблиці 2.

Таблиця 2 – Гранулометричний склад золошлакової суміші Дарницької ТЕЦ
Table 2 – The granulometric composition of the ash and slag mixture of the Darnytsia CHP plant

Матеріал	Розмір комірки сита, мм									
	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071	<0,071
Склад вихідних матеріалів за вмістом мінерального матеріалу дрібніше даних розмірів										
Золошлак Дарницької ТЕЦ	100,0	97,6	89,5	67,3	52,5	39,3	32,8	24,7	18,8	0,1

Отримані результати визначення зернового складу із середньої проби золошлакової суміші свідчать про те що в ній міститься: 10,5% щебеню фракції 5-10мм, 70,7% піску і 18,8 мінерального порошку.

Для виготовлення сумішей в якості в'яжучого використовувався бітум БНД 60/90 Мозирського НПЗ, що відповідає вимогам ДСТУ 4044, Також використовували рікий бітум марки СГ 710/130 що відповідає вимогам ГОСТ 11955. Рікий бітум марки СГ 710/130 виготовлявся шляхом змішування бітуму БНД 60/90 Мозирського НПЗ та 18% дизельного палива від маси бітуму, умовна в'язкість на пенетрометрі при +60С становила 105с.

Для перевірки можливості застосування золошлакових сумішей, що потенційно можуть використовуватись, розглядали найбільш поширені види і типи органо-мінеральних сумішей, які за зерновим складом та класом (гарячі, холодні) наближаються до найбільш поширених бітумо-мінеральних сумішей згідно з ДСТУ Б В 2.7-119 [12] та ДСТУ Б.В. 2.7-305 [17].

В лабораторії були виготовлені гарячі суміші типу за гранулометрією В і Б з максимальною крупністю зерен заповнювача 10 мм із додаванням гранітного щебеню для створення каркасу. Бітум застосовували в'язкий марки БНД 60/90. Фізико-механічні властивості ушільненої бітумо-мінеральної суміші наведені в табл. 3

Також в лабораторії були виготовлені холодні суміші типу В-10 на рідкому бітумі марки СГ 70/130, що виготовлялися шляхом змішування бітуму БНД 60/90 Мозирського НПЗ та 18% дизельного палива від маси бітуму. Фізико-механічні властивості холодної ушільненої бітумо-мінеральної суміші наведені в табл. 4.

Також в лабораторії були виготовлені холодні суміші та зразки «золо шлакового асфальтобетону» типу В-10 на рідкому бітумі марки СГ 70/130 з гідрофобізатором №1 в різній його кількості. Фізико-механічні властивості зразків приготованих з цих сумішей наведені в табл. 5.

Отримані результати свідчать про покращення водостійкості ущільненої бітумо-мінеральної суміші, що свідчить про можливість направленого регулювання такий важливих його властивостей.

Отримані результати підтвердили можливість суттєво покращувати водостійкість ушільненої бітумо-мінеральної суміші за рахунок гідрофобізатора №1.

Зважаючи, що в золошлаковій суміші достатньо великий вміст частинок менше 0,071 мм, які призводять до перевитрат дефіцитного і найдорожчого компоненту в органо-мінеральних сумішах – бітуму, тому були проведені експериментальні дослідження по можливості зменшення вмісту таких дрібно-дисперсних систем для економії бітумного в'яжучого. Для цього ці частки повністю

відсіювались і додавались відповідно до експериментальних рецептів у зменшеній кількості. Такі рецепти були виготовлені із гарячих сумішей типу В-10 на бітумі БНД 60/90 зі зменшеною кількістю фракцій мінерального порошку (<0,071 мм). Фізико-механічні властивості зразків приготованих з цих сумішей наведені в табл. 7. Ці ж самі суміші приготовляли також з гідрофобізатором №2, який вводили безпосередньо в бітум. Фізико-механічні властивості зразків приготованих з цих сумішей наведені в табл. 8.

Таблиця 3 – Фізико-механічні властивості ушільненої бітумо-мінеральної суміші типу за гранулометрією В і Б з максимальною крупністю зерен заповнювача 10 мм на бітумі БНД 60/90

Table 3 – Physico-mechanical properties of reinforced bituminous-mineral mixture type B and B granulometry with a maximum aggregate grain size of 10 mm on BND 60/90 bitumen

Тип гранулометрії	В	Б
Вміст в'яжучого, %	7	6,3
Середня щільність, г/см^3	2,21	2,25
Дійсна щільність, г/см^3	2,28	2,3
Пористість, %	3,1	2,17
Водонасичення, %	2,14	2,99
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20^{0}С	3,9	3,7
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20^{0}С після водонасичення	3,6	3,6
Коефіцієнт водостійкості	0,92	0,97
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20^{0}С післядовготривалого водонасичення	3,87	3,15
Коефіцієнт довготривалої водостійкості	0,99	0,85
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 50^{0}С	1,15	0,98

Таблиця 4 – Фізико-механічні властивості холодної ушільненої бітумо-мінеральної суміші типу В з максимальною крупністю зерен заповнювача 10 мм на рідкому бітумі марки СГ 70/130

Table 4 – Physico-mechanical properties of a cold reinforced bituminous-mineral mixture of type B with a maximum aggregate grain size of 10 mm on SG 70/130 liquid bitumen

Тип гранулометрії	Тип В
Вміст в'яжучого, %	7 %
Середня щільність, г/см^3	2,22
Водонасичення, %	1,99
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20^{0}С	1,25
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20^{0}С після водонасичення	0,9
Коефіцієнт водостійкості	0,72
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 50^{0}С	0,4

Таблиця 5 – Фізико-механічні властивості холодної ушільненої бітумо-мінеральної суміші типу В з максимальною крупністю зерен заповнювача 10 мм на рідкому бітумі марки СГ 71/130 з гідрофобізатором №1

Table 5 – Physico-mechanical properties of the cold-strengthened bituminous-mineral mixture of type B with a maximum aggregate grain size of 10 mm on SG 71/130 liquid bitumen with hydrophobizer No. 1

Тип гранулометрії	Тип В		
Вміст в'яжучого, %	7	7	7
Вміст гідрофобізатора у % від маси мінеральної частини, у перехунку на суху речовину	0,1	0,2	0,3
Середня щільність, г/см^3	2,21	2,22	2,19
Водонасичення, %	2,56	1,37	2,92
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20^{0}С	0,93	1,12	1,1
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20^{0}С після водонасичення	0,8	0,92	0,97
Коефіцієнт водостійкості	0,86	0,82	0,88
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 50^{0}С	0,27	0,35	0,33

Перевірку ефективності такого гідрофобізатора було здійснено на холодних сумішах із зменшеною кількістю в'яжучого. Отримані результати випробувань зразків такої ущільненої бітумо-мінеральної суміші наведені в табл.6.

Таблиця 6 – Фізико-механічні властивості холодної ушільненої бітумо-мінеральної суміші типу В з максимальною крупністю зерен заповнювача 10 мм на рідкому бітумі марки СГ 70/130 з гідрофобізатором №1 із зменшеною кількістю бітума

Table 6 – Physico-mechanical properties of cold reinforced bituminous-mineral mixture type B with a maximum grain size of aggregate 10 mm on liquid bitumen grade SG 70/130 with hydrophobizer No. 1 with a reduced amount of bitumen

Тип гранулометрії	Тип В		
Вміст в'яжучого, %	6,5	6,7	7,3
Вміст гідрофобізатора у % від маси мінеральної частини, у перехунку на суху речовину	0,6	0,6	0,6
Середня щільність, г/см^3	2,14	2,21	2,22
Водонасичення, %	5,04	2,96	2,15
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20^{0}С	0,6	0,67	0,63
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20^{0}С після водонасичення	0,58	0,52	0,57
Коефіцієнт водостійкості	0,96	0,78	0,9

Отримані результати свідчать про можливість зменшення витрат дефіцитного і дорогого бітумного в'яжучого та забезпечення водостійкості ущільненої бітумо-мінеральної суміші відповідно за рахунок направленого регулювання кількості мінерального порошку та застосування гідрофобізатора №2.

Таблиця 7 – Фізико-механічні властивості ушільненої бітумо-мінеральної суміші типу за гранулометрією В і Б з максимальною крупністю зерен заповнювача 10 мм на бітумі БНД 60/90 зі зменшеною кількістю пилу

Table 7 – Physico-mechanical properties of reinforced bituminous-mineral mixture type B and B granulometry with a maximum aggregate grain size of 10 mm on BND 60/90 bitumen with a reduced amount of dust

Тип гранулометрії	Тип В		
Вміст в'яжучого, %	6,7	7	7,3
Середня щільність, г/см^3	2,20	2,24	2,21
Водонасичення, %	2,180	0,311	1,448
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20^{0}С	1,93	2,78	3,15
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20^{0}С після водонасичення	1,93	2,7	4,18
Коефіцієнт водостійкості	1,0	0,97	1,0
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 50^{0}С	0,77	1,0	1,7

Таблиця 8 – Фізико-механічні властивості ушільненої бітумо-мінеральної суміші типу за гранулометрією В і Б з максимальною крупністю зерен заповнювача 10 мм на бітумі БНД 60/90 зі зменшеною кількістю пилу з гідрофобізатором №2

Table 8 – Physico-mechanical properties of reinforced bituminous-mineral mixture type B and B granulometry with a maximum aggregate grain size of 10 mm on BND 60/90 bitumen with a reduced amount of dust with hydrophobizer No. 2

Тип гранулометрії	Тип В	
Вміст в'яжучого, %	6,2	6,5
Середня щільність, г/см^3	2,16	2,17
Водонасичення довготривале, %	3,54	3,72
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20^{0}С	1,85	2,68
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20^{0}С після експрес довготривалого водонасичення, МПа	1,86	2,27
Коефіцієнт водостійкості за експрес-методом	1,0	0,85
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 50^{0}С	0,8	0,93

Висновки

1. Застосування ЗШС в якості техногенного ґрунту або гранулометричної добавки для поліпшення властивостей ґрунту дозволяє покращити показники питомого зчеплення і кута внутрішнього тертя, а також величину модуля пружності матеріалу. Відповідно, такий матеріал за своїми фізико-механічними характеристиками може бути застосований, як матеріал земляного полотна для будівництва автомобільних доріг.

2. Відмінність властивостей ЗШС, отриманих на різних ТЕЦ, вказує на доцільність здійснення на реальних об’єктах заходів щодо апробації таких матеріалів в насипах з детальнішим дослідженням їх кількісних і якісних характеристик в конкретних умовах застосування з наступним узагальненням та обґрунтуванням вимог для використання ЗШС в дорожньому будівництві.

3. Зерновий склад золошлакової суміші Дарницької ТЕЦ дозволяє проектувати оптимальну гранулометрію органо-мінеральних сумішей «золошлакового асфальтобетону» та здійснювати їх виробничу апробацію виготовлення та застосування.

4. За основними фізико-механічними характеристиками «золошлаковий асфальтобетон» відповідає, а за окремими показниками перевищує вимоги нормативних документів на асфальтобетон та органо-мінеральні суміші як холодні, так і гарячі. Крім того показана можливість направлено регулювати властивості «золошлакового асфальтобетону» та зменшувати витрати дефіцитного бітумного в’яжучого.

5. Застосування ЗШС дає можливість економії ресурсів при необхідності застосування перезволожених ґрунтів. Також отримані результати свідчать про можливість і доцільність застосування «золошлакових асфальтобетонних» сумішей для здійснення ямкового ремонту як за сприятливих, так і за несприятливих погодних умов на різних категоріях вулиць і доріг, в різних конструктивних шарах конструкцій дорожного одягу (покриття, основа, додаткова основа) згідно з Порядком проведення ремонту та утримання об'єктів благоустрою населених пунктів, Технічних правил ремонту і утримання вулиць та доріг населених пунктів та ВБН В.3.2-218-542:2009 Проведення аварійних робіт з ліквідації ямковості на асфальтобетонному покритті автомобільних доріг у холодний період року за несприятливих умов.

6. Використання ЗШС – це не тільки шлях зменшення техногенного забруднення довкілля, але й один із варіантів вирішення проблеми економії матеріальних ресурсів.

Перелік посилань

1. О.О. Хлопицький. Перспективи розвитку переробки твердих шлакових відходів теплових електростанцій у готові продукти [Текст] / О.О . Хлопицький, Н. П. Макарченко // Праці Одеського політехнічного університету. – 2013. – № 3 (42). – С. 91–93.

2. О.О. Хлопицький. Стан, проблеми та перспективи переробки золо шлакових відходів теплоелектростанцій України // Scientific Journal «ScienceRise». –2014). – №4/2(4)). – http://cyberleninka.ru/viewer_images/15692275/p/1.png.

3. Мозговий В.В. Технології охорони навколишнього середовища при застосуванні золошлакових сумішей в дорожньому будівництві// Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Київ. 2017. Вип. 101. С. 189-197.

4. Мозговий В.В. Утилізація відходів ТЕЦ при виготовленні бітумомінеральних сумішей // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Київ. 2017. Вип. 100. С. 368-374.

5. Куцман О.М., Мозговий В.В., Пугач М.О., Мозгова Л.А., Чиженко Н.П., Соколюк М.Ю. Напрямки застосування золошлаків ТЕЦ у будівництві автомобільних доріг // Вісник НТУ: наук.-тех. збірник, Частина 1: серія «Технічні науки». 2014. Вип. 29. С. 199-205.

6. Кутовий, В. О. Золовідвали електростанцій як джерело забруднення довкілля [Текст] / В. О. Кутовий, М. В. Коновальчик, Н. П. Канюк // Вісті Автомобільно- дорожнього інституту. – 2006. – № 1(2). – С. 90–94.

7. Проблема золовідвалу. – 2016. – http://ukrainka.org/community/ problema-zolovidvalu.html.

8. А.І. Горова, А.В. Павличенко А.І. Горова, А.В. Павличенко Дослідження екологічного стану територій розміщення золошлакових відходів теплових електростанцій. – http://rr.nmu.org.ua/pdf/2013/20131016-52.pdf.

9. Радовенчик, В. М. Тверді відходи: збір, переробка, складування [Текст] : навч.пос. / В. М. Радовенчик, М. Д. Гомеля. – К.: Кондор, 2010. – 552 с.

10. Ладижинська ТЕС утилізує золошлакові відходи, замість простого складування на спеціальних відвалах. Мета утилізації золошлакових відходів – не отримати прибуток, а мінімізувати використання золошлаковідвалу, який досяг критичних розмірів. . – 2016. – http://lad.vn.ua/ekonomika/ladizhinska-tes-pustila-na-prodazh-zoloshlakovi-vidhodi.html.

11. В. Вишневський. Для будівництва доріг можна використовувати золо шлакові відходи. – http://portal.lviv.ua/article/2016/04/01/dlya-budivnitstva-dorig-mozhna-vikoristovuvati-zoloshlakovi-vidhodi.

12. ДСТУ Б В.2.7-119:2011. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови.

13. Б. С. Радовский, В. П. Володько, Е. Я. Щербакова, Прочность дорожных одежд со слоями из золо-шлаковых смесей // Проблемы механики дорожно-строительных материалов и дорожных одежд. К.: ООО «ПолиграфКонсалтинг». 2003. 240 с.

14. Ладижинська ТЕЦ утилізує золошлакові відходи, замість простого складування на спеціальних відвалах. Мета утилізації золошлакових відходів – не отримати прибуток, а мінімізувати використання золошлаковідвалу, який досяг критичних розмірів. – 2016. – http://lad.vn.ua/ekonomika/ladizhinska-tes-pustila-naprodazh-zoloshlakovi-vidhodi.html.

15. В. Вишневський. Для будівництва доріг можна використовувати золошлакові відходи. – http://portal.lviv.ua/article/2016/04/01/dlya-budivnitstva-dorig-mozhnavikoristovuvati-zoloshlakovi-vidhodi.

16. ДСТУ Б В.2.1-13:2009 Ґрунти. Метод лабораторного визначення ступеня морозної здимальності

17. ДСТУ Б В.2.7-305:2015 Суміші бітумомінеральні дорожні. Загальні технічні умови

POSSIBILITIES OF DISPOSAL OF ASH-SLAG MIXTURES IN ROAD CONSTRUCTION

Baran Serhii A., Ph.D. (Technology), National Transport University, Department of road building materials and chemistry, Senior Lecturer, e-mail: baran_serg@ukr.net, tel. +380978806451, orcid.org/ 0000-0002-3591-9880.

Mudrak Klavdiya V., Ph.D. (Chemistry), associate professor, National Transport University, Department of road building materials and chemistry, professor of the department, e-mail: klav@ukr.net, tel. +380632188034, orcid.org/0000-0002-0340-4399

Kutsman Oleksandr M., Ph.D. (Technology), National Transport University, Department of road building materials and chemistry, Senior Lecturer, e-mail: kutsmans@ukr.net, tel. +380672960871, orcid.org/0000-0002-4510-4570

Abstract. The article considers the issue of utilization of thermal power plant waste by using it as man-made soil or granulometric additive to improve the properties of local soil during the construction of road foundations and by replacing the mineral part of bituminous-mineral mixtures with thermal power plant waste, which can in many cases successfully replace deficient asphalt concrete mixture The results of determining the physical and mechanical characteristics of materials using ash-slag mixtures are given. The obtained results indicate the feasibility of using ash-slag mixtures as man-made soil or granulometric additives to improve local soil properties, as well as the possibility and feasibility of using "ash-slag-asphalt-concrete" mixtures for pothole repair under both favorable and unfavorable weather conditions in different categories streets and roads, in various structural layers of road clothing structures (covering, base, additional base).

Keywords. ash-slag mixtures, man-made soil, granulometric additive, waste disposal, specific adhesion, angle of internal friction, modulus of elasticity, bituminous-mineral mixtures, granulometric composition, physical and mechanical properties.

References

1. O.O. Khlopytskyi. Perspektyvy rozvytku pererobky tverdykh shlakovykh vidkhodiv teplovykh elektrostantsii u hotovi produkty [Tekst] / O.O . Khlopytskyi, N. P. Makarchenko // Pratsi Odeskoho politekhnichnoho universytetu. – 2013. – № 3 (42). – S. 91–93. [in Ukrainian].

2. O.O. Khlopytskyi. Stan, problemy ta perspektyvy pererobky zolo shlakovykh vidkhodiv teploelektrostantsii Ukrainy // Scientific Journal «ScienceRise». –2014). – №4/2(4)). – http://cyberleninka.ru/viewer_images/15692275/p/1.png. [in Ukrainian].

3. Mozghovyi V.V. Tekhnolohii okhorony navkolyshnoho seredovyshcha pry zastosuvanni zoloshlakovykh sumishei v dorozhnomu budivnytstvi// Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo. Kyiv. 2017. Vyp. 101. S. 189-197. [in Ukrainian].

4. Mozghovyi V.V. Utylizatsiia vidkhodiv TETs pry vyhotovlenni bitumomineralnykh sumishei // Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo. Kyiv. 2017. Vyp. 100. S. 368-374. [in Ukrainian].

5. Kutsman O.M., Mozghovyi V.V., Puhach M.O., Mozghova L.A., Chyzhenko N.P., Sokoliuk M.Iu. Napriamky zastosuvannia zoloshlakiv TETs u budivnytstvi avtomobilnykh dorih // Visnyk NTU: nauk.-tekh. zbirnyk, Chastyna 1: seriia «Tekhnichni nauky». 2014. Vyp. 29. S. 199-205. [in Ukrainian].

6. Kutovyi, V. O. Zolovidvaly elektrostantsii yak dzherelo zabrudnennia dovkillia [Tekst] / V. O. Kutovyi, M. V. Konovalchyk, N. P. Kaniuk // Visti Avtomobilno- dorozhnoho instytutu. – 2006. – № 1(2). – S. 90–94. [in Ukrainian].

7. Problema zolovidvalu. – 2016. – http://ukrainka.org/community/ problema-zolovidvalu.html. [in Ukrainian].

8. A.I. Horova, A.V. Pavlychenko A.I. Horova, A.V. Pavlychenko Doslidzhennia ekolohichnoho stanu terytorii rozmishchennia zoloshlakovykh vidkhodiv teplovykh elektrostantsii. – http://rr.nmu.org.ua/pdf/2013/20131016-52.pdf. [in Ukrainian].

9. Radovenchyk, V. M. Tverdi vidkhody: zbir, pererobka, skladuvannia [Tekst] : navch.pos. / V. M. Radovenchyk, M. D. Homelia. – K.: Kondor, 2010. – 552 c. [in Ukrainian].

10. Ladyzhynska TES utylizuie zoloshlakovi vidkhody, zamist prostoho skladuvannia na spetsialnykh vidvalakh. Meta utylizatsii zoloshlakovykh vidkhodiv – ne otrymaty prybutok, a minimizuvaty vykorystannia zoloshlakovidvalu, yakyi dosiah krytychnykh rozmiriv. . – 2016. –http://lad.vn.ua/ekonomika/ladizhinska-tes-pustila-na-prodazh-zoloshlakovi-vidhodi.html. [in Ukrainian].

11. V. Vyshnevskyi. Dlia budivnytstva dorih mozhna vykorystovuvaty zolo shlakovi vidkhody. – http://portal.lviv.ua/article/2016/04/01/dlya-budivnitstva-dorig-mozhna-vikoristovuvati-zoloshlakovi-vidhodi. [in Ukrainian].

12. DSTU B V.2.7-119:2011. Sumishi asfaltobetonni i asfaltobeton dorozhnii ta aerodromnyi. Tekhnichni umovy. [in Ukrainian].

13. B. S. Radovskii, V. P. Volodko, Ye. Ya. Shcherbakova, Prochnost dorozhnikh odezhd so sloyami iz zolo-shlakovikh smesei // Problemi mekhaniki dorozhno-stroitelnikh materialov i dorozhnikh odezhd. K.: OOO «PoligrafKonsalting». 2003. 240 s. [in Russian].

14. Ladyzhynska TETs utylizuie zoloshlakovi vidkhody, zamist prostoho skladuvannia na spetsialnykh vidvalakh. Meta utylizatsii zoloshlakovykh vidkhodiv – ne otrymaty prybutok, a minimizuvaty vykorystannia zoloshlakovidvalu, yakyi dosiah krytychnykh rozmiriv. – 2016. –http://lad.vn.ua/ekonomika/ladizhinska-tes-pustila-naprodazh-zoloshlakovi-vidhodi.html. [in Ukrainian].

15. V. Vyshnevskyi. Dlia budivnytstva dorih mozhna vykorystovuvaty zoloshlakovi vidkhody. – http://portal.lviv.ua/article/2016/04/01/dlya-budivnitstva-dorig-mozhnavikoristovuvati-zoloshlakovi-vidhodi. [in Ukrainian].

16. DSTU B V.2.1-13:2009 Grunty. Metod laboratornoho vyznachennia stupenia moroznoi zdymalnosti. [in Ukrainian].

17. DSTU B V.2.7-305:2015 Sumishi bitumomineralni dorozhni. Zahalni tekhnichni umovy. [in Ukrainian].

УДК 504.058 **DOI:10.33744/0365-8171-2022-112-204-210**
UDC 504.058

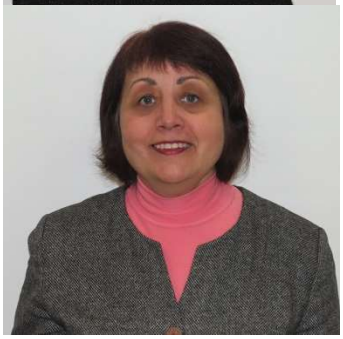
ПАЛИВНІ ЕЛЕМЕНТИ – АЛЬТЕРНАТИВНЕ ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ

FUEL CELLS ARE AN ALTERNATIVE SOURCE OF ENERGY



***Березіна Наталія Олександрівна**, кандидат хімічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії,*
e-mail: nataberezina380@gmail.com, тел.+380636914132

https://orcid.org/0000-0003-1154-8701



***Мудрак Клавдія Василівна**, кандидат хімічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, e-mail: klav@ukr.net, тел. +380632188034,*

https://orcid.org/0000-0002-0340-4399

Анотація. Виготовлення електроенергії станціями, що працюють на вугіллі, природному газі, бензині, або інших носіях енергії, виконується за схемою: хімічна енергія палива – теплова енергія – енергія руху – електроенергія. В паливних елементах хімічна енергія перетворюється в електричну, уникаючи проміжних етапів. При цьому отримується значний виграш як у матеріалах, так і в енергії. Дані пристрої – хімічні джерела струму довгострокової дії. Вони є екологічно чистими. Використання їх в автомобілебудуванні також суттєво знижує шкідливі викиди в довкілля. Існують дві сфери застосування ПЕ: автономна і велика енергетика. Зокрема, ПЕ можуть вирішити актуальну сьогодні проблему накопичення енергії: добові і тижневі коливання навантаження енергосистем помітно знижують їх ефективність і вимагають так званих маневрових потужностей. Один з варіантів електрохімічного накопичувача енергії - паливний елемент в поєднанні з електролізерами і газгольдерами (сховищами для великих кількостей газу). Найбільші вигоди обіцяє використання ПЕ в автомобілі. Тут, як ніде, позначається компактність ПЕ. Серед всіх видів ПЕ наразі знайшли найбільше застосування ПЕ з полімерною протонобмінною мембраною як електроліту (PEMFC). Вони використовуються в транспорті (майже 100% всіх автомобілів, що працюють на водні). Сегмент паливних елементів з фосфорною кислотою в якості електроліту (PAFC) вважається самим «зрілим» серед всіх технологій паливних елементів. Переваги: – низькі вимоги до чистоти палива; великий ресурс роботи. Основний акцент в їх застосуванні – великі стаціонарні джерела теплової та електричної енергії. ПЕ на основі розплавленого карбонату (MCFC) відрізняються високою ефективністю перетворення палива – електричний ККД сягає 60 %.

Новим напрямком є виробництво електричної енергії за допомогою мікроорганізмів у біопаливних елементах. При цьому вирішуються питання розширення сировинної бази відновлювальних й економічно вигідних джерел енергії (стічні води, відходи промисловості та сільського господарства).

Ключові слова: паливні елементи, водневі автомобілі, відновлювальна енергетика.

Наш світ занурений в величезний океан енергії, ми летимо в нескінченному просторі з незбагненною швидкістю. Все навколо обертається, рухається - все енергія. Перед нами грандіозне завдання - знайти способи видобутку цієї енергії. Тоді, витягуючи її з цього невичерпного джерела, людство буде просуватися вперед гігантськими кроками (1891).
Нікола Тесла

Вступ

Гострими, як ніколи, проблемами сьогодення стали економія палива (зменшення використання нафти), наявність резервних джерел енергії при виході з ладу основних.

Суттєвим вирішенням зазначених викликів є використання і подальший розвиток альтернативного, до того ж екологічно чистого джерела енергії – паливних елементів (ПЕ).

Електрохімічні елементи, в яких хімічна енергія певних матеріалів безпосередньо перетворюється в електричну, широко застосовуються. Це батарейки, акумулятори; їх коефіцієнт корисної дії (ККД) близький до 100%. Якщо замість металів використати звичайні палива (горючі матеріали) і перетворити їх потенційну енергію в електричну – отримаємо «паливні елементи». Принцип їх дії аналогічний принципу дії електрохімічних елементів. Тільки електроди ПЕ не приймають участь у процесі вироблення енергії, вони слугують каталізаторами, не змінюючись у процесі роботи елементу, і не обмежують строк його служби. ПЕ працюють як звичайні гальванічні елементи, але речовини, що окислюються і відновлюються на електродах, не є конструктивними складовими елементу і зберігаються поза ним. Коли виникає потреба в електроенергії, реагенти подаються до електродів роздільно і безперервно. Окисником найчастіше є кисень, паливо вибирають довільно. В ПЕ прямої дії це вугілля, а посередньої дії – продукти переробки вугілля та нафти, різні горючі гази. На аноді відбувається окислення палива, а на катоді – відновлення окисника. Завдяки цьому створюється різниця потенціалів, і при замиканні кола виникає електричний струм. В лабораторних умовах експериментальні ПЕ мали ККД 80-90%.

Все створене природою працює з максимальним ККД. Біологічний ПЕ міститься в кожній живій клітині. Процес сполучення водню з киснем є основою біоенергетики організму [1]. Традиційні ж способи отримання тепла і електроенергії з вуглеводневого палива дозволяють використати лише близько третини енергії, що міститься в паливі [2].

Основна частина

Для автономного використання ПЕ основними є питомі характеристики і зручність експлуатації. Вартість виробленої енергії не є основним показником. Для великої ж енергетики вирішальним чинником є економічність. Установки повинні бути довговічними, не містити дорогих матеріалів і використовувати природне паливо при мінімальних витратах на підготовку. При безпосередньому отриманні електроенергії з палива економія останнього складає близько 50%.

Вперше ідея використання ПЕ у великій енергетиці була сформульована німецьким вченим В.Освальдом у 1894 році. Пізніше отримала розвиток ідея створення ефективних джерел автономної енергії на основі паливного елемента. Після цього робилися неодноразові спроби використовувати як активну речовину в ПЕ вугілля. У 30-ті роки німецький дослідник Е. Бауер створив лабораторний прототип ПЕ з твердим електролітом для прямого анодного окислення вугілля. У цей же час досліджувалися киснево-водневі ПЕ.

До якісного стрибка у розвитку цього джерела енергії призвели нові ідеї, матеріали і технології у результаті оборонних досліджень [3].

У 1958 році в Англії Ф.Бекон створив першу киснево-водневу установку потужністю 5кВт [4]. Вона була громіздкою через використання високого тиску газів (2 – 4МПа). З 1955 року в США К. Кордеш розробляв низькотемпературні киснево-водневі ПЕ. У них використовувалися вугільні електроди з платиновими каталізаторами. У Німеччині Е. Юст працював над створенням неплатинових каталізаторів. Перше практичне застосування ПЕ знайшли на космічних кораблях «Аполлон». Вони були основними енергоустановками для живлення бортової апаратури і забезпечували космонавтів водою і теплом. Основними областями використання автономних установок з ПЕ були військові і військово-морські застосування. В кінці 60-х років обсяг досліджень з ПЕ скоротився, а після 80-х знову зріс стосовно великої енергетики. Фірмою VARTA розроблені ПЕ з використанням двосторонніх газодифузійних електродів. Електроди такого типу називають «Янус». Фірма Siemens розробила

електроди з питомою потужністю до 90Вт/кг. У США роботи з киснево-водневим елементом проводить United Technology Corp. Відновлювані джерела енергії (сонце і вітер) відрізняються розрідженістю. Їх серйозне використання, без якого в майбутньому не обійтися, нереальне без ємних акумуляторів, що запасають енергію в тій чи іншій формі.

Перше покоління ПЕ. Найбільшої технологічної досконалості досягли середньотемпературні ПЕ першого покоління, що працюють при температурі 200 – 230°С на рідкому паливі, природному газі або на технічному водні (продукті конверсії органічного палива, що містить незначні домішки окису вуглецю). Одна з таких електростанцій введена в дію в штаті Каліфорнія у 1991 році. Вона складається з вісімнадцяти батарей масою по 18 т кожна і розміщується в корпусі діаметром трохи більше 2м і висотою близько 5м. Продумана процедура заміни батареї за допомогою рамної конструкції рухається по рейках. Дві електростанції на ПЕ США поставили в Японію. Перша з них була запущена ще на початку 1983 року. Експлуатаційні показники станції відповідали розрахунковим. Вона працювала з навантаженням від 25 до 80% від номінальної. ККД сягав 30 – 37%. Це близько до сучасних великих ТЕС. Зараз у різних районах США випробовуються невеликі теплофікаційні установки потужністю по 40кВт з коефіцієнтом використання палива близько 80%. Вони можуть нагрівати воду до 130°С і розміщуються в пральнях, спортивних комплексах, на пунктах зв'язку і т. д.. Екологічна чистота електростанцій на ПЕ дозволяє розміщувати їх безпосередньо в містах. Перша паливна електростанція в Нью-Йорку, потужністю 4,5 МВт, зайняла територію в 1,3 га. Тепер для нових станцій з потужністю в два з половиною рази більшою потрібен майданчик розміром 30х60м. Будуються кілька демонстраційних електростанцій потужністю по 11МВт. Вражають терміни будівництва електростанцій (7 місяців) і площа (30х60м), займана електростанцією. Розрахунковий термін служби нових електростанцій - 30 років.

Друге і третє покоління ПЕ. Кращі характеристики мають модульні установки потужністю 5 МВт зі середньо температурними паливними елементами другого покоління. Вони працюють при температурах 650 – 700°С. Їх аноди роблять зі спечених частинок нікелю та хрому, катоди - зі спеченого і окисленого алюмінію, а електролітом служить розплав суміші карбонатів літію та калію. Підвищена температура допомагає вирішити дві великі електрохімічні проблеми: знизити токсичність каталізатора окисом вуглецю; підвищити ефективність процесу відновлення окиснювача на катоді. Ще ефективнішими високотемпературні паливні елементи третього покоління з електролітом з твердих оксидів (в основному – двоокису цирконію). Їх робоча температура – до 1000°С. ККД енергоустановок з такими ПЕ близький до 50%. Тут в якості палива придатні й продукти газифікації твердого вугілля із значним вмістом окису вуглецю. Не менш важливо, що побічне тепло високотемпературних установок можна використовувати для виробництва пари, що призводить у рух турбіни електрогенераторів. Фірма Vestingaus займається паливними елементами на твердих оксидах з 1958 року. Вона розробляє енергоустановки потужністю 25 –200 кВт, в яких можна використовувати газоподібне паливо з вугілля. Інша американська фірма Engelgurd проектує паливні елементи потужністю 50кВт, які працюють на метанолі з фосфорною кислотою в якості електроліту. У створення ПЕ включається все більше фірм в усьому світі. Американська United Technology і японська Toshiba утворили корпорацію International Fuel Cells. У Європі паливними елементами займаються бельгійсько-нідерландський консорціум Elenko, західнонімецька фірма Siemens, італійська Fiat, англійська Jonson Metju.

Будова та класифікація ПЕ.

Паливний елемент складається з багатьох десятків комірок, кожна приблизно в сантиметр завтовшки. Кожна комірка складається з двох електродів, розділених електролітом. На анод підводиться паливо (водень), на катод — окисник (кисень повітря). Водень не згоряє, хімічна реакція окиснення відбувається при низькій температурі в присутності каталізатора. Мета роботи пристрою – використовуючи цю реакцію, розділити позитивний і негативний заряди в просторі й створити між ними напругу. Тому електроліт, який заповнює простір між електродами, повинен мати здатність пропускати крізь себе іони водню і не пропускати електрони. На аноді водень розпадається на електрони і протони, далі протони проходять крізь шар електроліту, досягають катоду і, з'єднуючись із киснем, утворюють воду. Однак у питаннях отримання якісного й недорогого електроліту наука поки що зазнає труднощів. Полімерний електроліт американської фірми «Дюпон» коштує близько 700 євро за м², а на батарею для середнього автомобіля потрібно десятки квадратних метрів такого матеріалу. Ученими ведуться інтенсивні дослідження з метою здешевлення цього матеріалу й використання його при температурах 150 – 200°С.

В залежності від областей робочих температур розрізняють низькотемпературні (до 150°С), середньотемпературні (170 – 350°С) і високотемпературні (500 – 1100°С) паливні елементи. Температура є вирішальним фактором для визначення сфери застосування Тиск, при якому діють робочі речовини, може бути в межах 1 – 100 бар. Важливе значення має матеріал, з якого виготовлений електрод. Швидкість реакції пропорційна поверхні електрода, тому часто використовують пористі електроди із вугілля чи металокераміки. Для ще більшого підвищення швидкості протікання реакції на пористі електроди наносять каталітично активні благородні метали, такі як платина чи паладій. Не дивлячись на це, проблема електродів вирішена сьогодні лише для воднево-кисневих паливних елементів. Інші речовини, що мають технічний інтерес, потребують застосування більш високих температур.

У сучасних паливних елементах по вказаним вище причинам спалюють в основному водень. Та їх виготовлення обходиться ще дорого. Для більш широкого розповсюдження таких ПЕ потрібні електроди, що не мають у своєму складі платину. Паливний елемент дає напругу до 0.9 В. Вода, що утворюється в ході реакції придатна для вживання. Так що подібний «агрегат гримучого газу» може слугувати в космічних кораблях і підводних човнах джерелом і енергії, і води.

Численні дослідження проводились також із системами метанол –кисень і метанол – повітря. Не дивлячись на те, що у якості каталізаторів були застосовані благородні метали, на метанольному електроді реакція протікала доволі повільно, так що напруга елемента не перевищувала 0.5 В.

Для хімічної промисловості цікавий паливний елемент на амальгамі натрію. В процесі електролізу хлориду натрію для отримання хлору і їдкого натру при використанні ртутного методу утворюється сплав, що має натрій та ртуть, тобто амальгама натрію. Якщо цей проміжний продукт використати в паливних елементах, що вже діють за низьких температур, то можна зекономити до 30% енергії, що необхідна для електролізу. Оскільки заводи, що пов’язані з електролізом розчинів хлоридів лужних металів потребують дуже багато електроенергії, рішення, яке б усіх задовольняло, могло призвести до значного економічного ефекту.

Майже ідеальним паливом для електрохімічних елементів є гідразин, не дивлячись на його токсичність. Його можна використовувати як джерело водню для водне – кисневих елементів та безпосередньо окиснювати на аноді до води та азоту. Гідразин хімічно більш активний ніж метанол, так що у цьому випадку відпадає необхідність у використанні благородних металів у якості каталізаторів. Але, нажаль, гідразин дуже дорогий. Його вартість варто було б знизити у багато разів, аби наблизити до ціни на бензин.

Відносно дешеву електроенергію можна отримати, застосовуючи в ПЕ такі дешеві енергоносії, як вуглеводні. Мається на увазі, що доволі непоганою комбінацією буде суміш природного газу з повітрям. Нажаль, всі ці речовини недостатньо активні, тому для якісної роботи вуглеводневих паливних елементів необхідне підвищення температури, тиск і присутність каталізаторів. У високотемпературних елементах швидкості реакцій і за відсутності каталізаторів достатньо високі, але тут на перший план виступають інші труднощі. При використанні у якості електролітів лужно-карбонатних розплавів виникає проблема вибору матеріалу для реактора, тому що розплави чинять сильну корозійну дію. Якщо використовувати тверді електроліти, то відпадає необхідність захисту від корозії, але при цьому значно падає напруга, а ККД не перевищує 40%. Саме тому на сучасному рівні знань і технологій найбільш перспективним варіантом паливних елементів лишається воднево-кисневий елемент. Вуглеводні можна використовувати тільки в тому випадку, якщо їх перед цим дегідрувати.

ПЕ поділяються за видом електроліту (мембрани). Електроліт буває рідким або твердим, лужним, сольовим чи кислотним, а мембрана – полімерною, керамічною; вони мають бути іонопровідними при робочій температурі [5].

Паливний елемент з полімерною протонобмінною мембраною – PEMFC (Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cell, Proton Exchange Membrane Fuel Cell). Відновлювачем виступає чистий водень, причому максимально допустима частка домішок окису вуглецю – 10 – 100 мг/кг. Такі елементи працюють за доволі низьких температур – до 100°С, мають високу щільність енергії, а також забезпечують можливість швидко змінювати потужність. В даний час спостерігається стрімкий розвиток цієї технології, зокрема, в автомобільній галузі.

ПЕ, в якому в якості електроліту використовується рідка фосфорна кислота – PAFC (Phosphoric Acid Fuel Cell) – виробляє теплоту чи електроенергію з ККД більше 50%, а робочі температури

знаходять в межах 90 – 250ºС. PAFC застосовуються на великих стаціонарних об'єктах (до 11МВт) Працюють ці паливні елементи на водні, однак, вимоги по його чистоті значно менш суворі, ніж в разі використання протонобмінної мембрани в якості електроліту. У більшості випадків водень отримують з природного газу або біогазу. ККД по електроенергії оцінюється в 37 – 42% , а при використанні відведеної теплової енергії – 85%. Пористі електроди виготовляються із суміші каталізаторів і вуглецевополімерної зв'язки. Недоліки: – наявність дорогоцінних металів в якості каталізатора; – корозія електродів; – довгий старт; – низька густина струму та енергії. Також ведуться досліди по застосуванню PAFC в автомобілях. Світовим лідером з використання технології вважається американська компанія UTC Power (США).

ПЕ на основі розплавленого карбонату (солі натрію, калію або літію) – MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell) – так само, як і паливні елементи з твердим керамічним електролітом функціонують при високих температурах – 600 – 1000°С. Недолік MCFC полягає в тому, що вони не можуть працювати на чистому водні, а високі температури і хімічні реакції призводять до корозії і прискорюють процес зносу елементів конструкції.

Ще одне застосування в розробці паливних елементів – це створення редокс-елементів. В цих елементах відбувається спроба реалізації замкнутих матеріальних та енергетичних циклів, тобто перетворити продукти, що утворюються в паливному елементі шляхом звичайних хімічних реакцій знову в початкові речовини, придатні для отримання енергії у цьому ж елементі.

Зовсім інші варіанти паливних елементів представляють інтерес для медицини. Забезпечення енергією генераторів серцевих ритмів від чужих організму електронних чи електрохімічних джерел струму дуже складне. Вихід знайдений в тому, щоб струм вироблявся біогальванічними паливними елементами, безпосередньо в організмі, а електродами слугували магній і подрібнена платина. Елемент імплантується прямо у м'яз, тому його потужність залежить від м'язової діяльності і інтенсивності потоку крові. Таким чином, чим більше фізичне навантаження, тим більша напруга елемента і тим сильніше активізуються скорочення м'язів серця (все відбувається як при нормальній роботі серця). Такий елемент працюватиме 6 - 16 років.

Для подальшого широкого впровадження ПЕ, поряд зі здешевленням компонентів, потрібно очікувати нових ідей. Так, великі сподівання покладають на нанотехнології. Революційною може бути також концепція біопаливних елементів. Згідно оновленої Енергетичної стратегії України, у 2030 р. понад 10% від загальної встановленої потужності припадатиме на відновлювальну енергетику. Біотехнологічне генерування електричної енергії дозволить використовувати механізми біоелектрохімічного перетворення речовини та енергії мікроорганізмів, реалізувати спосіб альтернативного безвідходного отримання електричної енергії [6].

Основні проблеми ПЕ. Як і будь-яке хімічне джерело струму, ПЕ характеризується напругою, потужністю і терміном служби. Відомо, що поляризація електродів зростає зі збільшенням густини струму (i), тобто струму, віднесеного до одиниці площі поверхні електрода (S): i = I/S.

Отже, за такого самого струму можна знизити його густину та поляризацію, застосовуючи високопорожнинні електроди, що мають високорозвинену поверхню (до 100 –150 $м^2/г$). Для прискорення реакцій до пористих електродів додають каталізатори. Зазначимо, що найширше використовуються каталізатори на основі платини, паладію, нікелю, золота та деяких металовмісних напівпровідникових матеріалів. У процесі роботи характеристики паливного елементу поступово погіршуються, що зумовлено дезактивацією та зношуванням каталізаторів, корозією основ електродів, зміною їхньої структури тощо. У відділі гомогенного каталізу та присадок до нафтопродуктів Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії НАН України розроблено стабільно діючий лабораторний зразок ПЕ з використанням як палива — сірководню, окисника — кисню повітря, електроліту — морської води та каталізатора — кластерів металів [7]. Враховуючи накопичені експериментальні дані, сподіваємося, що у паливних елементах цього типу можна буде використовувати сірководень, який міститься у відходах хімічної та нафтохімічної промисловості. Також відомі величезні його запаси у Чорному морі. Цікаво, мабуть, і те, що майбутні водневі автомобілі зможуть працювати, образно кажучи, на мікроорганізмах. Американці знайшли цілу низку штамів, які беруть водень з деяких цукрів, що їх ферментативно одержують із поновлюваної рослинної біомаси. Причому з дуже високим виходом — до 50% водню. У подальшому дослідники збираються «привчити» ці штами «харчуватися» целюлозою, крохмалями тощо.

Висновки і рекомендації

Застосування ПЕ на даному етапі раціонально і розумно там, де необхідні малі потужності (біля 100 Вт) при довгостроковій роботі, відсутній догляд і неможливе забезпечення електроенергією від звичайних мереж. Такими об'єктами можуть бути ретрансляційні телевізійні та радіостанції, метеорологічні станції, маяки та інші сигнальні споруди. Крім того, їх уже застосовують для дорожньо-транспортних засобів. Крім енергетичних переваг і зниження шуму від руху автомобілів, таке рішення має і екологічний інтерес. ПЕ не виділяють токсичні гази і не забруднюють навколишнє середовище [8].

Перелік посилань

1. Кузьмінський Є.В. Нетрадиційні електрохімічні системи перетворення енергії. Фото-, термо- та біопаливні елементи/ Є.В. Кузьмінський, Г.Я. Колбасов, Я.Ю. Тевтуль, Н.Б. Голуб– Чернівці: Рута. – 2003. – 95 с.

2. Кузьмінський Є. В. Паливні елементи. І. Сучасний стан розроблення / Є. В. Кузьмінський, К.О. Щурська, І.А. Самаруха - Відновлювана енергетика. – 2013. – № 1. – С. 90-96.

3. Васильєв О.Д. Керамічні паливні комірки: український досвід / О.Д. Васильєв, В.Ю. Баклан, Ф.В. Макордей - Вісник Одеського національного університету. – 2010. – Хімія. – Т. 15, вип. 3.– С. 98–106.

4. Bagotsky, V. S. Fuel Cells: Problems and Solutions – Hoboken: Wiley, 2009. – 320 p.

5. Михайлів, М. І. Створення локальних джерел електроенергії на базі паливних комірок / М. І. Михайлів, П. В. Савуляк - Нафтогазова енергетика. - 2012. - № 1. - С. 101-112.

6. Самаруха І.А. Біотехнологічне отримання електричної енергії за використання асоціації хемоорганотрофних мікроорганізмів [Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук]: / І.А. Самаруха - Київ – 2016 - 25С.

7. Патент України № 67065, міжнародний патент WO 2004/144430 A2.

8. Троц А.А. Екологічне джерело живлення / А.А. Троц, М.Ф. Богомолов. - Міжнародна конференція «Крамаровські читання». – 2017. – С. 47 – 50.

FUEL CELLS ARE AN ALTERNATIVE SOURCE OF ENERGY

Berezina Nataliya O., candidate of chemical sciences, National Transport University, associate professor department of road building materials and chemistry, e-mail: nataberezina380@gmail.com. tel. +380636914132, https://orcid.org/0000-0003-1154-8701

Mudrak Klavdiya V., candidate of chemical sciences , associate professor, National Transport University, professor department of road building materials and chemistry, e-mail: klav@ukr.net,
tel. +380632188034, https://orcid.org/0000-0002-0340- 4399

Abstract. Electricity production by stations operating on coal, natural gas, gasoline, or other energy carriers is carried out according to the scheme: chemical energy of fuel - thermal energy - energy of motion - electricity. Chemical energy in fuel cells is converted into electrical energy, avoiding intermediate stages. At the same time, a significant gain is obtained both in materials and in energy. These devices are long-term chemical current sources. They are environmentally friendly. Their use in the automotive industry also significantly reduces harmful emissions into the environment. There are two areas of PE application: autonomous and large power generation. In particular, FSs can solve today's pressing problem of energy storage: daily and weekly load fluctuations of power systems significantly reduce their efficiency and require so-called maneuvering capacities. One of the options for electrochemical energy storage is a fuel cell in combination with electrolyzers and gas holders (storage for large quantities of gas). The use of PE in a car promises the greatest benefits. Here, like nowhere else, the compactness of PE is indicated. Among all types of FS, FS with a polymer proton exchange membrane as an electrolyte (PEMFC) has currently found the greatest use. They are used in transport (almost 100% of all cars running on hydrogen). The segment of fuel cells with phosphoric acid as an electrolyte (PAFC) is considered the most "mature" among all fuel cell technologies. Advantages: - low requirements for fuel purity; a large resource of work. The main emphasis in their application is large stationary sources of thermal and electrical energy. FSs based on molten carbonate (MCFC) are characterized by high fuel conversion efficiency - electrical efficiency reaches 60%.

A new direction is the production of electrical energy with the help of microorganisms in biofuel cells. At the same time, the issue of expanding the raw material base of renewable and economically profitable energy sources (wastewater, industrial and agricultural waste) is being resolved.

Keywords: fuel cells, hydrogen cars, renewable energy.

References

1. Kuzminskyi Ye.V.(2003) Netradytsiini elektrokhimichni systemy peretvorennia enerhii. Foto-, termo- ta biopalyvni elementy/ Ye.V. Kuzminskyi, H.Ia. Kolbasov, Ya.Iu. Tevtul, N.B. Holub– Chernivtsi: Ruta. – 2003. – 95 s. [in Ukrainian].

2. Kuzminskyi Ye. V. (2013) Palyvni elementy. I. Suchasnyi stan rozroblennia / Ye. V. Kuzminskyi, K.O. Shchurska, I.A. Samarukha - Vidnovliuvana enerhetyka. – 2013. – № 1. – S. 90-96. [in Ukrainian].

3. Vasyliev O.D.(2010) Keramichni palyvni komirky: ukrainskyi dosvid / O.D. Vasyliev, V.Iu. Baklan, F.V. Makordei - Visnyk Odeskoho natsionalnoho universytetu. – 2010. – Khimiia. – T. 15, vyp. 3.– S. 98–106. [in Ukrainian].

4. Bagotsky, V. S.(2009) Fuel Cells: Problems and Solutions – Hoboken: Wiley, 2009. – 320 p. [in English].

5. Mykhailiv, M. I.(2012) Stvorennia lokalnykh dzherel elektroenerhii na bazi palyvnykh komirok / M. I. Mykhailiv, P. V. Savuliak - Naftohazova enerhetyka. - 2012. - № 1. - S. 101-112. [in Ukrainian].

6. Samarukha I.A. (2016) Biotekhnolohichne otrymannia elektrychnoi enerhii za vykorystannia asotsiatsii khemoorhanotrofnykh mikroorhanizmiv [Avtoreferat dysertatsii na zdobuttia naukovoho stupenia kandydata tekhnichnykh nauk]: / I.A. Samarukha - Kyiv – 2016 - 25s. [in Ukrainian].

7. Patent Ukrainy № 67065, mizhnarodnyi patent WO 2004/144430 A2. [in Ukrainian].

8. Trots A.A. (2017)Ekolohichne dzherelo zhyvlennia / A.A. Trots, M.F. Bohomolov. - Mizhnarodna konferentsiia «Kramarovski chytannia». – 2017. – S. 47 – 50. [in Ukrainian].

УДК 625.85 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-211-218**
UDC 625.85

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ СКЛОБОЮ В ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ

USE OF SLAG WASTE IN ROAD CONSTRUCTION



***Березіна Наталія Олександрівна**, кандидат хімічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії,*
e-mail: nataberezina380@gmail.com, тел.+380636914132

https://orcid.org/ 0000-0003-1154-8701



***Мудрак Клавдія Василівна**, кандидат хімічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, e-mail: klav@ukr.net,*
тел. +380632188034,

https://orcid.org/ 0000-0002-0340-4399



***Пархоменко Неллі Георгієвна**, кандидат хімічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії,*
e-mail: parkhomenko.nelly@gmail.com, тел. +380973488850

https://orcid.org/00000-0002-6741-9397

Анотація: Одним з перспективних напрямів сьогодення, які знижують негативні техногенні навантаження на довкілля і населення при здійсненні будівельної і господарської діяльності, є створення ресурсозберігаючих технологій, в яких замість первинних застосовуються вторинні сировинні матеріали, що дозволяє понизити об'єми розміщення в довкіллі неутилізованих відходів і залучити їх в ресурсний цикл, понизивши при цьому об'єми використання первинного природного ресурсу. Для підвищення характеристик міцності активної зони ґрунту земляного полотна його штучно покращують. Саме заходи з укріплення ґрунтової основи дозволяють зменшити товщини конструктивних шарів дорожнього одягу. Це дозволяє значно зменшити витрати дорогих привізних матеріалів, знизити транспортні витрати та витрати на виконання дорожньо-будівельних робіт. Крім того, укріплення і стабілізація ґрунту земляного полотна дозволяє суттєво знизити негативний вплив на довкілля за рахунок: зменшення витрат природних сировинних ресурсів, зменшення витрати пального при транспортуванні матеріалів на об’єкти будівництва, зменшення енергоресурсів при виконанні дорожньо-будівельних робіт. Тому були виконані дослідження стосовно можливості використання відходів склобою для підвищення характеристик міцності ґрунтів шляхом поліпшення зернового складу, використовуючи їх як гранулометричну добавку. На основі проведеної науково-дослідної роботи, аналізу вихідних даних характеристик продукції із склобою та вивчених чинних нормативних документів дорожнього будівництва стосовно можливостей використання продукції із склобою, можна зробити загальне заключення про те, що для виконання дорожньо-будівельних робіт при влаштуванні конструкції дорожнього одягу, склобій може застосовуватися практично в усіх його шарах.

Ключові слова: захист навколишнього середовища, відходи склобою, дорожнє будівництво.

Вступ

Через високий рівень концентрації промислового виробництва і сільського господарства та внаслідок інтенсивного використання природних ресурсів Україна перетворилася в одну з найнебезпечніших в екологічному відношенні країн [1,2]. Нинішня екологічна ситуація в країні характеризується як глибока еколого-економічна криза, котра зумовлена закономірностями функціонування адміністративно-командної економіки колишнього СРСР. Нарощування продуктивних сил здійснювалося практично без врахування екологічних наслідків, панував відомчий, споживацький підхід до розміщення нових виробництв. Було допущено серйозних помилок в організації комплексного використання природних ресурсів, недостатня увага приділялася управлінню охороною природи та контролю якості природного навколишнього середовища.

У нинішній час органами центральної влади приділяється значна увага нормативно-правовому регулюванню екологічних питань. Базовим Законом України з поліпшення екологічної ситуації та підвищення рівня екологічної безпеки "Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики на період до 2030 року" серед основних завдань передбачено управління відходами та ресурсами, повернення у господарський обіг ресурсоцінних матеріалів. Програмні завдання стратегії управління відходами в Україні до 2030 року схвалені розпорядженням Кабінету Міністрів України від 08.11.2017 р. № 820-р, на основі яких розроблено Національний план управління відходами до 2030 року, який затверджено Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 лютого 2019 р. № 117-р.

Скло є одним з поширених компонентів твердих побутових та промислових відходів. Неутилізовані відходи скла, що розміщуються в довкіллі без проведення необхідних захисних заходів, викликають забруднення ґрунтів, поверхневих та і підземних вод продуктами вилуговування, виводять землі з господарського обороту в результаті засмічення травмонебезпечними уламками скла, що призводить до обмеження природокористування.

Мета і методи. Метою роботи є визначення можливих шляхів багатотоннажної утилізації шляхом використання у дорожньому будівництві відходів склобою, що утворюються на підприємствах виготовлення скляних виробів, лікеро-горілчаних та консервних заводах.

Дослідження здійснювались у науково-дослідній лабораторії «Технології матеріалів і конструкцій транспортного будівництва» ім. проф. Г.К. Сюньї Національного транспортного університету при кафедрі дорожньо-будівельних матеріалів і хімії. Дослідження проводились за методикою та при участі П.П. Борковського. Раніше на основі проведених пошукових досліджень була показана можливість застосування продукції із склобою у дорожньому будівництві для влаштування дренажу [3]. У даній роботі розглядається можливість використання відходів склобою у різних конструктивних шарах дорожнього одягу.

Для випробувань використовували проби склобою у вигляді штучного піску різної гранулометрії розміром від 0 до 10 мм, отримані в результаті дроблення бою склотари. Проби склобою були відібрані на виробничих потужностях ТОВ «БУДІВЕЛЬНО-ФІНАНСОВИЙ АЛЬЯНС «ОЛІМПУС»».

З метою попереднього аналізу було визначено насипну щільність, гранулометричний склад, модуль крупності відібраних проб склобою та марку міцності за методикою випробувань на дробимість. Для порівняння паралельно проводились випробування річкового піску, як одного з основних компонентів при проведенні дорожньо-будівельних робіт.

Визначення насипної щільності та гранулометричного складу виконували згідно з ДСТУ Б В.2.7-232:2010 «Пісок для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань» та ДСТУ Б В.2.7-32-95 «Пісок щільний, природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт. Технічні умови».

Результати і пояснення. Результати визначення зернового складу склобою та модуля крупності ($М_к$) відібраних характерних проб з різним ступенем подрібнення приведені в таблицях1 – 4.

Таблиця 1 – Результати визначення зернового складу склобою проби №1
Table 1 – Results of the determination process of the grain composition of broken glass in sample No. 1

Залишки на ситах, %	Розмір отворів сит, мм							$М_к$
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16 (0,14)	0,071	
1. Часткові, г	20,21	202,47	142,8	208,1	192,83	125,29	108,30	2,83
2. Часткові, %	2,02	20,24	14,28	20,81	19,28	12,53	10,83	
3. Повні, %	2,02	22,26	36,54	57,35	76,63	89,16	100	

Таблиця 2 – Результати визначення зернового складу склобою проби №2
Table 2 – Results of the determination process of the grain composition of broken glass in sample No. 2

Залишки на ситах, %	Розмір отворів сит, мм ,							$М_к$
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16 (0,14)	0,071	
1. Часткові, г	82,55	446,18	179,33	141,13	75,57	35,82	23,43	4,0
2. Часткові, %	8,24	44,56	17,91	14,09	7,54	3,57	2,34	
3. Повні, %	8,24	52,8	70,71	84,8	92,34	95,91	98,25	

Таблиця 3 – Результати визначення зернового складу склобою проби №3
Table 3 – Results of the determination process of the grain composition of broken glass in sample No. 3

Залишки на ситах, %	Розмір отворів сит, мм							$М_к$
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16 (0,14)	0,071	
1. Часткові, г	2,01	2,34	67,77	237,5	292,89	184,13	127,05	1,8
2. Часткові, %	0,2	0,23	6,77	23,75	29,28	18,41	12,7	
3. Повні, %	0,2	0,43	7,2	30,95	60,23	78,64	91,34	

Таблиця 4 – Результати визначення зернового складу склобою проби №4
Table 4 – Results of the determination process of the grain composition of broken glass in sample No. 4

Залишки на ситах, %	Розмір отворів сит, мм ,							$М_к$
	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16 (0,14)	0,071	
1. Часткові, г	75,53	364,37	165,58	161,0	110,65	57,63	37,62	3,7
2. Часткові, %	7,55	36,43	16,55	16,10	11,10	5,76	3,76	
3. Повні, %	7,55	43,98	60,53	76,63	87,69	93,45	97,21	

В таблиці 5 для порівняння приведені результати випробування зернового складу річкового піску.

Таблиця 5 – Результати визначення зернового складу річкового піску
Table 5 – Results of the determination process of the grain composition in river sand

Залишки на ситах, %	Розмір отворів сит, мм						$М_к$
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16 (0,14)	0,071	
1. Часткові, г	-	1,0	25,84	386,30	525,76	61,1	1,37
2. Часткові, %	-	0,1	2,58	38,63	52,57	6,1	
3. Повні, %	-	0,1	2,68	41,31	93,88	100	

Результати випробувань свідчать, що досліджуваний склобій в залежності від ступеню подрібнення можна отримувати у вигляді дрібного заповнювача згідно з ДСТУ Б В.2,7-32-95 різних груп за крупністю: дуже крупний, підвищеної крупності, крупний, середній та дрібний. Це дає можливість направлено регулювати зерновий склад найбільш поширених природних дрібних пісків, підвищуючи їх модуль крупності за рахунок часткового введення склобою до їх складу.

При визначенні механічних властивостей склобою у порівнянні із гранітним щебенем, було встановлено марку міцності за методикою випробувань на дробимість при випробуванні фракції розміром 5-10 мм згідно з ДСТУ Б В.2.7-71-98 «Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт». Результати випробувань представлені в таблиці 6.

Таблиця 6 – Результати визначення марки міцності при стиску за методикою випробувань на дробимість
Table 6 – Results of the determination process of the compressive strength grade(index) by the method of aggregate crushing value test

Проба матеріалу	Склобій	Гранітний щебінь
Початкова маси проби, *m*, *г*	500	500
Маса залишку на контрольному ситі після просіювання подрібненої у циліндрі проби щебеню (гравію), m_1 *г*	420	430
Дробильність проби, *Д*, %	16	14
Марка за дробильністю	600	1200

Отримані результати свідчать, що за показниками міцності склобій має нижчі показники ніж граніт. Однак, згідно з ДСТУ Б В.2.7-29-95 «Будівельні матеріали. Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація» склобій відноситься за міцністю до групи «середня Б» і може бути придатним для дорожньо-будівельних робіт у шарах основи автомобільних доріг, а також для поліпшення фізико-механічних характеристик ґрунту земляного полотна [4].

Відомо, що одним із ефективних способів підвищення міцності і довговічності конструкцій дорожнього одягу є підвищення характеристик міцності активної зони ґрунту земляного полотна [4-6]. Його штучно поліпшують для підвищення міцності, кращої здатності розподіляти напруження та зменшення стискуваності. Саме заходи з укріплення ґрунтової основи дозволяють зменшити товщини конструктивних шарів дорожнього одягу. Це дозволяє значно зменшити витрати дорогих привізних матеріалів, знизити транспортні витрати та витрати на виконання дорожньо-будівельних робіт. Крім того, укріплення і стабілізація ґрунту земляного полотна дозволяє суттєво знизити негативний вплив на довкілля за рахунок: зменшення витрат природних сировинних ресурсів, зменшення витрати пального при транспортуванні матеріалів на об'єкти будівництва, зменшення енергоресурсів при

виконанні дорожньо-будівельних робіт. Тому були виконані дослідження стосовно можливості використання відходів склобою для підвищення характеристик міцності ґрунтів шляхом поліпшення зернового складу, використовуючи їх як гранулометричну добавку. При цьому були враховані наукові узагальнення професора Б.С. Радовського [5], суть яких полягає у наступному.

У ґрунтах оптимального зернового складу крупніші частки утворюють просторовий каркас (кістяк), що сприймає зовнішнє навантаження. Пилуваті частки, розміщені в порах між більш великими частками, підвищують стійкість каркасу. При високій вологості каркас, утворений великими зернами, вносить основний вклад у міцність ґрунту (опір зсуву). Глинисті частки, склеюючи більш великі зерна між собою, додають ґрунту зв'язність при малій його вологості. Щоб вийшов «каркас», повинна бути об'ємна доля крупних частинок більше 0,16 (масова доля більше 0,23). Ґрунт оптимального зернового складу повинний містити 60-80% (за масою) піщаних, 15-35% пилуватих і 5-10% глинистих часток. Таким способом досягається збільшення об'ємної частки твердої фази.

В механіці ґрунтів руйнуванням вважається необоротній зсув (зрушення) однієї частини ґрунту відносно його другої частини по поверхні, що їх відмежовує. Тому міцність ґрунту характеризують його граничним опором зсуву $\tau_{гр}$ на одиниці площі поверхні ковзання, по якій відбувається зсув.

Випробування ґрунту проводилось згідно із ДСТУ Б В.2.1-4:96 «Ґрунти. Методи лабораторного визначення характеристик міцності і деформаційності».

В лабораторії показники опору зсуву ґрунту визначають на приладі конструкції І. М. Літвінова.

Результати визначення кута внутрішнього тертя і питомого зчеплення ґрунту і ґрунту зі склобоєм наведені в табл.7 та рис. 1.

Таблиця 7 – Визначення кута внутрішнього тертя і питомого зчеплення ґрунту і ґрунту зі склобоєм
Table 7 – Determination of the internal friction angle and the specific adhesion of soil, and soil to broken glass

Склад	Маса стискання навантаження на підвісці важеля, кг	Вертикальне напруження δ,МПА	Маса зсуваючого вантажу на підвісці важеля, кг	Граничний опір зсуву $\tau_{гр}$, МПа	Кут внутрішнього тертя φ, град	Питоме зчеплення С, МПа
Ґрунт	2	0,200	2,4	0,240	21,8	0,16
	3	0,300	2,8	0,280		
	4	0,400	3,2	0,320		
Ґрунт-70% Склобій-30% Вода-12%	2	0,200	2,8	0,280	26,5	0,18
	3	0,300	3,3	0,330		
	4	0,400	3,8	0,380		
Ґрунт-25% Склобій-75% Вода-7%	2	0,200	3,4	0,340	38,3	0,18

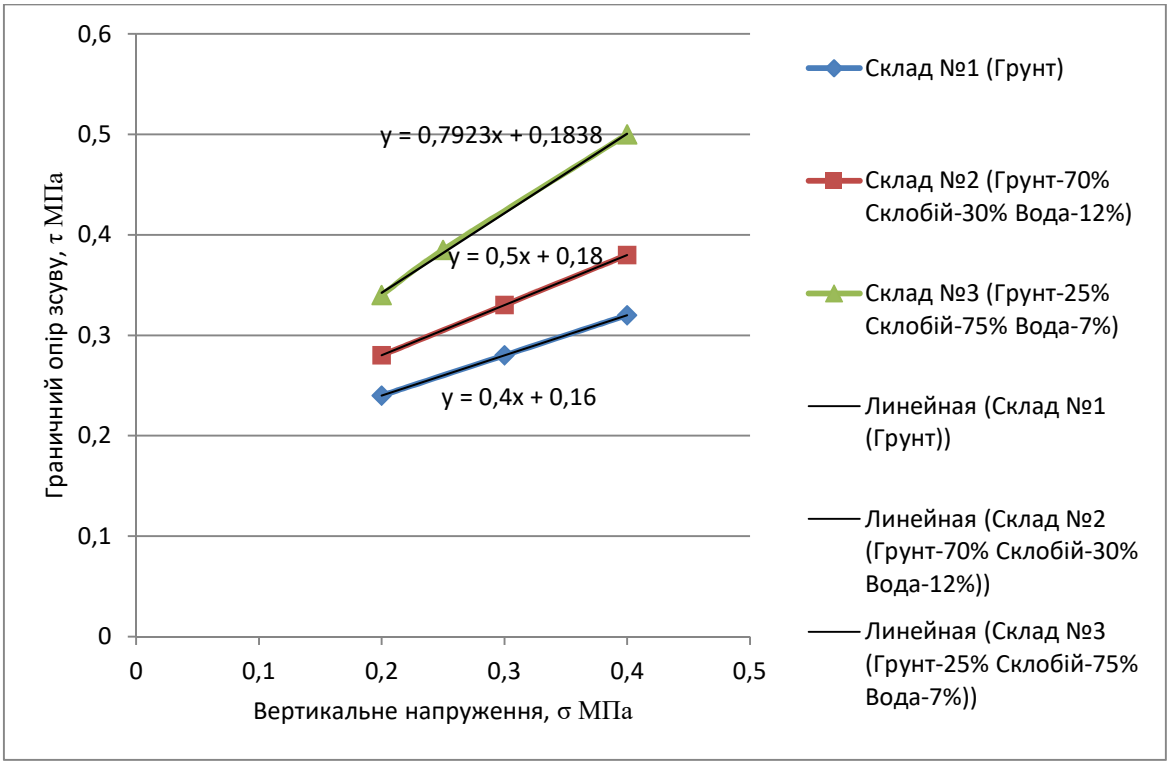


Рисунок 1 – Графіки залежності граничного опору ґрунту і ґрунту зі склом зсуву від нормального тиску.

Figure 1 – Graphs of ultimate resistance dependance of soil, and soil with shear glass under normal pressure/stress.

За результатами характеристик міцності ґрунту із додаванням склобою встановлено, що у ґрунті зі склобоєм до 75% граничний опір зсуву ґрунту становить 0,34 МПа, а ґрунті без склобою – 0,28 МПа, що свідчить про значне підвищення міцністних характеристик ґрунту зі склобоєм.

При застосуванні мінеральних в'яжучих для укріплення ґрунтів цементом, у зразках виготовлених із суміші ґрунт, склобій в співвідношенні 25 % :75 %, відповідно, в ранні строки твердіння (4 доби), які тверділи в нормальних умовах (вологість -90%, температура – 18^0C) спостерігається значне підвищення міцності на стиск (4,05 МПа) по відношенню до зразків, виготовлених із суміші ґрунту і склобою 25%:75%, але без цементу. При застосуванні прискореного твердіння (вологість -90%, температура – 60^0C) також спостерігається підвищення міцності в зразках , виготовлених із суміші ґрунту зі склобоєм в співвідношенні 25%:75% відповідно, яке становить 6,8 МПа. По результатам випробування міцності на стиск в ранні строки твердіння (3 доби) зразків ґрунту (глина легка пилувата) і склобою в кількості (25%:75%) при укріплені суміші ґрунту зі склобоєм неорганічним в'яжучим вапном спостерігається підвищення міцності зразка до 20 % по відношенню до зразків, виготовлених із суміші ґрунту з піском в співвідношенні 25% : 75%, контрольні, відповідно.

В процесі проведення науково–дослідних робіт визначалась можливість застосування склобою для влаштування основи дороги із укріплених ґрунтів. В якості ґрунту використовувалась глина легка пилувата.

Методом стандартного ущільнення виготовлялись зразки–циліндри діаметром 5 см та висотою 5 см оптимального складу в співвідношенні: ґрунт 25% і склобій 75% та контрольні зразки: ґрунт 25% і пісок 75%. В якості в'яжучої речовини для укріплення ґрунтів використовувались неорганічні в'яжучі: цемент (марка цементу 500) та вапно. Випробування зразків проводилось на ранніх строках твердіння (3, 4 доби твердіння в нормальних умовах при вологості 90 % та температурі 18^0C). Крім того, для прискорення отримання результатів для зразків з цементом використовувався метод прискореного твердіння при температурі 60^0C та вологості 90%.

Таким чином, за результатами проведеної науково-дослідної роботи були визначені основні характеристики склобою: насипна щільність (ρнас=1455 КГ/см^3); гранулометричний склад, що відносить склобій до групи важких дрібних заповнювачів; зерновий склад склобою та модуль

крупності (Мк), в межах МК=2,83-4,0, що відносить склобій в основному до крупних дрібних заповнювачів, окрім проби склобою №3, який відноситься до групи дрібних заповнювачів (Мк-1,8). По характеристиці міцності на стиск склобій (фракція 5-10 мм) має міцність 600 кгс/см^2, тоді як граничний щебінь фракції 5-10 мм по міцності становить 1200 кгс/см^2, що в 2 рази більше, ніж у склобою ,що може обмежити його використання для відповідних дорожніх категорій.

Висновки і рекомендації

На основі проведеної науково-дослідної роботи, аналізу вихідних даних характеристик продукції із склобою та вивчених чинних нормативних документів дорожнього будівництва стосовно можливостей використання продукції із склобою, можна зробити загальне заключення про те, що для виконання дорожньо-будівельних робіт при влаштуванні конструкції дорожнього одягу, склобій може застосовуватися практично в усіх його шарах при дотриманні вимог чинних нормативних документів:

- у ґрунті земляного полотна склобій може бути використаний, як гранулометрична домішка для покращення зернового складу грунту і підвищення його характеристик міцності, що може сприяти зменшенню товщини шарів дорожнього одягу та економії привізних дефіцитних кондиційних матеріалів і зменшувати вартість будівництва;

- у шарах додаткової основи склобій може застосовуватися для влаштування одночасно дренуючого та морозо-захисного шарів (як самостійно, так і у суміші з іншими матеріалами). Використання фракцій склобою 0,315мм та 0,63мм в суміші з дрібним піском можуть підвищити коефіцієнт фільтрації дрібного піску на 50-70%;

- у шарах основ із неукріплених матеріалів склобій може застосовуватися самостійно, або у суміші з іншими матеріалами;

- у шарах основ і покриття із укріплених матеріалів та асфальтобетонних і бітумомінеральних сумішей склобій може застосовуватися у різноманітних рецептах та у суміші з іншими компонентами;

- у шарах покриття із асфальтобетонних або бітумомінеральних сумішей при новому будівництві або реконструкції; капітальному, середньому ремонтах, а також ямковому ремонті (у тому числі за несприятливих погодних умов.

Перелік посилань

1. Хилько М. І. Екологічна безпека України: Навчальний посібник / М. І. Хилько. – К., 2017. –267 с.
2. Матус С.А., Левіна Г.М., Карпюк Т.С., Денищик О.Ю. Аналітичний звіт: «Базове дослідження стану та напрямів розвитку екологічної політики України та перспектив посилення участі організацій громадянського суспільства у розробці та впровадженні політик, дружніх до довкілля» https://www.twirpx.com/file/3602596/.
3. Кондратенко В.О. Технологія захисту навколишнього середовища за рахунок використання відходів склобою в дорожньому будівництві/ В.О.Кондратенко, О.В.Овсюк, І.О. Опрощенко, Б.Ю.Хамбір, В.І .Хом'як.// Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво». –К: НТУ. 2021, Випуск 110, с. 108 – 114.
4. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво.
5. Радовский Б.С. Проблемы механики дорожно-строительных материалов и дорожных одежд / Б.С. Радовский// Киев: Полиграфконсалтинг. – 2003. – 260 с.
6. Carvajal E., Romana M. Analysis of the influence of soft soil depth on the subgrade capacity for flexible pavements. Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris, 2013, pp 1249-1253. https://www.cfms-sols.org/sites/default/files/Actes/1249-1253.pdf
7. ВБН В.2.3-218-537:2008 Споруди транспорту. Влаштування шарів дорожнього одягу методом ресайклінгу з використанням гранульованих доменних шлаків
8. ДСТУ Б.В.2.7-149:2008 Щебінь і щебенево-піщані суміші із шлаків металургійних для дорожніх робіт.
9. ДСТУ Б В.2.7-29-95 Будівельні матеріали. Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація
10. ДСТУ Б В.2.1-23:2009 Грунти. Методи лабораторного визначення коефіцієнту фільтрації
11. ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування.

USE OF SLAG WASTE IN ROAD CONSTRUCTION

Berezina Nataliya O., candidate of chemical sciences, National Transport University, associate professor department of road building materials and chemistry, e-mail: nataberezina380@gmail.com. ,
tel. .+380636914132, ,https://orcid.org/ 0000-0003-1154-8701
Mudrak KlavdiyaV., candidate of chemical sciences , associate professor, National Transport University, professor department of road building materials and chemistry, e-mail: klav@ukr.net,
tel. +380632188034, https://orcid.org/ 0000-0002-0340- 4399
Parkhomenko Nelly G., candidate of chemical sciences, professor National Transport University, professor department of road building materials and chemistry, e-mail: parkhomenko.nelly@gmail.com, тел. +380973488850, https://orcid.org/00000-0002-6741-9397

Abstract. One of the perspective directions of today that reduce the negative human-made pressure on the environment and the population in the implementation of construction and economic activities is the creation of resource-saving technologies that use secondary raw-materials instead of primary, which reduces the disposal of unused waste in the resource cycle, while reducing the use of primary natural resources. The possibility of using glass waste, the bulk of which is cullet, in road construction is considered. The results of researches are presented and it is shown that for performance of road-building works at the device of a design of road clothes, slag can be applied practically in all its layers.
Key words: environmental protection, slag waste, cullet, recycled glass, road construction.

References

1. Khylko M. I. Ekolohichna bezpeka Ukrainy: Navchalnyi posibnyk / M. I. Khylko. – K., 2017. –267 s. [in Ukrainian].
2. Matus S.A., Levina H.M., Karpiuk T.S., Denyshchyk O.Yu. Analitychnyi zvit: «Bazove doslidzhennia stanu ta napriamiv rozvytku ekolohichnoi polityky Ukrainy ta perspektyv posylennia uchasti orhanizatsii hromadianskoho suspilstva u rozrobtsi ta vprovadzhenni polityk, druzhnikh do dovkillia» https://www.twirpx.com/file/3602596/.[in Ukrainian].
3. Kondratenko V.O. Tekhnolohiia zakhystu navkolyshnoho seredovyshcha za rakhunok vykorystannia vidkhodiv skloboiu v dorozhnomu budivnytstvi/ V.O.Kondratenko, O.V.Ovsiuk, I.O. Oproshchenko, B.Yu.Khambir, V.I .Khom'iak.// Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk «Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo». –K: NTU. 2021, Vypusk 110, s. 108 – 114. [in Ukrainian].
4. DBN V.2.3-4:2015 Avtomobilni dorohy. Chastyna I. Proektuvannia. Chastyna II. Budivnytstvo. [in Ukrainian].
5. Radovskyi B.S. Problemы mekhanyky dorozhno-stroytelnыkh materyalov y dorozhnыkh odezhd / B.S. Radovskyi// Kyev: Polyhrafkonsaltynh. – 2003. – 260 s. [in Russian].
6. Carvajal E., Romana M. Analysis of the influence of soft soil depth on the subgrade capacity for flexible pavements. Proceedings of the 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Paris, 2013, pp 1249-1253. https://www.cfms-sols.org/sites/default/files/Actes/1249-1253.pdf. [in English].
7. VBN V.2.3-218-537:2008 Sporudy transportu. Vlashtuvannia shariv dorozhnoho odiahu metodom resaiklinhu z vykorystanniam hranulovanykh domennykh shlakiv. [in Ukrainian].
8. DSTU B.V.2.7-149:2008 Shchebin i shchebenevo-pishchani sumishi iz shlakiv metalurhiinykh dlia dorozhnikh robit. [in Ukrainian].
9. DSTU B V.2.7-29-95 Budivelni materialy. Dribni zapovniuvachi pryrodni, iz vidkhodiv promyslovosti, shtuchni dlia budivelnykh materialiv, vyrobiv, konstruktsii ta robit. Klasyfikatsiia. [in Ukrainian].
10.DSTU B V.2.1-23:2009 Hrunty. Metody laboratornoho vyznachennia koefitsiientu filtratsii. [in Ukrainian].
11. HBN V.2.3-37641918-559:2019 Avtomobilni dorohy. Dorozhnii odiah nezhorstkyi. Proektuvannia. [in Ukrainian].

УДК 004.4
UDC 004.4

DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-219-226

ЗАСТОСУВАННЯ І РОЗРОБКА МОБІЛЬНИХ ДОДАТКІВ ДЛЯ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

APPLICATION AND DEVELOPMENT OF MOBILE APPLICATIONS FOR PUBLIC TRANSPORT



Азізов Руслан Талятович, *Національний транспортний університет, аспірант кафедри інформаційних систем і технолоій, azizov1916@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0003-2649-4822



Борецький Владислав Вікторович, *Національний транспортний університет, аспірант кафедри інформаційних систем і технолоій, vladlenius88@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0001-5525-4604



Діхтяренко Володимир Васильович, *Національний транспортний університет, аспірант кафедри інформаційних систем і технолоій, dikhtiarenko0@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0003-2549-4820



Куценко Олександр Іванович, *Національний транспортний університет, аспірант кафедри інформаційних систем і технолоій, alexkutsenko95@gmail.com,*

https://orcid.org/0000-0003-0047-4874

Анотація. Робота присвячена аналізу застосування та розробки мобільних додатків для громадського транспорту. Появу мобільних додатків у транспортній і логістичній індустрії можна поділити на наступні типи: оптимізація та планування маршруту, онлайн бронювання та відстеження, інформація про паркування, управління транспортом і автопарком, канал зв'язку, оптимізація розкладу транспортування/доставки. Сучасні мобільні додатки забезпечують кілька вбудованих переваг, як-от швидкість, ефективність та атмосферу без помилок. Постійне швидке оновлення розробки мобільних додатків для транспорту та логістики, ймовірно, продовжить прискорюватися на все більш насиченому ринку в наступні роки. Однак разом із такою швидкою еволюцією можливості для підвищення

прибутковості, оптимізації результатів та покращення користувацького досвіду вдосконалюються та розширюються на однаковому рівні.

Ключові слова: веб-додаток, громадський транспорт, NoSQL, архітектура клієнт-сервер.

Вступ Сьогодні за допомогою мобільних додатків можна замовити квитки на потяг або літак, переглянути карту місцевості та прокласти маршрут з точки а в точку б, переглянути карту заправок та купити бензин, замовити вантажні перевезення. За допомогою додатку компанії KLM що займається перельотами можна придбання квитків або перегляду розкладу польотів та можливих варіантів рейсу, не потрібна фізична присутність людини, отже додаток економить час та ресурси планети. Додатки для транспорту мають такі функції: продаж квитків, планування подорожей, відстеження транспортного засобу, карти, платіжні інтеграції тощо. Транспортні додатки можна поділити на 2 великі групи: додатки загального призначення для громадського транспорту та додатки транспортних постачальників. Додатки транспортних постачальників - це програми розроблені для певних транспортних агентств. На додаток до інформації про маршрут і розклад для планування поїздки, такі програми дозволяють купувати квитки онлайн (пасажир зазвичай повинен активувати віджет квитків, щоб скористатися цією функцією). інтегрований із системами бронювання квитків. Ці компанії займаються інвентаризацією місць, оскільки кожен квиток видається на конкретну поїздку. Додатки загального призначення для громадського транспорту. Ці додатки для міської навігації зазвичай підтримують десятки чи сотні міст по всьому світу та надають інформацію про варіанти поїздок на роботу різними транспортними агентствами, включаючи компанії, що пропонують велопрокат та прокат автомобілів. Moovit, Transit та Citymapper є одними з найпопулярніших додатків цього типу. Додаток Moovit – найважчий тут: він зорієнтує понад 200 мільйонів людей у понад 2500 містах у понад 80 країнах..

Метою даної роботи є аналіз застосування мобільних додатків для громадського транспорту та типові особливості їх архітектури, огляд існуючих популярних та відомих SPA додатків, технологій, що були використані при їх розробці, огляд інструментів та фреймворків, що використовуються при їх розробці.

1.Застосування мобільних додатків для громадського транспорту

Щоб підвищити ефективність роботи транспортних компаній, успішно конкурувати в сьогоднішніх умовах, варто застосовувати мобільні додатки, які допоможуть не тільки організувати контакт між усіма учасниками бізнесу, а й надати нові можливості для розширення діяльності і зниження видатків. Від зростання платформ продажу квитків та авіабілетів до мобільних кур'єрських і транспортних систем, мобільні додатки надають можливість бізнесу та споживачам у всьому секторі – так багато, тому багато підприємств у його галузях будуються на основі мобільних транспортних додатків. Для бізнесу розробка додатка для транспорту вигідна тим, що:

- автоматизуються бізнес-процеси;
- знімається навантаження з адміністраторів, знижується гостра потреба в них;
- завдання чіткі і деталізовані, так як більшість полів замовлення (за бажанням всі) – обов'язкові для заповнення;
- з'являється додатковий канал постійної реклами;
- відображаються всі пересування, зупинки, доручення виконавців;
- можна систематизувати доходи, отримувати звіти і виводити статистику, збирати відгуки і оцінки клієнтів щодо якості роботи виконавців;
- продукт забезпечує додатковий прибуток за рахунок монетизації.

Перевізники громадського транспорту мають операційні центри, які контролюють положення транспортних засобів, стан дорожнього руху та іншу важливу інформацію, необхідну для ефективного управління системою. Операційні центри відіграють важливу роль, допомагаючи підтримувати графіки та надійний рух автомобіля. При виникненні порушень співробітники операційного центру надають інструкції водіям, призначеним для мінімізації впливу. Важливо швидко усунути незначні негаразди, оскільки коли рух транзиту стає нерегулярним, транспортні засоби починають згуртовуватися, що спричиняє значні затримки та низьку якість обслуговування. Операційні центри включають:

- системи зв'язку - надавати інформацію та інструкції водіям та пасажирам;

● системи відстеження транспортних засобів - надайте інформацію про місцезнаходження всіх транспортних засобів у системі;

● плани подолання системних порушень - включає запасні транспортні засоби, що вводяться в експлуатацію за потреби.

Хоча перевізникам громадського транспорту завжди мали операційні центри, сьогодні обсяг, якість та своєчасність даних значно зросли. Це дозволяє транспортній системі швидше та ефективніше реагувати на порушення. Після того, як дані стануть доступними, ключовою вимогою є складання планів щодо усунення різних типів порушень. Центр громадського транспорту в Цюріху був піонером у розробці всебічних планів подолання проблем. Співробітники операційного центру мають готовий доступ до заздалегідь узгоджених маршрутів об'їзду для всіх автобусних і трамвайних ліній, кілька запасних транспортних засобів розташовані стратегічно в системі, які можуть вступити в експлуатацію у разі поломки. Перевізники громадського транспорту повинні надавати канали своїх даних у режимі реального часу, щоб сторонні розробники могли створювати власні програми розкладу і особливо поєднувати дані з іншими типами даних, створюючи нові інноваційні типи інформації, які могли б допомогти покращити досвід пасажирів у громадському транспорті.

Громадські транспортні агенції генерують великі обсяги даних як частину своєї щоденної діяльності.

●Системи автоматичного розташування транспортних засобів відстежують положення автобусів та поїздів та збирають постійний потік інформації.

●Системи підрахунку пасажирів, встановлені на транзитних транспортних засобах, реєструють, скільки людей сідає і виходить на кожній зупинці.

●Системи збору тарифів та смарт-картки фіксують здійснені поїздки, трансфери та схеми подорожей серед транзитних користувачів.

Інші джерела даних не створюються автоматично, а вводяться працівниками агентства - такі елементи, як відстеження часу, дані про відсутність, випадки безпеки та інші джерела даних про зайнятість, зібрані на місцях. Найбільш поширені тарифи та лічильники пасажирів як найпоширеніші джерела даних. Служби дозволяють цей трансформативний аналіз даних. Кілька учасників згадували продукти вебслужб Amazon (AWS) як найважливіші у забезпеченні кількох функцій, які допомагають розбити великі дані за нижчою вартістю. Хмарні обчислення дозволяють обмінюватися даними по всій організації, забезпечуючи зручний доступ для різних підрозділів. Спеціальні програмні пакети, вбудовані в AWS, дозволяють передбачити моделювання з використанням великих наборів даних. Дані також використовуються для технічного обслуговування та експлуатації центральною системою, де використовують принципи великих даних, є удосконалення та оптимізація операцій та технічного обслуговування. Об'єднання різнорідних джерел даних в одному місці дозволило провести більш детальний аналіз обладнання та стану ремонту. Нові системи, такі як AWS, дозволяють прогнозувати моделювання з використанням інформації про стан активів та результати діяльності. Подаючи інформацію про ефективність в прогностичну модель, можна передбачити поломки шин і вивести автобуси на технічне обслуговування до того, як вони вийдуть з ладу в полі. Цей тип прогнозувальних дій може потенційно значно заощадити. використовується в інших сферах для підвищення ефективності та зменшення витрат: наприклад, для моніторингу, управління та реагування на потенційні прогули операторів. Використовуючи історичні дані про персонал, а також інформацію про погоду та інші події, прогнозна модель надає інформацію про те, де оператори можуть бути відсутніми. Це дозволяє ефективніше розміщувати операторів резервного копіювання та обмежувати перебої в роботі служби. Крім того, додаткові джерела великих даних (ефективність роботи в часі, розташування транспортного засобу) можна поєднати з графіками, щоб показати операторам, як вони працюють, порівняно з однолітками у своєму підрозділі та собі з тижня на тиждень, що призводить до загального поліпшення. застосовувати аналіз великих даних у сферах безпеки. Використання інструментів великих даних для ініціатив у галузі кібербезпеки викликає все більший інтерес у галузі громадського транспорту, оскільки загрози хакерства стають все більш досконалими. Інструменти машинного навчання аналізують різні виміри даних для нагляду за навколишнім середовищем та за користувачами мережі, щоб визначити, чи є відхилення від нормального середовища. як правило, що представляє найбільший інтерес для відділу міліції, існує можливість для інших відомств добре використовувати його.

Дані також можуть зіграти свою роль у підвищенні безпеки операцій громадського транспорту для пасажирів та людей, що знаходяться в зовнішньому середовищі. Дані збираються бортовими системами, такими як датчики запобігання зіткненням та бортові камери, які контролюють вулиці та перехрестя, що використовуються транзитними транспортними засобами. Поєднуючи ці дані з інформацією про відстеження транспортних засобів, агенції можуть визначити проблемні вулиці та перехрестя, де транзитні транспортні засоби стикаються з найбільшою кількістю конфліктів. Це також допомагає агенціям зрозуміти, які ситуації потребують додаткового навчання для операторів. Об'єднавши та очистивши широкий спектр наборів даних, можна створити модель переговорів у режимі реального часу для використання у роботі з партнерами з питань праці. Під час переговорів емулювати роботу наслідків різних пропозицій для різних категорій. Аспект моделі в реальному часі означав, що коли учасники переговорів запропонували змінити контракт, команда могла продемонструвати наслідки цього за столом переговорів, а не витрачати час в офісі за повторним запуском моделі. Дані, що використовуються для обслуговування та планування. Також варто подивитись на використання мобільних додатків для отримання даних, які допоможуть у наданні та плануванні послуг. Додаток збирає інформацію про поїздки та трансфери та навіть може відстежувати поїздки між кількома регіональними перевізниками. Це дозволяє приймати кращі рішення щодо планування послуг. Мандрівники більше не "зникають", коли вони залишають службу одного агентства для іншого. Крім того, дані стільникового телефону можуть бути використані для визначення маршрутів маршруту клієнтів громадського транспорту, щоб допомогти визначити потенційні пункти передачі та з'єднання між фіксованими маршрутами. Приватні партнери будуть важливі, оскільки вони працюють над розробкою нових додатків для збору даних про тарифи.

Щоб полегшити обмін даними та доступ до інформації для користувачів. В рамках співпраці між Google та Портлендом, штат Орегон, агентством громадського транспорту (TriMet) була представлена GTFS (General Transit Feed Specification - це специфікація для надання інформації про розклад громадського транспорту і супутніх геоданих). Щоб не плутати цю специфікацію з розширенням GTFS Realtime, її також називають GTFS Static і Static Transit. За допомогою GTFS транспортні агентства можуть зробити дані доступними для пасажирів і розробників додатків. Завдяки своїй простоті, як невеликі транзитні агенції, так і великі, можуть публікувати свої дані за низькою вартістю. Ця специфікація визначає шість обов'язкових файлів, відокремлених комами (CSV), та сім необов'язкових, загалом 13 у повному наборі даних. Разом вони описують зупинки, маршрути та розклад руху цілої транзитної системи. Ці файли надаються в основному для розробників і можуть розглядатися як таблиці реляційної бази даних. Діаграма, показана на рисунку 1.1, ілюструє різні файли та спосіб їх зв'язку.

2. Розробка мобільних додатків для громадського транспорту

Розробка додатків для мобільних пристроїв - це процес, при якому додатки розробляються для невеликих портативних пристроїв, таких як КПК, смартфони, стільникові телефони. Ці додатки можуть бути встановлені на пристрій в процесі виробництва, завантажені користувачем за допомогою різних платформ для поширення ПО або бути веб-додатками, які обробляються на стороні клієнта (JavaScript) або сервера.

Коли запит клієнта здійснюється через RESTful API (REST — це набір архітектурних обмежень, розробники API можуть реалізувати REST різними способами), він передає представлення про стан ресурсу запитувачу або кінцевій точці. Ця інформація, або представлення, надається в одному з кількох форматів через HTTP: JSON (нотація об'єктів Javascript), HTML, XLT, Python, PHP або звичайним текст. JSON є найбільш популярним форматом файлів, оскільки, незважаючи на свою назву, він не залежить від мови, а також його можна читати як людям, так і машинами.

Слід також мати на увазі, що заголовки та параметри також важливі в методах HTTP-запитів, оскільки вони містять важливу інформацію як метадані запиту, його авторизація, єдиний ідентифікатор ресурсу (URI), кешування, файли cookie та більше. Існують заголовки запиту та відповіді, кожен із власною інформацією з'єднання HTTP та кодами стану. Для того, щоб API вважався RESTful, він повинен відповідати наступним критеріям;

- архітектура клієнт-сервер, що складається з клієнтів, серверів і ресурсів, із запитами, які керуються через HTTP;

- зв'язок клієнт-сервер без стану, що означає, що інформація про клієнта не зберігається між запитами на отримання, і кожен запит є окремим і не підключеним;
- дані з кешуванням, які спрощують взаємодію клієнту-серверу;
- єдиний інтерфейс між компонентами, щоб інформація передавалася у стандартній формі. Для цього необхідно аби:
  - ресурси, що запитуються, були ідентифікованими та відокремленими від представлень, надісланих клієнту;
  - клієнт міг маніпулювати ресурсами за допомогою представлення, яке він отримує, оскільки представлення містить достатньо інформаці, щоб зробити це;
  - самоописні повідомлення, що повертаються клієнту, мали достатньо інформації, щоб описати, що клієнт може з цим робити;
  - гіпертекст/гіпермедіа був доступний, що означає, що після доступу до ресурсу клієнт повинен мати можливість використовувати гіперпосилання, щоб знайти всі інші доступні дії, які можна виконати;
- багатошарова система, яка організує кожен тип серверів (відповідальних за безпеку, балансування навантаження тощо), що мають відношення до отримання інформації по запиту в ієрархії, невидимій для клієнта;
- code-on-demand (опціонально): можливість надсилати код, що можна виконати, із сервера клієнту за запитом, що розширює функціональні можливості клієнта.

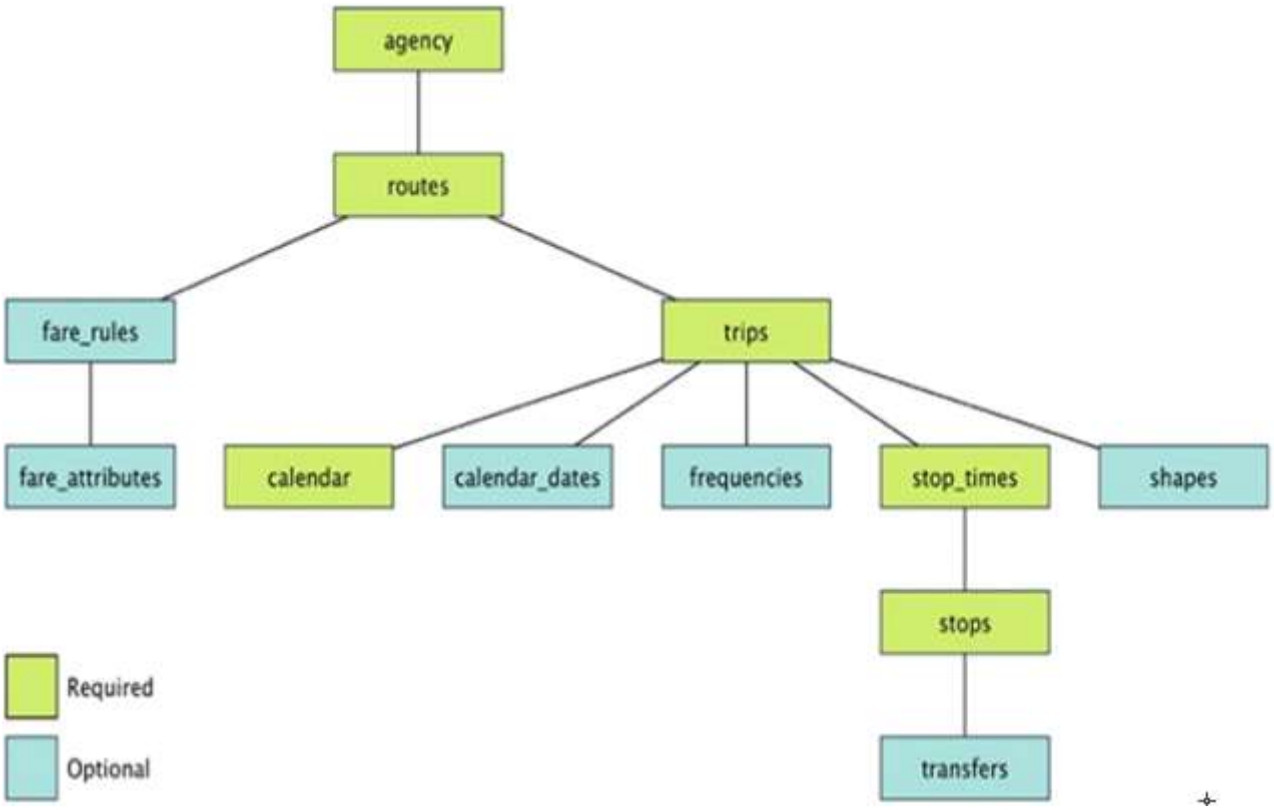


Рисунок 1 – GTFS структурний набір файлів
Figure 1 – GTFS structured file set

Хоча REST API має відповідати усім цим критеріям, він все ще вважається легшим у використанні, ніж, наприклад, протокол SOAP (Протокол доступу до простих об'єктів), який має конкретні вимоги, як-от обмін повідомленнями XML, а також вбудовану безпеку та відповідність транзакціям, які роблять його повільніше і важче.

Дотримання цієї архітектури також спрощується використанням унітарної мови для обох сторін.

Бази даних NoSQL набагато краще підходить для зберігання таких даних, як вміст статті, публікації в соціальних мережах, дані датчиків та інші типи неструктурованих даних, які не впишуться в таблицю. Бази даних NoSQL були побудовані з урахуванням гнучкості та масштабованості, яка відповідає моделі BASE-узгодженості (Basically Available, Soft state, Eventual consistency), що означає:

- Базова доступність – база даних може не отримати запитувані дані, або дані можуть перебувати в стані, що змінюється, або непослідовно.
- М'який стан – стан бази даних може змінюватися з часом.
- Побічна послідовність – база даних з часом стане послідовною, і дані будуть розповсюджуватися скрізь у якийсь момент майбутнього.

Здатність баз даних NoSQL горизонтально масштабувати пов'язана з відсутністю структури даних. Оскільки NoSQL вимагає значно меншої структури, ніж SQL, кожен збережений об'єкт є майже самостійним та незалежним. Таким чином, об'єкти можуть бути легко збережені на декількох серверах без необхідності з'єднання. Посилаючись на статтю ресурсу з програмування (https://www.freecodecamp.org/news/nosql-databases-5f6639ed9574/) визначають 4 типи баз даних NoSQL:

- сховище ключових значень (база даних «ключ-значення») (Key Value) – Riak, Voldemort, Redis;
- графові бази даних – Neo4J, HyperGraphDB;
- сховище з широким стовпчиком – Cassandra, HBase;
- бази даних документів – MongoDB;

MongoDB – кросплатформна документо-орієнтована система керування базами даних. Являється NoSQL базою даних, тобто має механізм зберігання та маніпулювання даними, який відрізняється від функціоналу релятивних баз даних.

Зображення карт в Google Maps та API JavaScript Maps розбиваються на "плитки" та "рівні масштабування". При низькому рівні масштабування невеликий набір плиток карти охоплює широку область; при вищому рівні масштабування плитки мають вищу роздільну здатність і покривають меншу площу. У наведеному нижче списку показано приблизний рівень деталізації, який можливо побачити на кожному рівні масштабування:

1: Світ
5: Материк / континент
10: Місто
15: Вулиці
20: Будинки

Класом JavaScript, що представляє карту, є клас Map. Об'єкти цього класу визначають єдину карту на сторінці. (Можна створити більше одного екземпляра цього класу - кожен об'єкт буде визначати окрему карту на сторінці.)

Також застосовуються служби **Directions**, що дозволяє отримати доступ до маршрутизації автомобіля, їзди на велосипеда, пішки та громадського транспорту за допомогою API маршрутів за допомогою HTTP-запиту. Точки маршруту надають можливість змінити шлях через певне місце. Відправлення, пункти призначення та маршрутні точки вказуються у вигляді текстових рядків (наприклад, "Chicago, IL" or "Darwin, NT, Australia") або як координати широти/довготи.

Та **Geolocation**, що допомогаю знайти місцезнаходження та радіус точності на основі інформації з таких речей, як вежі стільникового зв’язку та точки доступу Wi-Fi. Це в першу чергу використовується там, де GPS неможливий або не підходить.

Node, Express та MongoDB доволі потужний технічний стек, який дозволяє побудувати додаток з урахуванням понять REST. Завдяки ним у розробника є все необхідне для розробки. Node.js виступає як база серверної частини, через його оболонку код нативного JavaScript виконується поза браузером, що власне і дозволяє використовувати його для backend. Але чистий JavaScrip, особливо для серверної сторони, місцями може бути доволі незручний, наприклад, для маршрутування користувача по сайту потрібно прийняти URL-шлях, який опрацьовується методом GET, але за час користування переходів по сторінках може бути багато і писати для кожного такого переходу новий метод не найкраща практика. Для вирішення такої проблеми є фреймворк Express, який не лише оптимізує маршрутизацію (об’єкт Route), а й узагалі поліпшує створення серверу та впровадження бізнес-логіки.

Порівнявши вище види баз даних можна побачити переваги СУБД на основі NoSQL – відсутність дещо комплексних зв'язків, схем, простіша структура зберігання даних, можливість виконати запит однією строчкою, коли у SQL БД для нього знадобилось б 20. Серед представників таких БД було розглянуто MongoDB через її тип – документо орієнтований. Через специфіку завдання проекту він найбільш відповідний – інформацію про геолокацію, маршрути та користувачів зручніше зберігати як документ з полями.

Взаємодіяти з базою даних через сервер клієнт зможе завдяки JavaScript, що використовується для наповнення веб-сторінки «життям». Завдяки скриптам, написаним на цій мові, події на сторінці можуть бути опрацьовані та мати явний для користувача результат, дані можуть бути передані до серверу, який в свою чергу, провівши розрахунки, вибере результат з бази даних та поверне стороні клієнта, аби JavaScript через розмітку сторінки вивів користувачу бажане.

Для того, щоб користувач залишився задоволений не лише функціональним результатом, а й узагалі процесом роботи з ресурсом, рекомендовано впроваджувати зрозумілий, доступний, адаптивний інтерфейс за допомогою семантичного використання елементів HTML та креативного стилізування CSS.

Висновки

1. В роботі на етапі аналізу предметної області було досліджено предметну область, виявлені напрямки, методи та вплив на розвиток транспортних систем.
2. На етапі проектування програмної системи вивчено принципи роботи та архітектуру додатку. Вивчено інтерфейс серверної частини та способів інтеграції.
3. Проведено детальний аналіз існуючих ресурсів-аналогів. На основі проведеного аналізу визначено переваги та обґрунтовано використання вибраних засобів.
4. Було розглянуто вимоги до сучасного веб-ресурсу та допоміжні засоби розробки. У процесі розробки використовувалися кілька пакетів та бібліотек для середовища Node.js, фреймворк express, хмарний сервіс для бази даних MongoDB, служби Google Maps.

Визначено функціональні можливості розроблюваного додатку. При створенні системи враховано функціональні вимоги.

Перелік посилань

1. Google Maps Platform [Електронний ресурс] : The Directions API quickstart. – Режим доступу: https://developers.google.com/maps/documentation/directions/quickstart?hl=en_US
2. Netguru.com [Електронний ресурс] : Use Node.js backend. – Режим доступу: https://www.netguru.com/blog/use-node-js-backend
3. Webplatform.githab.io [Електронний ресурс] : The purpose of JavaScript. – Режим доступу: https://webplatform.github.io/docs/concepts/programming/the_purpose_of_javasc ript/
4. MDN Web Docs [Електронний ресурс] : Web technology for developers. – Режим доступу: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web
5. w3school.com [Електронний ресурс] : JavaScript Tutorial. – Режим доступу: https://www.w3schools.com/js/default.asp
6. npmjs.com [Електронний ресурс] : CLI commands npm-init. – Режим доступу: https://docs.npmjs.com/cli/init.html
7. Express [Електронний ресурс] : 5.x API. – Режим доступу: http://expressjs.com/en/5x/api.html
8. CSS-TRICKS [Електронний ресурс] : A complete Guide to Flexbox. – Режим доступу: https://css-tricks.com/snippets/css/a-guide-to-flexbox/
9. METANIT.com [Електронний ресурс] : JSON и AJAX. – Режим доступу: https://metanit.com/web/nodejs/4.6.php
10. bem.info [Електронний ресурс] : Методология. Документация. – Режим доступу: https://ru.bem.info/methodology/key-concepts/
11. w3c [Електронний ресурс] : HTML 5.3 – Режим доступу: https://www.w3.org/TR/html53/
12. w3c [Електронний ресурс] : Node.js MongoDB. – Режим доступу: https://www.w3schools.com/nodejs/nodejs_mongodb.asp
13. Google Maps Platform [Електронний ресурс] : Maps JavaScript API. Overwiev – Режим доступу: https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/overview
14. MongoDB [Електронний ресурс] : Docs Home. Develop Applications. MongoDB

Drivers. Node.js. Retrieve Data. – Режим доступу: https://docs.mongodb.com/drivers/node/current/fundamentals/crud/read-operations/retrieve/

15. Google Maps Platform [Електронний ресурс] : Distance Matrix API. Overwiev – Режим доступу: https://developers.google.com/maps/documentation/distance-matrix/overview

16. StackOverflow [Електронний ресурс] : Public. Questions. Calculate distance between two points in google maps V3 – Режим доступу: https://stackoverflow.com/questions/1502590/calculate-distance-between-two-points-in-google-maps-v3

17. Subbu Allamaraju RESTful Web Services Cookbook / Subbu Allamaraju// O'Reilly Media / Yahoo Press. – 2010. – 316.

18. https://developers.google.com/transit/gtfs?hl=ru

19. C.J. DateAn Introduction to Database / C.J. DateAn // – Pearson – 2003.

APPLICATION AND DEVELOPMENT OF MOBILE APPLICATIONS FOR PUBLIC TRANSPORT

Azizov Ruslan T., National Transport University, graduate student of the Department of Information Systems and Technologies, azizov1916@gmail.com
Dikhtyarenko Volodymyr V., National Transport University, graduate student of the Department of Information Systems and Technologies, dikhtiarenko0@gmail.com
Boretskyi Vladyslav V., National Transport University, graduate student of the Department of Information Systems and Technologies, vladlenius88@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-5525-4604
Kutsenko Alexander I., National Transport University, graduate student of the Department of Information Systems and Technologies, alexkutsenko95@gmail.com , https://orcid.org/0000-0003-0047-4874

Abstract. The work is devoted to the analysis of the use and development of mobile applications for public transport. The emergence of mobile applications in the transport and logistics industry can be divided into the following types: route optimization and planning, online booking and tracking, parking information, transport and fleet management, communication channel, transportation/delivery schedule optimization. Modern mobile apps provide several built-in benefits such as speed, efficiency and a bug-free environment. The constant rapid development of mobile app development for transportation and logistics is likely to continue to accelerate in an increasingly saturated market in the coming years.

Key words: web application, public transport, NoSQL, client-server architecture.

.

Referens

1. https://developers.google.com/maps/documentation/directions/quickstart?hl=en_US
2. https://www.netguru.com/blog/use-node-js-backend
3. https://webplatform.github.io/docs/concepts/programming/the_purpose_of_javasc ript/
4. https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web
5. https://www.w3schools.com/js/default.asp
6. https://docs.npmjs.com/cli/init.html
7. http://expressjs.com/en/5x/api.html
8. https://css-tricks.com/snippets/css/a-guide-to-flexbox/
9. https://metanit.com/web/nodejs/4.6.php
10. https://ru.bem.info/methodology/key-concepts/
11. https://www.w3.org/TR/html53/
12. https://www.w3schools.com/nodejs/nodejs_mongodb.asp
13. https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/overview
14. https://docs.mongodb.com/drivers/node/current/fundamentals/crud/read-operations/retrieve/
15. https://developers.google.com/maps/documentation/distance-matrix/overview
16. https://stackoverflow.com/questions/1502590/calculate-distance-between-two-points-in-google-maps-v3
17. Subbu Allamaraju RESTful Web Services Cookbook / Subbu Allamaraju// O'Reilly Media / Yahoo Press. – 2010. – 316.
18. https://developers.google.com/transit/gtfs?hl=ru

C.J. DateAn Introduction to Database / C.J. DateAn // – Pearson – 2003

УДК 004.422
UDC 004.422

DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-227-231

ЩОДО БАЛАНСУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ В ДОДАТКАХ З ВИКОРИСТАННЯМ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КОНТЕЙНЕРИЗАЦІЇ

CONCERNING LOAD BALANCING IN APPLICATIONS USING CONTAINERING INFORMATION TECHNOLOGY



Акімов Дмитро Дмитрович, *Національний транспортний університет, аспірант кафедри інформаційних систем і технологій,* *e-mail: std.akimov@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0003-2440-1864



Миронов Денис Олександрович, *Національний транспортний університет, аспірант кафедри інформаційних систем і технологій,* *e-mail: mironov.link@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0001-6020-0707



Руських Юрій Олегович*, Національний транспортний університет, аспірант кафедри інформаційних систем і технологій, e-mail:* mr.ruskih@gmail.com, тел. +380934337930

https://orcid.org/0000-0001-6718-1203



Сисоєв Ілля Костянтинович, *Національний транспортний університет, аспірант кафедри інформаційних систем і технологій, e-mail: i.sisoev.w@gmail.com,*

https:// orcid.org/0000-0003-4823-9179

Анотація. В статті розглянуто адаптивний алгоритм балансування навантаження для додатків з використанням технології контейнеризації. Наведено теоретичні приклади реалізації такого алгоритму на основі багаторівневої системи. Приведено теоретичний опис роботи алгоритму на різних рівнях системи. Функціонування додатку розгорнутого за допомогою технології контейнеризації потребує обов'язкового використання синхронізатору, який в свою чергу повинен бути наділений оптимальним алгоритмом балансування для досягнення максимального використання доступних ресурсів. При цьому слід враховувати особливість запитів які притаманні конкретному додатку, так і їх неоднорідність в часі, для цього пропонується ввести паралельну систему для обробки и статичного аналізу вхідних запитів. В статті наведені критерії які при досягненні яких таки алгоритм можна буде використовувати замість вже існуючих.

Ключові слова: контейнеризація, балансування, адаптивний алгоритм, контейнеризація, обчислювальний вузол.

Вступ. Балансування навантаження використовується для оптимізації використання паралельних обчислювальних систем для виконання паралельних обчислень, що забезпечує рівномірне навантаження на обчислювальних вузлів [1]. Якщо виникає нове завдання, програмне забезпечення,

що реалізує баланс, має вирішити, який обчислювальний блок повинен здійснювати обчислення, які пов'язані з цим новим завданням. Також балансування навантаження прогнозує притягнення частини обчислень із найбільш завантажених обчислювальних вузлів на менш навантажені.

Контейнерна програма — це набір ідентичних контейнерів, які містять екземпляри програми. Примірники розподілені між різними обчислювальними вузлами та працюють паралельно. Запити розподіляються між обчислювальними вузлами, а навантаження обчислюваних вузлів є урівноваженими [2].

Втім, при виконанні паралельних додатків можуть з'являтися суперечки між стабільним поділом об'єктів на обчислювальних вузлах і неквапливою швидкістю обміну даними між цими об'єктами. Деякі обчислювальні вузли можуть простоювати, а інші можуть бути перевантажені через поганий зв'язок між ними, не беручи до уваги те, що вартість зв'язку збалансованої системи може бути високою [3]. Тому метод балансування слід вибирати так, щоб обчислювальні вузли були поступово завантажені і мала оптимальну швидкість обміну даними між ними.

Реалізація такої паралельної комп'ютерної системи вимагає розробки алгоритмів синхронізації об'єктів, що працюють на різних вузлах комп'ютерної системи. Натомість ефективність реалізації алгоритму синхронізації залежить від балансування навантаження на вузли комп'ютерної системи.

Ось декілька причин, з-за яких виникає дисбаланс навантаження:

- неоднорідність структури паралельних додатків, тобто різні процеси запитів вимагають різної обчислювальної потужності; неоднорідна
- структура обчислювального комплексу, тобто різні вузли мають різну продуктивність;
- неоднорідність структури взаємодії між вузлами комп'ютерної мережі;

Тобто характеристики зв'язку між вузлами можуть мати різні ознаки пропускної здатності.

На сьогоднішній день не існує загального способу вирішення дисбалансу навантаження.

Методи балансування поділяються на **статичні** та **динамічні**.

Перед початком виконання паралельної програми виконується **статичне балансування**. Логічний розподіл процесу між процесорами використовує попередньо виконані навички (так звана наука, заснована на історичних даних). Проте, попереднє розміщення логічних процесів на вузлах комп'ютерної мережі може не дати очікуваних результатів [4].

Це обумовлюється тим, що:

- обчислювальна сфера, в якій здійснюється виконання програми, може змінюватися, інакше кажучи, один чи декілька обчислювальних вузлів можуть вийти з ладу;
- обчислювальний осередок, в якому виконується паралельний додаток, може бути завантажений іншими обчисленнями;
- навантаження на обчислювальні вузли є непередбаченим (аномальна активність користувачів, DDOs атаки та ін.);

Динамічне балансування є перерозподіл завантаженості на обчислювальні вузли під час реалізації програми. Для такого балансування застосовують програмне забезпечення, яке визначає:

- завантаженість обчислювальних вузлів;
- пропускну здатність ліній зв'язку серед вузлів;
- періодичність вхідних запитів;
- ресурсомісткість вхідних запитів;
- завантаженість та кількість обчислювальних вузлів.

Динамічні методи застосовують як правило тоді, коли час, потрібний на балансування, значно менше часу на виконання самого завдання [5]. Енергійне завдання балансування зазвичай містить не виключно розподіл завантаженості по обчислювальним вузлам, а й, з огляду на особливості алгоритму балансування, альтернативу оптимального числа обчислювальних вузлів. Балансування навантаження може здійснюватися програмно чи апаратно, централізовано або децентралізовано [6].

Постановка задачи. Алгоритмом динамічного балансування визначається, до якого обчислювального блоку надсилати запити під час роботи системи. Такий підхід дозволяє реагувати на зміни стану програми. Однак динамічне балансування вимагає додаткового часу для збору статистики про стан програми, аналізу даних і прийняття рішень. Балансування навантаження – це процес, який використовується для розподілу завдань між обчислювальними вузлами.

Балансування навантаження та перенесення використовуються для підвищення продуктивності паралельних систем. Через різнорідність обчислювальних середовищ алгоритм може добре працювати в одній паралельній системі, але не так добре, як мав би працювати в іншій.

У поточній тенденції розробки розподілених додатків зростають навички розгортання за допомогою хмарних середовищ, таких як (Google Cloud, Azure тощо) і контейнерних технологій. Таким чином можна збалансувати такі показники дисбалансу навантаження, як неоднорідність складної структури та неоднорідність взаємодії між вузлами. Використання технології контейнеризації дає змогу розгортати обчислювальні вузли як незалежні контейнери з однаковими обчислювальними можливостями початкової конфігурації для досягнення гомогенізації середовищ обчислювальних запитів. Усі контейнери належать до вузла синхронізатора (балансувальника навантаження), а синхронізатор реалізує алгоритм розподілу навантаження на підлеглих вузлах. При використанні контейнеризації, крім розподілу навантаження, синхронізатор може, у свою чергу, залучати нові обчислювальні вузли або вимикати невикористовувані вузли, щоб заощадити гроші. Відповідно до моделі ціноутворення постачальника хмарного середовища кожен обчислювальний блок, розгорнутий у хмарі, має певну вартість. Додатковим стимулом для максимально ефективного застосовування наявних ресурсів стає економія коштів.

Саме тому, для ефективного балансування завантаженості треба щоб алгоритм якомога більше задовольняв двом критеріям:

- Максимально ефективне застосування наявних обчислювальних вузлів.
- Оптимальний алгоритм доповнення чи вимикання цих вузлів.

Під ефективністю праці вузлів вважається їх використання на 90-95 відсотків. Тобто на нього повинно бути відправлено стільки операцій, скільки він зможе ефективно виконати не витрачаючи зайвого часу.

Оптимальний алгоритм для додавання вузлів означає додавання синхронізатором нових вузлів лише в тому випадку, якщо наявні вузли більше не можуть виконувати операції знову ж таки без втрати її часу.

Для досягнення зазначених критеріїв пропонується розробити алгоритм адаптивного балансування, який прийматиме рішення на основі комплексного показника ресурсної потужності вузла, тобто величини, що характеризує N операцій, які може виконати вузол. Певний тип не має втрат в експлуатації. Для цього визначається ресурсоємність вузлів RPS (requests per second - запитів в секунду). Також визначається RPS для кожного типу запиту.

Тип запиту визначається його URI, який є унікальним ідентифікатором для запиту та гарантує, що за правильної архітектури програми кожен запит до того самого URI використовуватиме приблизно однакову кількість ресурсів сервера. Точність формули RPS для кожного запиту безпосередньо впливатиме на продуктивність синхронізатора під час додавання або видалення обчислювальних вузлів. Алгоритм розподілу запитів від одного обчислювального вузла до іншого дуже складний.

Однак введення деяких припущень може зменшити складність цього алгоритму.

- розподілені системи поєднують кілька різних типів даних (гетерогенні);
- користувач може взаємодіяти з машиною в будь-який час;
- у повністю автоматичному режимі кількість обчислювальних вузлів у мережі контролюється лише синхронізатором без втручання користувача;
- можливі зміни комп'ютерних мереж;
- затримки на обмін даними між вузлами залишаються незмінними;

Опис багаторівневої алгоритмічної моделі. Для реалізації алгоритму пропонується реалізувати трирівневу систему прийняття рішень і збору даних.

На першому рівні пропонується дозволити синхронізатору збирати та обробляти статистику навантаження від самих вузлів, тим самим активуючи паралельний процес, який прогнозує вхідне навантаження на основі вхідного навантаження. Крім того, синхронізатор повинен оцінити вхідні запити, щоб визначити їх місткість на основі статистики, щоб вирішити, чи надсилати запит до наявного обчислювального вузла, якщо потужність вузла достатня для задоволення запиту, або до новоствореного обчислювального вузла, через базовий вхід. отримані від системи прогнозування.

На другому рівні пропонується створити систему прогнозування навантаження, яку використовує синхронізатор, надсилаючи йому паралельні вхідні запити та дані з обчислювальних

вузлів про використану потужність. В життєвому циклі додатка завантаженість в часі в основному не однорідна, а його піки неодноразово збігаються с піками активності користувачів чи завчасно запланованими піковими активностями, система прогнозування цих навантажень дасть нам перспективу не створювати додаткові обчислювальні вузли в реальному часі, а привносити їх за декілька хвилин до того як запасний обчислювальний осередок нам знадобиться.

На третьому рівні, коли створюється новий контейнер, рекомендується розгорнути додатковий проксі та обчислювальний вузол, який збиратиме дані про вхідні запити та ресурси, витрачені на їх обробку у фоновому режимі. Для того, щоб точно судити про пропускну здатність запиту, ці низи необхідно відправити в синхронізатор, набір цих низів рекомендується передавати на сторону обчислювального вузла, щоб зменшити навантаження на синхронізатор і скоротити час прийняття рішення. збір на фоновому рівні намагайтеся не займати обчислювальний вузол величезні ресурси.

Висновок. В результаті впровадження такого алгоритму очікується реалізація певних переваг, що дозволяють використовувати таку систему замість чинних методів і алгоритмів.

По-перше, ресурси, які використовуються для прийняття рішень, не повинні перевищувати ті, які необхідні для задоволення цієї вимоги.

По-друге, доступність програми має бути на рівні 99,99%, без зниження продуктивності під час додавання або завершення роботи нових обчислювальних вузлів.

По третє, існування незалучених вузлів та вузлів з частковою завантаженістю менше повинна фігурувати мінімізована.

Перелік посилань

1. HIGH AVAILABILITY FOR CLUSTER OF STATEFUL SERVICES BEHIND LOAD BALANCER IN PRIVATE/public cloud / Kent Leung, Louis Zhijun Liu, Jeremy Felix, Andrew Ossipov, Mohamed Mahmoud. – IEEE. – 2019, June 19. – 7 p.
2. A Survey of Load Balancing in Cloud Computing: Challenges and Algorithms / Klaithem Al Nuaimi, Nader Mohamed, Mariam Al Nuaimi,Jameela AlJaroodi. – IEEE. – 2012, December 3. – 5 p.
3. Karl Matthias, Sean P. Kane. Docker: Up & Running. – O'Reilly Media, Inc. – 2015, June 11. – 232 p.
4. Alan A. A. Donovan, Brian W. Kernighan, The Go Programming Language. – Addi lWesley Professional. – 2015, November 16. – 400 p.
5. Tony Bourke, Server Load Balancing. – 1st Edition O'Reilly Media. – 2011, August 11. – 208 p.
6. Айрапетян Б.Г. РІЗНОВИДИ РОЗПОДІЛЕНИХ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ. АРХІТЕКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ. ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ // Системи обробки інформації, 2013, № 6. – С.199-203.

CONCERNING LOAD BALANCING IN APPLICATIONS USING CONTAINERING INFORMATION TECHNOLOGY

Akimov Dmytro D., National Transport University, postgraduate Student of the Department of Information Systems and Technologies, phone: +380672363635, e-mail: std.akimov@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-2440-1864
Myronov Denys O., National Transport University, postgraduate Student of the Department of Information Systems and Technologies, phone: +380634198501, e-mail: mironov.link@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6020-0707
Ruskikh Yurii O., National Transport University, postgraduate Student of the Department of Information Systems and Technologies, phone: +380934337930, e-mail: mr.ruskih@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6718-1203
Sysoev Ilya K., National Transport University, postgraduate Student of the Department of Information Systems and Technologies, phone: +380958650637, e-mail: i.sisoev.w@gmail.com, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4823-9179

Abstract. The article discusses an adaptive load balancing algorithm for applications using containerization technology. Theoretical examples of the implementation of such an algorithm based on a multilevel system are given. A theoretical description of the operation of the algorithm at different levels of the system is given. The operation of an application deployed using containerization technology requires the mandatory use of a synchronizer, which must be endowed with an optimal balancing algorithm to maximize the use of available

resources. In this case, one should consider the peculiarity of requests that are inherent in a particular application, and their heterogeneity in time; for this, it is proposed to introduce a parallel system for processing and static analysis of incoming requests. The article provides criteria that, when some of the algorithms are achieved, can be used instead of the existing ones.
Key words: containerization, balancing, adaptive algorithm, containerization, computing node.

References

1. HIGH AVAILABILITY FOR CLUSTER OF STATEFUL SERVICES BEHIND LOAD BALANCER IN PRIVATE/PUBLIC CLOUD / Kent Leung, Louis Zhijun Liu, Jeremy Felix, Andrew Ossipov, Mohamed Mahmoud. – IEEE. – 2019, June 19. – 7 p.

2. A Survey of Load Balancing in Cloud Computing: Challenges and Algorithms / Klaithem Al Nuaimi, Nader Mohamed, Mariam Al Nuaimi, Jameela AlJaroodi. – IEEE. – 2012, December 3. – 5 p.

3. Karl Matthias, Sean P. Kane. Docker: Up&Running. – O'Reilly Media, Inc. – 2015, June 11. – 232 p.

4. Alan A.A. Donovan, Brian W. Kernighan. The Go Programming Language. – Addi mWesley Professional. – 2015, November 16. – 400 p.

5. Tony Bourke. Server Load Balancing. – 1st Edition O'Reilly Media. – 2011, August 11. – 208 p.

6. B.G. Hayrapetyan. VARIETIES OF DISTRIBUTED COMPUTING SYSTEMS. ARCHITECTURAL FEATURES. ADVANTAGES AND DISADVANTAGES // Information processing systems. – 2013, No. 6. – pp.199-203.

УДК 005.8:65.018:656.073 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-232-240**
UDC 005.8:65.018:656.073

УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ ГРОМАДСЬКОЇ УЧАСТІ В СФЕРІ ТРАНСПОРТУ І РЕМОНТУ ТА БУДІВНИЦТВА ДОРІГ

MANAGEMENT OF PUBLIC PARTICIPATION PROJECTS IN THE FIELD OF TRANSPORT AND ROAD REPAIR AND CONSTRUCTION



***Воркут Тетяна Анатоліївна**, Заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, Київ, Україна, vorkutt@ukr.net,*

http://orcid.org/0000-0003-0354-476X



***Божок Юлія Олександрівна**, Національний транспортний університет, Київ, Україна, bozhok2008@bigmir.net,*

http://orcid.org/0000-0002-0404-0961



***Петунін Андрій Володимирович**, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, petunin.andrew@gmail.com,*

http://orcid.org/0000-0002-8072-6842



***Харута Віталій Сергійович**, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна, kharuta_vitaliy@ukr.net*

http://orcid.org/0000-0002-8897-7558



***Шпильовий Іван Федорович**, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, ifshpylovyi@ukr.net,*

http://orcid.org/0000-0002-2309-7357

Анотація. Актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю вдосконалення і подальший розвиток науково-методичного забезпечення процесів управління проєктами громадської участі в сфері транспорту і ремонту та будівництва доріг.

Мета дослідження**:** запропонувати науково-методичне обґрунтування умов вибору підходу до структурування сукупності проєктів ГУ, як портфеля, – в частині виокремлення певних складових даної сукупності за тематичним спрямуванням як підпортфелів або підрозділів портфеля (підпортфеля).
Об'єкт дослідження – процеси формування сукупності проєктів ГУ до реалізації.
Методика дослідження. При формуванні понятійної бази дослідження використано метод наукової ідентифікації; при аналізі науково-методичних підходів до структурування, визначення критеріїв (оцінювання, відбору, пріоритизації) і оптимізації за портфелями проєктів ГУ – метод зіставно-порівняльного аналізу; для перевірки гіпотези щодо незначущості відмінностей у сукупностях проєктів ГУ, виокремлюваних за тематичними спрямуваннями, – непараметричний критерій (тест) значущості Краскела–Волліса.
Ключові слова: управління проєктами, портфель проєктів, портфельно-орієнтоване управління, проєкти громадської участі, громадський проєкт, громадський бюджет

Постановка проблеми. На початок 2022 р., як наголошується в роботі [1], спостерігалися високі темпи росту загальної кількості приймаємих до реалізації проєктів громадської участі (ГУ) і бюджетів, які виділялися на цю реалізацію, в містах України. Так, у м. Києві кількість прийнятих до реалізації проєктів ГУ зросла від 62 у 2017 р. до 348 у 2021 р. (на 2022 р. було заплановано до реалізації 393 проєкти), а відповідний бюджет зріс із 50 млн. грн. у 2017 р. до 170 млн. грн. у 2021 р. (на 2022 р. було заплановано виділення 200 млн. грн.). Зазначене вимагає підвищення результативності і ефективності управління даними проєктами, як в цілому, так і за виокремлюваними сферами, зокрема, за сферою транспорту і ремонту та будівництва доріг.

Аналіз існуючих в світі практик за процесом формування до реалізації сукупності проєктів ГУ, і власне їх реалізації, дає підстави виокремити принаймні два принципово відмінних підходи до структурування цієї сукупності. За першим із них не передбачається окреме попереднє виділення (фіксація) бюджетів відносно будь-яких складових сукупності проєктів ГУ. Проєкти, які є відмінними за параметрами, які ці проєкти характеризують, наприклад, тематичним спрямуванням, запитом на обсяг фінансування тощо, отримують свій рейтинг у межах загального списку, відповідно до якого потім можуть пріоритизуватися в межах, зокрема, тематичного списку, і бюджет на них виділяється спільний. Таким чином ми маємо справу тільки з такими складовими сукупності проєктів ГУ, які, за більшості випадків, якщо й виокремлюються, то відбувається це для зручності управління. За приклад можна навести проєкти ГУ м. Києва, за якими було запропоновано на 2022 р. виокремлювати десять наступних тематик до реалізації: дороги, транспорт; екологія; ЖКГ (комунальне господарство, енергоефективність); здоров'я; інформаційні технології (ІТ); культура, туризм; молодь, спорт; освіта, громадянське суспільство; соціальний захист, інклюзія; міжтематичні [2]. При цьому щодо кожного проєкту ГУ міською робочою групою з питань громадського бюджету, якщо локалізація проєкту є загальноміською, або районною робочою групою з питань громадського бюджету, в разі районної локалізації проєкту, визначається відповідальний за експертизу проєкту підрозділ за тематикою реалізації проєкту. Мають місце й інші аспекти управління проєктами ГУ в м. Києві, умови здійснення за якими залежать від тематичного спрямування проєкту ГУ [2]. Разом із тим, виділення окремих бюджетів за тематичними сферами натепер не передбачено.

За другим, із вищезазначених підходів до структурування сукупності проєктів ГУ, на відміну від першого, окреме рейтингування і бюджетування за окремими складовими сукупності проєктів ГУ, які значуще різняться за значеннями певних визначених, і обраних для категоризації, параметрів, передбачається. Якщо звернутись, знов таки, до проєктів ГУ м. Києва, то на 2022 р. виокремлюються, як і у попередні роки, категорії малих і великих проєктів. До малих проєктів ГУ, які було прийнято до реалізації в м. Києві в 2022 р., віднесено проєкти з бюджетом (вартістю) від 100,0 до 999,9 тис. грн., а до великих – від 1000,0 до 3000,0 тис. грн. [2].

Виходячи з вищевикладеного, за актуальне наукове завдання виступає розроблення науково-методичного забезпечення умов вибору підходу до структурування сукупності проєктів ГУ – в розумінні визначення доцільності встановлення фіксованого бюджету і, як наслідок, здійснення окремого оцінювання, з подальшим окремим управлінням реалізацією, щодо певних виокремлюваних складових даної сукупності. В контексті цієї роботи, насамперед, представляє інтерес виявлення

доцільності встановлення окремих бюджетів за сукупностями проєктів ГУ певного тематичного спрямування, зокрема, в сфері транспорту і ремонту та будівництва доріг.

Огляд робіт. В стандартах управління портфелем поняття «портфель» і «управління портфелем» виступають за вихідні. При цьому на теперішній час PMI, насамперед, запропонував чотири версії стандарту управління портфелем, які побачили світ, відповідно, в 2006 р. [3], 2008 р. [4], 2013 р. [5] і 2017 р. [6]. Як зазначалося в першій версії даного стандарту, управління проєктами – це один із тих термінів, який має багато значень. Тривалий час він асоціювався виключно з проєктами. Проте, на сьогодні, стає зрозумілим, що управління проєктами охоплює також управління портфелями і програмами, зосереджуючись на тезі «робити правильну роботу», на відміну від традиційної для управління проєктами і програмами, – «робити роботу правильно» [3].

Порівнюючи визначення портфеля у версіях стандарту управління портфелем PMI, можна дійти висновку, що в перших трьох версіях [3–5] портфель розглядається як такий, що включає проєкти, програми, а також інші роботи, які не ввійшли до попередньо зазначених компонентів – проєктів і програм. Водночас, починаючи з кінця 2000 рр., у другій версії стандарту управління портфелем [4] та ряді інших стандартів PMI починає вживатися поняття «портфель вищого рівня» (англ. – highest level portfolio), який, крім проєктів і програм, за визначенням, може містити «портфелі відносно нижчого рівня» (англ. – lower level portfolio). В цьому ж періоді фахова спільнота відмічає, що на практиці простежується тенденція, коли в будь-якому крупному портфелі спорадично, а іноді системно, виникають більш або менш стійкі групи проєктів. Доти, доки ці групи проєктів існують тільки для зручності управління, можна вести мову про «підрозділи» єдиного портфеля. Проте, коли починається виділення ресурсів окремо на групу і рейтингування проєктів в межах такої групи, то тут вже йдеться про виокремлення портфеля відносно нижчого рівня в межах портфеля відносно вищого рівня. До даних нових «утворень» можуть застосовуватися всі техніки й інструменти традиційного управління портфелем. Ці практики були взяті до уваги при визначенні портфеля в четвертій версії стандарту управління портфелем PMI через введення до компонентів портфеля підпортфелів (іноді для перекладу з англ. subsidiary portfolios вживається термін «субпортфелі») [6].

Розвиваючи поняття «портфель» у четвертій версії стандарту управління портфелем, PMI пов’язує виокремлення і існування портфеля з реалізацією певних стратегій і досягненням певних цілей, в цьому контексті – переважно організації та бізнесові одиниці [6]. При цьому портфель передбачає існування як поточних компонентів, так і тих, які увійдуть до нього в подальшому. Відносно більші портфелі можуть включати підпортфелі. При цьому, здебільшого, спостерігається ієрархічне структурування.

В сучасних інформаційних джерелах, на нашу думку, простежується неоднозначність у використанні термінів «портфель», «управління портфелем» та ряду інших, пов’язаних із ними, термінів. В контексті цієї роботи представляє інтерес виокремлення наступних двох основних значень, у яких вживається термін «портфель».

В першому значенні портфель ставиться в один ряд із проєктом і програмою, в розумінні тимчасової, тобто, такої, що має обмежену тривалість у часі, діяльності (дій, комплексу заходів тощо). До певної міри, видається, що так, чи принаймні частково так, портфелі, наприклад, розглядаються в системній моделі в роботі [7]. Підставою дійти такого висновку, зокрема, є тотожність фаз життєвого циклу, представлених у згадуваній моделі за об’єкти управління, як для проєктів і програм, так і для портфелів. Це ж стосується і процесів управління.

Вживання терміну «портфель», як обмеженої в часі діяльності, зокрема, має місце в літературі з фінансового управління, частково проєктного аналізу, управлінського обліку тощо. В роботах цього спрямування розглядаються, наприклад, питання умов взаємодії проєктів-компонентів у портфелях – незалежні проєкти або залежні, тобто, заміщуючі або доповнюючі за вигодами і/або витратами; особливості застосування методів NPV, терміну окупності, IRR та інших методів оцінювання ефективності проєктів у контексті оцінювання не окремих проєктів, а портфелів – як сукупності зазначених проєктів-компонентів. Таке тлумачення портфеля зустрічається, в певних контекстах, і у версіях стандарту управління портфелем PMI [3 – 6] . Тобто, відповідно до цього, першого, значення, портфель – це певна сукупність (набір) компонентів, за які виступають конкретні проєкти і програми, і яка триває обмежений проміжок часу.

Друге значення портфеля, яке присутнє в сучасній теорії і практиці управління проєктами, в частині управління портфелями, пов’язано з інтерпретацією управління портфелем як регулярної,

тобто, постійної (неперервної) або операційної діяльності. Слідуючи такій інтерпретації, в перших трьох виданнях стандарту управління портфелем PMI фази життєвого циклу портфеля взагалі не виокремлювались або, за четвертим виданням [6], виокремлюються в інший спосіб, ніж фази життєвого циклу проєкту. Тобто, портфель виступає, свого роду, постійно діючою «оболонкою» для проєктів і програм певного спрямування. Проєкти і/або програми в рамках портфеля тривають всього лише протягом певного проміжку часу, проте, сам портфель, як постійно діюча «оболонка» для проєктів і програм певного виду, залишається.

На відміну від життєвого циклу проєкту, життєвий цикл портфеля, за своєю сутністю, є циклічним, тобто, таким, що повторюється. Водночас, думки стосовно взагалі доцільності виокремлення в життєвому циклі портфеля окремих фаз, або змісту цих фаз, є суперечливими. В деяких дослідженнях таку «доцільність» вбачають, в інших стають на позицію першої версії стандарту управління портфелем PMI, згідно з якою портфель слід розглядати як типову операційну діяльність, яка включає ряд безперервно виконуваних процесів. Тобто, загальний процес управління портфелем не завершується. Виключення складають випадки, коли відмовляються від застосування в своїй практиці управління портфельно-орієнтованого управління як такого або відповідна структура перестає існувати взагалі. Таке ж бачення управління портфелем, тобто, як неперервного процесу, простежується і в наступних версіях відповідного стандарту PMI із деякими відмінностями в структуруванні процесів управління портфелем [3–6].

Разом із тим, достатньо складно уявити портфель, у якому всі процеси управління ним будуть більш-менш рівномірно виконуватись протягом року. Можна очікувати, що портфель буде пов’язаний із циклічністю діяльності відповідної структури. Для різних структур і типів портфелів ця циклічність може різнитися в часі (рік, квартал місяць або тиждень). Проте, для одних часових періодів більш характерними будуть одні процеси управління портфелем, для інших – інші. Як ми бачили вище, така думка присутня і в останній, на 2021 рік, четвертій, версії стандарту управління портфелем PMI. В цій версії знайшли відображення попередньо вказані міркування фахової спільноти щодо інтерпретації життєвого циклу портфеля. Зокрема, в цій версії зазначається, що, так же як і програми та проєкти, портфель має життєвий цикл. На відміну від програм та проєктів, які, за визначенням, характеризуються обмеженою тривалістю в часі, портфель триває відносно довше. Закриття портфеля має місце тоді, коли в ньому або немає потреби, через те, що поставлені цілі досягнуті, або коли компоненти портфеля зупинено чи переміщено до інших портфелів. Портфелі можуть об’єднуватися і розділятися для досягнення максимального результату [6].

Неперервний життєвий цикл портфеля, за роботою [6], складається з наступних фаз: ініціювання, планування, виконання і оптимізація. Так же як і портфель розвивається через свій життєвий цикл, так і інформація та рішення переміщуються між цими фазами. Це є неперервним, проте, не обов’язково послідовним. Наприклад, портфель може пройти кілька ітерацій фази планування, а потім, у стислий термін, перейти до виконання. Всі фази, включаючи ініціювання, є адаптивними, гнучкими і варіативними.

В даній роботі поняття «портфель» і «управління портфелем» вживаються в значенні, пропонованому в четвертому виданні стандарту управління портфелем, якщо окремо не зазначається інше. Тобто, під портфелем розуміємо сукупність проєктів, програм, підпортфелів, а також операцій, які управляються як група для досягнення стратегічних цілей. А управління портфелем – це централізоване управління одним, або більше, портфелем із метою досягнення стратегічних цілей. Це застосування принципів управління портфелем для узгодження портфеля, його компонентів із стратегією відповідної структури. Управління портфелем також може розглядатися як динамічна діяльність, послуговуючись якою структура інвестує ресурси в досягнення своїх стратегічних цілей шляхом ідентифікації, категоризації, моніторингу, оцінювання, інтеграції, відбору, пріоритизації, оптимізації, балансування, авторизації (затвердження), переходу (призупинення), контролю і завершення компонентів портфеля [6].

Для даної роботи представляє інтерес зіставлення і порівняння бачення процесів управління портфелем, насамперед, групи процесів формування портфеля, за версіями стандарту управління портфелем PMI [3–6]. Група процесів формування портфеля була виокремлена ще в першій версії стандарту управління портфелем PMI [3]. Відповідно до цієї версії процеси даної групи, здебільшого, реалізуються структурою в періоді перегляду останньою своїх стратегічних цілей, планів і бюджетів, тобто, як правило, наприкінці фінансового року. До складу зазначеної групи було введено наступні

процеси: ідентифікація компонентів, категоризація компонентів, оцінювання компонентів, відбір компонентів, пріоритизація (визначення ступеня пріоритетності, іноді вживають термін «рейтингування») компонентів, балансування портфеля і авторизація (затвердження) компонентів портфеля [3].

В другій версії стандарту управління портфелем PMI група процесів формування зберегла свою попередню назву і вищенаведений перелік процесів. При цьому було зазначено, що в основу даних процесів покладається область знань із керівництва портфелем. Водночас, вищезазначений перелік процесів було доповнено наступними процесами: ідентифікація ризиків портфеля, аналіз ризиків портфеля, розроблення заходів із протидії ризикам. Передбачалось, що дані процеси ґрунтуються на області знань із управління ризиком портфеля [4].

В третій версії стандарту управління портфелем PMI група процесів формування представлена як така, що включає процеси, спрямовані на управління і оптимізацію портфеля. Дана група визначає, яким чином компоненти портфеля будуть категоризуватися, оцінюватися, обиратися до включення, модифікації чи виключення, а також управлятися в портфелі [5]. В цій групі виокремлюються наступні процеси: управління стратегічними змінами, в основі якого область знань зі стратегічного управління портфелем; оптимізація портфеля, в основі якого область знань із керівництва портфелем; управління постачаннями та попитом і управління цінністю портфеля – в основі цих двох процесів область знань із результативності і ефективності управління портфелем; інформаційне управління в портфелі, в основі якого область знань із управління комунікаціями портфеля; управління ризиками портфеля, в основі якого область знань із управління ризиком портфеля [5]. Зауважимо, що третя версія стандарту управління портфелем PMI передбачає виокремлення нової, відносно попередніх двох версій, групи процесів – групи процесів визначення [5]. Дана група включає такі процеси як: розвиток стратегічного плану портфеля, розвиток чартеру портфеля і визначення «дорожньої карти» портфеля, в основі яких область знань зі стратегічного управління портфелем; розвиток плану управління портфелем і визначення портфеля – в основі область знань із керівництва портфелем; розвиток плану комунікаційного управління в портфелі – в основі область знань із управління комунікаціями портфеля; розвиток плану управління ризиком портфеля – в основі область знань із управління ризиком портфеля. Як видно, група процесів визначення частково «перебрала» на себе процеси, які до цього, в попередніх версіях стандарту управління портфелем PMI, розглядались в групі процесів формування. Водночас, якщо пов'язувати групи процесів і їх складові з областями знань, то «традиційні», і за першою, і за другою версіями стандарту управління портфелем PMI [3, 4], процеси формування портфеля розглядаються за областю знань із керівництва портфелем. Зокрема, це стосується ідентифікації, категоризації, оцінювання, відбору, пріоритизації і балансування (в подальшому – оптимізація).

В четвертій версії стандарту управління портфелем PMI [6] процеси управління портфелем виступають за такі, що групуються відповідно до виокремлюваних в даній версії фаз життєвого циклу портфеля – як стадій процесу управління портфелем – ініціювання, планування, виконання і оптимізація, а також моніторинг і контроль, якщо передбачається виокремлення даної стадії процесу управління, яка не розглядається за окрему фазу життєвого циклу портфеля. При цьому процеси групи формування портфеля, в інтерпретації перших трьох версій стандарту управління портфелем PMI [3–5], і, частково, процеси групи визначення портфеля, яка була введена в третій версії [5], відповідають, головним чином, групам процесів ініціювання і планування [6]. Зазначимо, що оптимізація (попередньо – балансування) – так, як вона інтерпретується в перших трьох із вищезгадуваних версій [3–5], – має місце за четвертою версією не тільки на власне стадії оптимізації, а й, в значній мірі, на стадії планування, зокрема, на її початку, а також можлива і на стадії виконання [6].

Очевидно, що в умовах «накладання» методології портфельно-орієнтованого управління на сферу управління проєктами місцевого (територіального) самоврядування, в тому числі, проєктами ГУ, ця методологія потребує певного адаптування. В даній роботі не ставиться за мету обґрунтування доцільності виокремлення певних процесів, які мають складати групу процесів формування портфеля проєктів ГУ, і, відповідно, визначення змісту цих процесів, як основних дій, які передбачаються до виконання, а також вхідних і вихідних даних для кожного процесу за фазами життєвого циклу портфеля – як стадіями процесу управління портфелем. Водночас, за будь-якого структурування групи процесів формування портфеля, являє інтерес дослідження проблематики розроблення розглядуваних у взаємозв'язку підходів до: структурування – як встановлення категорій; визначення критеріїв для

оцінювання, відбору і пріоритизації; оптимізації сукупностей проєктів ГУ – як таких, що представлені в складі портфелів. При цьому наукова прогалина ідентифікується в частині браку науково-методичного забезпечення умов вибору підходу до структурування сукупності проєктів ГУ, як портфеля, – в розумінні доцільності встановлення фіксованого бюджету з подальшим здійсненням – окремого оцінювання і управління реалізацією щодо певних виокремлюваних складових даної сукупності.

Мета роботи – запропонувати науково-методичне обґрунтування умов вибору підходу до структурування сукупності проєктів ГУ, як портфеля, – в частині виокремлення певних складових даної сукупності за тематичним спрямуванням як підпортфелів або підрозділів портфеля (підпортфеля).

Об'єкт дослідження – процеси формування сукупності проєктів ГУ до реалізації.

Предмет дослідження – методи і моделі формування портфелів і підпортфелів проєктів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Узагальнено, процес формування сукупності проєктів ГУ в м. Києві до реалізації натепер виглядає наступним чином. Запити на проєкти ГУ мають пройти попередній відбір у відповідних структурах виконавчої влади територіальної громади. Надалі, ті із запитів, які успішно пройшли попередній відбір, пропонуються на розгляд мешканців територіальної громади. Останні мають певну, наперед встановлену, кількість голосів на одну особу. Визначення поняття «мешканець територіальної громади» може різнитися.

В подальшому, на основі кількості набраних голосів – як окремого показника або у встановленому поєднанні з іншими показниками – проєкти, в наперед визначений спосіб, оцінюються, обираються, пріоритизуються і оптимізуються. Сформована, таким чином, сукупність проєктів передається до реалізації.

Як зазначалося вище, можна виокремити принаймні два принципово відмінних підходи до структурування портфеля проєктів ГУ. За першим із них не передбачається окреме попереднє виділення (фіксація) бюджетів відносно будь-яких складових портфеля проєктів ГУ. Проєкти, які є відмінними за параметрами, які ці проєкти характеризують, наприклад, тематичним спрямуванням, запитом на обсяг фінансування тощо, отримують свій рейтинг в межах загального списку, відповідно до якого потім можуть пріоритизуватися в межах, зокрема, тематичного списку, і бюджет на них виділяється спільний. Відповідно, слідуючи наведеній у вищепредставленому огляді робіт інтерпретації портфеля або підпортфеля, ми можемо мати справу тільки з підрозділами даного портфеля, які, за більшості випадків, якщо й виокремлюються, то відбувається це для зручності управління. За приклад розглядаємо тематичні напрямки портфеля проєктів ГУ м. Києва, за якими, виділення окремих бюджетів натепер не передбачено.

За другим, із вищезазначених підходів до структурування портфеля проєктів ГУ, на відміну від першого, окреме рейтингування і бюджетування за окремими складовими портфеля проєктів ГУ, які значуще різняться за значеннями певних визначених, і обраних для категоризації, параметрів, передбачається.

Таким чином, натепер, відповідно до термінології портфельно-орієнтованого управління, можемо інтерпретувати сукупність громадських проєктів м. Києва на 2022 р. як портфель, в складі якого виокремлюються дві категорії: категорія малих і категорія великих проєктів – як підпортфелі. Поділ проєктів за тематичним спрямуванням можемо розглядати, як зазначено вище, в контексті виокремлення підрозділів портфеля (підпортфеля) для зручності управління. В якості критеріїв для оцінювання, відбору і пріоритизації проєктів до реалізації за умов використання виключно одного з вищезазначених підходів, або, як ми бачимо на прикладі м. Києва, обох підходів в певному поєднанні, спостерігається застосування здебільшого двох критеріїв – як альтернативних. Це критерій «кількість голосів», які отримав проєкт на підтримку (далі – критерій кількості голосів) і критерій «відношення кількості голосів, які отримав проєкт на підтримку, до запиту на обсяг фінансування за проєктом» (далі – критерій відношення кількості голосів до запиту на фінансування). Проводячи зіставно-порівняльний аналіз двох окреслених підходів до структурування портфелів проєктів ГУ, за перевагу першого підходу можемо вказати, насамперед, те, що він «урівнює» в баченні громади всі проєкти в їх прагненні бути реалізованим за кошти бюджету ГУ (як рівнозначний використовується термін «громадський бюджет») Зазначене, в найбільшій мірі, відповідає сутності розвитку «руху» проєктів ГУ як такого. Разом із тим, така очевидна, на перший погляд, «рівність», насправді, може виявитися уявною. Це зумовлено, насамперед, тим, що проєкти, які відповідають певним параметрам, іноді, апріорі мають

відносно вищу ймовірність отримати більше голосів на підтримку. Хоча, об'єктивно, не обов'язково мають більшу соціальну чи бюджетну ефективність. Наприклад, це спостерігається відносно значуще більших, щодо інших із відповідного переліку, що відображається в запиті на фінансування, проєктів. Коли ж для оцінювання, відбору і пріоритизації проєктів до реалізації обирається альтернативний критерій – відношення кількості голосів до запиту на обсяг фінансування, то тут, якщо продовжити попередній приклад, «програють» здебільшого великі проєкти. Зауважимо, що обираючи цей критерій, який дозволяє взяти до уваги і ефективність витрат, водночас, ми маємо, до певної міри, порушення «рівності», яка ґрунтується на кількості отриманих голосів, – реальної чи уявної – проєктів ГУ в очах громадян, які беруть участь у цих проєктах в тій чи іншій ролі.

В рамках даної роботи було проведено дослідження, яке мало показати, чи існує значуща відмінність у запиті на обсяг фінансування проєктів різного тематичного спрямування в складі однієї категорії, що, як можна припускати, має джерелом галузеву специфіку. Це, в свою чергу, може свідчити про «нерівність» при їх рейтингуванні разом за критерієм відношення кількості голосів до запиту на фінансування. Проєкти галузей (тематичних спрямувань) із меншим запитом на обсяг фінансування за відповідною категорією – малих чи великих – будуть знаходитись у рейтингу, за незначущої, і не обов'язково «позитивної» відмінності в кількості голосів на підтримку, вище відносно інших. І, таким чином, дані галузі (тематичні спрямування) отримують «приховану» преференцію у вигляді збільшення кількості проєктів, прийнятих до реалізації, відносно інших галузей (тематичних спрямувань). Розглядалась, відповідно, база даних за проєктами, які були об'єктом голосування в 2019 р. [8]. Маємо окремо зазначити, що в цьому періоді поділ на великі і малі проєкти не використовувався. Проте, для даного дослідження такий поділ розглядався – за умовами 2018 р. На той час «поріг», який розділяв категорії малих і великих проєктів, був меншим і складав 399,9 тис. грн. Водночас, нижня межа фактично не встановлювалась, тоді як верхня для категорії великих проєктів відповідала існуючій натепер – 3000,0 тис. грн. Дещо відмінним в 2019 р. відносно 2021 р. було виокремлення тематичних спрямувань: безпека; дороги, транспорт; культура, туризм; екологія; освіта; охорона здоров'я; соціальний захист; спорт; ІТ (інформаційні технології); громадянське суспільство; комунальне господарство, енергозбереження; публічний простір; інше [8].

Тобто, виходячи з вищенаведеного, необхідно перевірити наступні гіпотези щодо категорій малих проєктів:

H_{01}: Запити на обсяг фінансування за проєктами ГУ, подані в 2019 р. і очікуючі на реалізацію в 2020 р. в м. Києві, значуще різняться за виокремлюваними тематичними спрямуваннями.

H_{a1}: Запити на обсяг фінансування за проєктами ГУ, подані в 2019 р. і очікуючі на реалізацію в 2020 р. в м. Києві, незначуще різняться за виокремлюваними тематичними спрямуваннями.

Відповідно, аналогічні гіпотези – **H_{01}**, **H_{a2}** – перевіряються щодо категорії великих проєктів.

Для перевірки гіпотез було використано непараметричний критерій (тест) значущості Краскела–Волліса, який є багатомірним узагальненням критерію Вілкоксона–Манна–Вітні. Даний критерій є ранговим, відповідно, він інваріантний відносно будь-яких монотонних перетворень шкал вимірювань. В результаті проведення розрахунків із використанням програмного продукту IBM SPSS Statistics 22 кожна з гіпотез, альтернативних нульовій, за рівнем значущості 0,05 була відхилена. Тобто, відмінності між проєктами ГУ, які було подано в категоріях малих і великих за виокремлюваними в них (категоріях) тематичними спрямуваннями, які (тематичні спрямування) в цьому періоді були тотожними, щодо запиту на обсяг фінансування є значущими.

Відповідно, проєкти даних тематичних спрямувань доцільно або оцінювати за критерієм кількості голосів, тоді запит на обсяг фінансування не впливає на їх рейтинг, або рейтингувати, з подальшою реалізацією, в межах окремих категорій із окремим бюджетуванням останніх. Тобто, в другому випадку, мова йде про портфелі (підпортфелі).

Очевидно, що коли в ситуації загального бюджету вводити рейтингування за відмінним критерієм, то воно має поширитися на всі підрозділи єдиного портфеля. Зазначене, як наслідок, може негативно позначатися на результатах рейтингування для проєктів інших підрозділів портфеля, виокремлюваних за умовами їх галузевої приналежності (тематичного спрямування).

Наведені міркування логічно приводять до висновку про доцільність виокремлення в рамках портфеля громадського бюджету м. Києва за існуючими на сьогодні категоріями (підпортфелями) – малих і великих – категорій (підпортфелів) за тематичними спрямуваннями. Останні натепер, як

зазначено вище, виходячи з їх характеристик, можуть розглядатися лише в якості підрозділів, утворених для зручності управління.

Висновки з проведеного дослідження та перспективи подальших розвідок за даним напрямом. Запропоновано, в умовах використання критерію відношення кількості голосів до запиту на фінансування для оцінювання відбору і пріоритизації проєктів ГУ до реалізації, підхід до обґрунтування доцільності структурування сукупності проєктів ГУ, як портфеля, за сферами тематичного спрямування – як підпортфелями. В основу даного підходу покладається співставлення між собою сукупностей проєктів ГУ різних тематичних спрямувань щодо значущості відмінностей між ними за запитом на обсяг фінансування. У випадку виявлення значущості зазначених відмінностей сукупності проєктів ГУ різних тематичних спрямувань доцільно розглядати за підпортфелі, у протилежному випадку, якщо не аналізувати умови реалізації проєктів ГУ в подальшому, – як підрозділи портфеля проєктів ГУ. Даний підхід було застосовано щодо проєктів ГУ в м. Києва, які було прийнято до реалізації в 2019 р., а реалізовано в 2020 р. Проведене порівняння сукупностей даних проєктів за різними тематичними спрямуваннями з використанням критерію значущості Краскела-Волліса виявило наявність значущих відмінностей між ними у запиті на обсяг фінансування і, відповідно, доцільність представлення сукупностей проєктів різних тематичних спрямувань як підпортфелів.

Отримані результати можуть розглядатися за такі, що надають можливість вдосконалення і подальшого розвитку науково-методичного забезпечення процесів групи формування портфелів за умовами здійснення проєктів ГУ, які розглядаються як компоненти відповідних портфелів.

Перелік посилань

1. Воркут Т.А. Управління проєктами громадської участі – як сфера застосування портфельноорієнтованого управління / Т.А. Воркут, О.Є. Білоног, О.В. Горбенко, А.М. Дмитриченко, А.В. Петунін, Н.В. Срібна // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Економічні науки». Науковий журнал. – К. : НТУ, 2022. – Вип. 2 (52). С. 65-80.

2. Рішення Київської міської ради "Про затвердження Положення про громадський бюджет міста Києва" від 22 грудня 2016 року із змінами і доповненнями. Режим доступу: https://kmr.gov.ua/uk/provisions-public-budget.

3. Project Management Institute, Standard for Portfolio Management – First Edition, Project Management Institute Inc, 2006, 79 p.

4. Project Management Institute, Standard for Portfolio Management – Second Edition, Project Management Institute Inc, 2008, 146 p.

5. Project Management Institute, Standard for Portfolio Management – Third Edition, Project Management Institute Inc, 2013, 121 p.

6. Project Management Institute, Standard for Portfolio Management – Fourth Edition, Project Management Institute Inc, 2017, 140 p.

7. Воропаев В. И., Секлетова Г. И. Системное представление управления проектами. «Управление проектами: Восток-Запад – Грань тысячилетий»: сборник трудов международного симпозиума. Москва, 1-4 декабря, 1999, СОВНЕТ. М. : СОВНЕТ, 1999. Т.1. С. 71-77.

8. Громадський бюджет Києва. Дані по проєктам за 2020 рік. Режим доступу: https://wiki-projects.kyivcity.gov.ua/pages/viewpage.action?pageId=28180652#tab-2020.

MANAGEMENT OF PUBLIC PARTICIPATION PROJECTS IN THE FIELD OF TRANSPORT AND ROAD REPAIR AND CONSTRUCTION

Vorkut Tetyana A., Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department "Transport Law and Logistics", National Transport University, Kyiv, Ukraine, vorkutt@ukr.net, http://orcid.org/0000-0003-0354-476X.
Bozhok Yuliya O., National Transport University, Kyiv, Ukraine, bozhok2008@bigmir.net, http://0000-0002-0404-0961.
Petunin Andriy V., PhD, National Transport University, Kyiv, Ukraine, petunin.andrew@gmail.com, http://0000-0002-8072-6842.

Kharuta Vitaliy S., PhD, National Transport University, Kyiv, Ukraine, kharuta_vitaliy@ukr.net, http://0000-0002-8897-7558.
Shpylovyi Ivan F. PhD, National Transport University, Kyiv, Ukraine, ifshpylovyi@ukr.net, http://0000-0002-2309-7357.

Abstract. The relevance of the research topic is determined by the need for improvement and further development of scientific and methodological support for the management of public participation projects in the field of transport and road repair and construction.

The purpose of the study: to propose a scientific and methodological justification of the conditions for choosing an approach to structuring a set of PP projects as a portfolio - in terms of separating certain components of this set according to thematic direction as sub-portfolios or subdivisions of the portfolio (sub-portfolio).

The object of research is the processes of forming a set of PP projects before implementation.

Under the conditions of using the criterion of the ratio of the number of votes to the request for funding to evaluate the selection and prioritization of PP projects for implementation, an approach to justifying the feasibility of structuring the totality of PP projects as a portfolio, by thematic areas - as sub-portfolios, is proposed. The basis of this approach is the comparison between the aggregates of PP projects of different thematic directions regarding the significance of the differences between them according to the request for the amount of funding. In the event of the significance of the specified differences, it is advisable to consider the totality of PP projects of different thematic directions as sub-portfolios, otherwise, if the conditions for the implementation of PP projects are not analyzed in the future, as subdivisions of the PP project portfolio.

Keywords: project management, project portfolio, portfolio-oriented management, public participation projects, public project, public budget.

References

[1] Vorkut T.A., Bilonoh O.Ye., Horbenko O.V., Dmytrychenko A.M., Petunin A.V., Sribna N.V. Public Participation Project Management as a Scope of Portfolio Management Application. Visnyk of the National Transport University. Series «Economic sciences». Scientific journal. – K.: NTU, 2022. – Issue 2 (52). P. 65–80. [in Ukrainian].

[2] The Kyiv City Council Decision On Approval of the Regulations on the Public Budget of the City of Kyiv, December 22, 2016 with changes and amendments. On-line access: https://kmr.gov.ua/uk/provisions-public-budget. [in Ukrainian].

[3] Project Management Institute, Standard for Portfolio Management – First Edition, Project Management Institute Inc, 2006, 79 p.

[4] Project Management Institute, Standard for Portfolio Management – Second Edition, Project Management Institute Inc, 2008, 146 p.

[5] Project Management Institute, Standard for Portfolio Management – Third Edition, Project Management Institute Inc, 2013, 121 p.

[6] Project Management Institute, Standard for Portfolio Management – Fourth Edition, Project Management Institute Inc, 2017, 140 p.

[7] Voropaev V. I., Sekletova G. I. System view of project management. «Project Management: East-West - Millennium Edge»: Proceedings of the International Symposium. Moscow, December 1-4, 1999, SOVNET. M.: SOVNET, 1999. T.1. P. 71-77. [in Russian].

[8] Kyiv's Public Budget. Data on projects within the year 2020. On-line access: https://wiki-projects.kyivcity.gov.ua/pages/viewpage.action?pageId=28180652#tab-2020. [in Ukrainian].

УДК 004.4 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-241-247**
UDC 004.4

ПРО ПІДХІД ДО РОЗВ'ЯЗАННЯ НЕЧІТКОЇ ЗАДАЧІ КОМІВОЯЖЕРА НА ОСНОВІ МЕТОДУ ІМІТАЦІЇ ВІДПАЛУ

ON AN APPROACH TO THE SOLUTION OF THE FUZZY TRAVELING PROBLEM BASED ON THE REJECTION SIMULATION METHOD



Гавриленко Валерій Володимирович, *доктор фізико-математичних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри інформаційних систем і технологій, vvgavrilenko1953@gmail.com, тел. +380503806406,*

https://orcid.org/0000-0001-9682-4204



Івохін Євген Вікторович, *доктор фізико-математичних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри інформаційних систем і технологій, ivohin.ntu@gmail.com, тел. +380667098324,*

https://orcid.org/*00-0002-5826-7408*



Івохіна Катерина Євгенівна, *Національний транспортний університет, пошукач кафедри інформаційних систем і технологій, ivohina@gmail.com, тел. +380509252662,*

https://orcid.org/*0000-0001-9940-1178*



Рудоман Надія Володимирівна, *Національний транспортний університет, старший викладач кафедри інформаційних систем і технологій, nadiiarudoman@ukr.net, тел. +380979194705,*

https://orcid.org/*0000-0002-7923-8649*

Анотація. Робота присвячена дослідженню методу імітації відпалу для розв'язування нечіткої задачі комівояжера, яка формулюється як задача пошуку маршруту відвідування заданої кількості міст без повторень з мінімальною тривалістю пересування. Викладено зміст методу імітації відпалу, описано алгоритм формалізації методу. Наведено аксіоматику нечітких трикутних чисел. Сформульовано нечітку задачу комівояжера, у якій часові параметри пересування між містами задаються у вигляді правих нечітких чисел, величина носія в яких залежіть від різних зовнішніх умов та факторів. Наведено результати розрахунків розв'язків задачі комівояжера у чіткій та нечіткій формах з різними параметрами зрізів нечітких чисел.

Ключові слова: задача комівояжера, метод імітації відпалу, алгоритм, нечіткі числа, множини рівня, формалізація часових інтервалів.

Вступ. На сьогоднішній день проблема пошуку найкоротшого шляху між двома пунктами є дуже актуальною: обсяги та потреби транспортно-логістичних послуг зростають щодня. Їх головна мета – побудова найточнішого маршруту для обслуговування максимальної кількості клієнтів. При цьому необхідно враховувати, що вибір невдалого шляху спричиняє додаткові витрати, уникати яких дуже важливо як з економічної, так і логістичної точок зору.

При цьому, варто відмітити, що існує набір факторів, що характеризують тривалість проходження шляху: наприклад, час доби, погодні умови, і навіть «навантаженість» проходження тієї чи іншої ділянки. Причому, для пошуку оптимального шляху необхідно враховувати їх взаємозв'язок. Для прикладу, довільна ділянка шляху у різний час доби має різне завантаження, а це значить, що тривалість проходження цієї ділянки буде відрізнятися в залежності від часу проходження. З іншого боку, погодні умови (туман, дощ) також є чинниками впливу на тривалість проходження ділянки.

Метою даної роботи є дослідження підходів до розв'язування задачі комівояжера у випадку невизначеності факторів, що впливають на тривалість проходження окремих ділянок маршруту. Для формалізації невизначеності пропонується застосувати поняття нечітких чисел, що дозволяє розглянути задачі комівояжера у нечіткій постановці, для розв'язування якої використовується метод імітації відпалу.

1. Постановка задачі комівояжера (TSP, Travelling Salesman Problem)

Припустимо, що є представник торгівельної компанії, який хоче запропонувати або перевірити наявність товарів свої фірми у пунктах продажу деякої сукупності міст конкретного регіону. Маршрут його руху повинен містити усі пункти, що прописані у завданні, причому, кожен з пунктів потрібно відвідати не більше одного разу. Такі подорожі забирають багато часу, тому логічно, що представник хоче скласти свій маршрут таким чином, щоб відстань, яку потрібно подолати, була мінімальною (в якості критерію може також розглядатися знаходження шляху мінімальної тривалості проходження або проходження з найменшими витратами). Пошук такого маршруту є основним завданням при розв'язуванні задачі комівояжера [1].

Задача комівояжера - комбінаторна задача, для розв'язання якої можуть бути використані методи математичного програмування. Щоб навести задачу до загального вигляду, пронумеруємо міста числами (*1, 2, 3, ..., n*), а маршрут комівояжера опишемо циклічною перестановкою номерів $t=(j_1,j_2,\ldots,j_n,j_1)$, причому усі $_{j_1}$,..., j_n - різні номери. Номер $_{j_1}$, який повторюється з початку й у кінці, показує, що перестановка є циклічною [2].

Сукупність міст можна розглядати у вигляді вершин деякого графу з заданими відстанями (або часом пересування) між усіма парами вершин c_{ij}, які утворюють матрицю $C=(c_{ij})$, $i,j=\overline{1,n}$. Вважаємо матрицю симетричною. Тоді формальне завдання полягає у тому, щоб знайти найкоротший маршрут (за часом або довжиною) t, який проходить через кожне місто та закін-чується в точці відправлення. У такій постановці задача називається замкненою задачею комівояжера (TSP), яка є відомою задачею математичного цілочисельного програмуваня.

2. Математична модель задачі TSP

Нехай $I=\{1,\ldots,n\}$ - множина індексів вершин графу задачі. Цільова функція – сумарний час проходження маршруту, що включає у себе усі вершини графа задачі. Параметрами задачі є елементи матриці $C=(c_{ij})$, $i,j \in I$.

Змінними задачі є елементи бінарної матриці переходів між вершинами $X=\{x_{ij}\}$, $i,j \in I$, які дорівнюють 1, якщо у побудованому маршруті для задачі присутнє ребро (v_i, v_j), 0 - інакше [3]. Оптимальним маршрутом будемо називати найкоротший за часом маршрут:

$$E=\sum_{i\in I}\sum_{j\in I, j\neq i} c_{ij}x_{ij} \to \min \qquad (1)$$

з обмеженнями

$$\sum_{j\in I, j\neq i} x_{ij} = 1, \; i \in I \;,$$

$$\sum_{i\in I, j\neq i} x_{ij} = 1, \; j \in I \;, \qquad (2)$$

$$v_i - v_j + n x_{ij} \leq n-1, \; 1 \leq i \neq j \leq n \;.$$

Остання нерівність забезпечує зв'язність маршруту обходу вершин, він не може складатися з двох і більше незв'язаних частин.

Алгоритми, що дозволяють вирішити проблему знаходження оптимального маршруту, можна поділити на точні та евристичні. Для невеликих задач (наприклад, з метою первинного проектування транспортної мережі малих розмірів) доцільно використовувати точні алгоритми, оскільки їх реалізації необхідні високі обчислювальні потужності, чого не можна сказати про реальні завдання: для них, як правило, необхідно використовувати евристичні алгоритми. Одним з таких методів є метод імітації відпалу [4].

3. Метод імітації відпалу

Підхід, що реалізований у методі імітації відпалу, запозичений з фізичних процесів. В його основу покладено процес кристалізації речовини, який знайшли металурги для підвищення однорідності металу.

Як відомо, у металів є кристалічні решітки, що визначають геометричне положення атомів речовини. Сукупність позицій всіх атомів називатимемо станом системи, кожному стану відповідає певний рівень енергії. Мета відпалу – привести систему до стану з найменшою енергією. Чим нижчий рівень енергії, тим «краще» кристалічна решітка, тобто, тим менше у неї дефектів і міцніше метал.

У ході відпалу метал спочатку нагрівають до деякої температури, що змушує атоми кристалічної решітки залишити свої позиції. Потім починається повільне та контрольоване охолодження. Атоми прагнуть потрапити у стан із меншою енергією, проте, з певною ймовірністю вони можуть перейти й у стан із більшою енергією. Ця ймовірність зменшується разом із температурою. Перехід у гірший стан, як не дивно, допомагає в результаті знайти стан з меншою енергією, ніж початковий. Процес завершується, коли температура падає до заданого значення.

Така складна схема з ймовірностями переходу з точки у точку необхідна для того, щоб алгоритм не зациклювався на локальному мінімумі, приймаючи його за глобальний оптимум. Для виходу з такої ситуації потрібно час від часу підвищувати енергію системи. При цьому, загальна тенденція до пошуку найменшої енергії зберігається У цьому й є сутність методу імітації відпалу.

4. Алгоритм формалізації методу імітації відпалу

Для опису алгоритму введемо позначення:

S – множина усіх станів системи;

$f(s)$ - функція зміни стану;

S_i - стан системи на *i-му* кроці;

S_k - новий стан (кандидат);

$t_{\min}$, t_i, $t_{\max}$ - мінімальна, поточна та вихідна температури відповідно;

$T(t)$ - функція зміни температури;

$E(s)$ - значення цільової функції.

Алгоритм починає працювати з вихідного стану s_1, початковою температурою $t_1 = t_{\max}$ і з заданою мінімальною температурою $t_{\min}$.

Для усіх номерів $i=1,2,\ldots$ поки $t_i > t_{\min}$ повторюємо:

1) $S_k = f(S_{i-1})$;

2) $\Delta E = E(S_k) - E(S_{i-1})$;

3) якщо $\Delta E < 0$, тоді $S_i = S_k$;

4) інакше прийняття нового стану відбувається з деякою ймовірністю $\exp(-\Delta E/t_i)$;

5) вибрати випадкове число M на інтервалі (0,1);

6) якщо $\exp(-\Delta E/t_i) > M$, виконати перехід $S_i = S_k$, інакше перейти до наступного кроку;

7) зменшити температуру t: $t_{i+1} = T(t_i)$;

8) повернути останній стан S_i, $i = i+1$.

Приклади розв'язування задачі комівояжера методом імітації відпалу наведено у [6].

Зрозуміло, що розв'язання задачі комівояжера за критерієм найменшої тривалості проходження шляху на відміну від мінімізації його довжини може суттєво залежати від умов, які впливають на швидкість пересування за окремими ділянками маршруту.

Формалізуємо невизначеність, яка виникає внаслідок впливу об'єктивних факторів на час пересувань, за допомогою нечіткого підходу.

5. Аксіоматика нечітких чисел

Означення 1. [7] Нечітким трикутним числом $\tilde{b}$ називають впорядковану трійку чисел $\tilde{b} = \{(a,b,c)\}$, $a \le b \le c$, для якої визначено функцію належності $\mu_{\tilde{b}}(x) \in [0,1]$ вигляду:

$$\mu_{\tilde{b}}(x) = \frac{x-a}{b-a}, x \in [a,b];\ \mu_{\tilde{b}}(x) = \frac{c-x}{c-b}, x \in [b,c];\ \mu_{\tilde{b}}(x) = 0, x \notin [a,c]. \qquad (3)$$

Нечіткі числа є частинним випадком нечітких множин [8], у яких величина функції належності для довільного елемента визначає ступінь його належності до нечіткої множини.

Нечітке трикутне число вигляду *(a, b, b)*, що називається лівим нечітким трикутним числом [7], визначається функцією належності вигляду

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = 0, x < a;\ \mu_{\tilde{A}}(x) = \frac{x-a}{b-a}, x \in [a,b];\ \mu_{\tilde{A}}(x) = 1, x > b,$$

а нечітке трикутне число вигляду *(b, b, c)*, що називається правим нечітким трикутним числом, – функцією належності

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = 1, x < b;\ \mu_{\tilde{A}}(x) = \frac{c-x}{c-b}, x \in [b,c];\ \mu_{\tilde{A}}(x) = 0, x > c.$$

Для нечіткого числа $\tilde{b}$ носієм $\text{supp}\ \tilde{b} = \{x \in X : \mu_{\tilde{b}}(x) > 0\}$ є інтервал [7]. При цьому, для нечіткого трикутного числа $\tilde{b} = (a,b,c)$ носієм буде інтервал (a, c), для правого нечіткого трикутного – інтервал $[b, c)$, для лівого нечіткого трикутного – інтервал $(a, b]$.

Множиною α–рівня (α–зрізом), $\alpha \in [0,1]$ нечіткого трикутного числа $\tilde{b} = (a,b,c)$ є звичайна множина (інтервал) $[\tilde{b}]_\alpha = \{x \in [a,c] : \mu_{\tilde{b}}(x) \ge \alpha\}, \alpha \in [0,1]$.

6. Математична модель нечіткої задачі TSP

Будемо вважати, що пересування за кожним з етапів шляху за звичайних умов може здійснюватись за час $b_{ij} \ge 0$, $i, j = \overline{1,n}$. Припустимо, що кожен етап шляху пересування можна розбити на окремі ділянки (наприклад, підйом, спуск, відрізок дорожніх ремонтних робіт, тощо),

кількість яких позначатиме через $d_{ij} \geq 0,\ i,j=\overline{1,n}$. Відомо, що за звичайних умов переміщення по цих ділянках здійснюються за час $b_{ijk} \geq 0,\ k=\overline{1,d_{ij}},\ i,j=\overline{1,n}$.

З урахуванням інформації про стан шляхів між окремими пунктами транспортної мережі на початку розв'язування комівояжера оцінюємо час переміщення за усіма ділянками, який може бути меншим (ділянка долається швидше) $\underline{b_{ijk}} \geq 0,\ k=\overline{1,d_{ij}},\ i,j=\overline{1,n}$, або більшим (можливі затримки) $\overline{b_{ijk}} \geq 0,\ k=\overline{1,d_{ij}},\ i,j=\overline{1,n}$, за звичайний час.

Зрозуміло, що найменший час $\underline{b_{ijk}} \geq 0,\ k=\overline{1,d_{ij}},\ i,j=\overline{1,n}$, має бути обмежений правилами та можливостями руху, а найбільший $\overline{b_{ijk}} \geq 0,\ k=\overline{1,d_{ij}},\ i,j=\overline{1,n}$, - вважаємо кінцевим (тобто, варіант повної зупинки не розглядається).

За таких умов час пересування за окремими ділянками шляху можна описати нечіткими трикутними числами $\widetilde{b}_{ijk}=(\underline{b_{ijk}},b_{ijk},\overline{b_{ijk}}),\ k=\overline{1,d_{ij}},\ i,j=\overline{1,n}$, а параметри задачі, які задаються елементами матриці $C=(\widetilde{c}_{ij}),\ i,j=\overline{1,n}$, є нечіткими трикутними числами $\widetilde{c}_{ij}=\widetilde{b}_{ij}=(\underline{b_{ij}},b_{ij},\overline{b_{ij}})$, $b_{ij}=\sum_{k=1}^{d_{ij}} b_{ijk}$, $\underline{b_{ij}}=\sum_{k=1}^{d_{ij}} \underline{b_{ijk}}$, $\overline{b_{ij}}=\sum_{k=1}^{d_{ij}} \overline{b_{ijk}}$, $i,j=\overline{1,n}$, з лінійними функціями належності вигляду (3). Цільова функція задачі комівояжера набуває вигляд

$$E=\sum_{i\in I}\sum_{j\in I, j\neq i} \widetilde{c}_{ij}x_{ij} \to \min, \tag{4}$$

яка разом з обмеженнями (2) є нечіткою оптимізаційною задачею [9], для розв'язання якої можна застосувати метод імітації відпалу.

Для реалізації методики розв'язання нечіткої задачі комівояжера скористаємось підходом, що базується на використанні множин рівня. Для цього шукаємо два окремі розв'язки, які відповідають найменшим та найбільшим значенням множин рівня нечітких параметрів, заданих матрицею *C*. Рівень надійності нечіткого розв'язку визначаємо величиною $\alpha \in [0,1]$, яка задає оцінку рівня впливу різних факторів на тривалість проходження ділянок маршруту. Такий підхід дозволяє для будь-яких нечітких чисел $\widetilde{c}_{ij},\ i,j=\overline{1,n}$, побудувати α–зрізи, які подаються у вигляді інтервалів часу, потрібних для подолання кожного з етапів маршруту пересування комівояжера.

Таблиця 1– Результати розрахунків для нечіткої задачі комівояжера.
Table 1 – Calculation results for the fuzzy salesman problem.

Значення параметра α \ Часовий \ інтервал	Min, год	Реальний час, год	Max, год
α = 1	117	117	117
α = 0.75	115	117	127
α = 0.5	110	117	159
α = 0.25	103	117	164

Застосовуючи метод імітації відпалу для крайніх значень цих інтервалів, розв'язуємо задачі комівояжера у найкращому та найгіршому випадках часу переміщення за маршрутом. За таких обставин отримуємо часовий інтервал, який надає оцінку значень критеріальної функції (4) для обраного параметра $\alpha \in [0,1]$. Мінімальне значення буде визначати час за ідеальних умов руху, максимальне – за умов врахування найбільшого впливу факторів, що погіршують тривалість проходження ділянок маршруту.

У табл.1 наведено результати розрахунків, отриманих при розв'язуванні задачі комівояжера для різних значень параметра $\alpha \in [0,1]$.

Висновки

В даній роботі розглянуто метод імітації відпалу для розв'язання нечіткої задачі комівояжера, яка формулюється як задача пошуку маршруту відвідування заданої кількості міст без повторень з мінімальною тривалістю пересування. Викладено зміст методу імітації відпалу, описано алгоритм формалізації методу. Сформульовано нечітку задачу комівояжера, у якій часові параметри пересування між містами задаються у вигляді правих нечітких чисел, величина носія в яких залежіть від різних зовнішніх умов та факторів. Наведено результати розрахунків розв'язків задачі комівояжера у чіткій та нечіткій формах з різними параметрами зрізів нечітких чисел.

Перелік посилань

1. Зайченко Ю.П. Дослідження операцій/ К.: Видавничий дім «Слово», 2006. – 816с.
2. Гребеннік І.В. Оптимізація лінійних функцій на множині циклічних перестановок з лінійними обмеженнями/ І.В.Гребеннік, О.С.Чорна, Е.Е.Макарова // *Системи управління, навігації та зв'язку*. - 2018. - №3(49). - С.67-72.
3. Rai S. and Ettam R. K. Simulation-based optimization using simulated annealing for optimal equipment selection within print production environments// *Winter Simulations Conference (WSC)*, 2013. - Pp. 1097-1108.
4. Костенко О.М. Синтез оптимальних комбінаторних планів багатофакторного експерименту/ О.М.Костенко // *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. – 2016. - №1-2. – С.62-71.
5. Нємцов М.В. Дослідження методів оптимізації, які використовуються у компіляторах коду / М.В.Нємцов, В.І. Каук //[Online] – *International Electronic Scientific Journal "Science Online"*. Available from: http://nauka-online.com/.
6. Гавриленко В.В. Про застосування методу імітації відпалу для розв'язання нечіткої задачі комівояжера / В.В. Гавриленко, К.Є. Івохіна, Н.В. Рудоман // *Системи управління, навігації та зв'язку*. - 2022. - №3. - С.77-82.
7. Bablu Jana and Tapan Kumar Roy. Multi-Objective Fuzzy Linear Programming and Its Application in Transportation Model // *Tamsui Oxford Journal of Mathematical Sciences*. – 2005. – V.21. – No.2. – P.243-268.
8. Zadeh L.A. Fuzzy sets // *Inf. Contr.* - 1965. - V.8. - P. 308-353.
9. Zimmermman, H. J. Application of Fuzzy Set Theory To Mathematical Programming // *Information Sciences*. - 1985. – 36. – P. 25-58.

ON THE APPLICATION OF THE SIMULATED ANNEALING METHOD FOR SOLVING THE FUZZY TRAVELING SALESMAN PROBLEM

Gavrilenko Valeriy V., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, National Transport University, Head of the Department of Information Systems and Technologies, vvgavrilenko1953@gmail.com, tel. +380503806406, https://orcid.org/0000-0001-9682-4204
Ivohin Eugene V., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, National Transport University, Professor of the Department of Information Systems and Technologies, ivohin.ntu@gmail.com, tel. +380667098324, https://orcid.org/00-0002-5826-7408
Ivokhina Kateryna E., National Transport University,post- graduate student of the Department of Information Systems and Technologies, ivohina@gmail.com, tel. +380509252662, https://orcid.org/0000-0001-9940-1178

Rudoman Nadiia V., National Transport University, senior lecturer of the Department of Information Systems and Technologies, nadiiarudoman@ukr.net, tel. +380979194705, https://orcid.org/0000-0002-7923-8649

Abstract. This article discusses the annealing simulation method for solving the fuzzy traveling salesman problem, which is formulated as the problem of finding a route to visit a given number of cities without repetitions with a minimum travel time. The content of the annealing simulation method is presented, the method formalization algorithm is described. The axiomatics of fuzzy triangular numbers are given. A fuzzy traveling salesman problem is formulated, in which the time parameters of movement between cities are given in the form of right fuzzy numbers, the carrier value in which depends on various external conditions and factors. The results of calculations for solving the traveling salesman problem in clear and fuzzy forms with different parameters of slices of fuzzy numbers are presented.

Key words: traveling salesman problem, simulated annealing method, algorithm, fuzzy numbers, level set, formalization of time intervals.

References

1. Zaychenko YU.P. Doslidzhennya operatsiy / K.: Vydavnychyy dim «Slovo», 2006. – 816 s. [in Ukrainian].

2. Hrebennik I.V. Optymizatsiya liniynykh funktsiy na mnozhyni tsyklichnykh perestanovok z liniynymy obmezhennyamy / I.V. Hrebennik, O.S. Chorna, E.E. Makarova // Systemy upravlinnya, navihatsiyi ta zv″yazku. – 2018. – №3(49). – S.67-72. [in Ukrainian].

3. Rai S. and Ettam R.K. Simulation-based optimization using simulated annealing for optimal equipment selection within print production environments// *Winter Simulations Conference (WSC)*, 2013. – PP.1097-1108. [in English].

4. Kostenko O.M. Syntez optymal′nykh kombinatornykh planiv bahatofaktornoho eksperymentu / O.M. Kostenko // Visnyk Poltavs′koyi derzhavnoyi ahrarnoyi akademiyi. – 2016. – №1-2. – S.62-71. [in Ukrainian].

5. Nyemtsov M.V. Doslidzhennya metodiv optymizatsiyi, yaki vykorystovuyut′sya u kompilyatorakh kodu / M.V. Nyemtsov, V.I. Kauk //[Online] – International Electronic Scientific Journal "Science Online". Available from: http://nauka-online.com/. [in Ukrainian].

6. Havrylenko V.V. Pro zastosuvannya metodu imitatsiyi vidpalu dlya rozv″yazannya nechitkoyi zadachi komivoyazhera / V.V. Havrylenko, K.YE. Ivokhina, N.V. Rudoman // Systemy upravlinnya, navihatsiyi ta zv″yazku. – 2022. – №3. – S.77-82. [in Ukrainian].

7. Bablu Jana and Tapan Kumar Roy. Multi-Objective Fuzzy Linear Programming and Its Application in Transportation Model // *Tamsui Oxford Journal of Mathematical Sciences*. – 2005. – V.21. – No.2. – P.243-268. [in English].

8. Zadeh L.A. Fuzzy sets // *Inf. Contr.* – 1965. – V.8. – P.308-353. [in English].

9. Zimmermman, H. J. Application of Fuzzy Set Theory To Mathematical Programming // *Information Sciences*. – 1985. – 36. – P.25-58. [in English].

УДК 656.1/.5:658.2
UDC 656.1/.5:658.2

DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-248-260

СИСТЕМНІ АСПЕКТИ НАВЧАННЯ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

SYSTEMATIC ASPECTS OF LEARNING IN UNCERTAINTY CONDITIONSIN



***Гамеляк Ігор Павлович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри аеропортів, Національний транспортний університет, 01010, Україна, Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, ауд. 344, e-mail: gip65n@gmail.com, тел. +380503524124,*

https://orcid.org/0000-0001-9246-7561



***Пархомов Сергій Іванович,** координатор неформального творчого об'єднання «Технокадр» (НТО «ТЕХНОКАДР»), редактор і кінорежисер міжнародних проектів розвитку SIDA, Чорнобильського проекту Програми розвитку ООН в Україні. e-mail:: script_kadr@ukr.net, тел. 0950657994,*

https://orcid.org/0000-0001-9553-8724



***Вакарчук Ігор Миколайович**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра аеропортів, Національний транспортний університет, 01010, Україна, Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, ауд. 344, e-mail: imvsor@gmail.com, тел. (+38044) 280-70-73,*

https://orcid.org/0000-0002-9693-1744

Ніщо удаване не може бути вічним.
Ціцерон Книга II, розділ 43

Анотація. Стаття розкриває системні аспекти освітньої, наукової й прикладної діяльності на прикладі дисципліни Будівництво автомобільних доріг під час підготовки фахівців для транспортно-дорожнього комплексу за напрямом «Аеропорти, аеродромні конструкції та споруди» та «Системний аналіз в транспортній інфраструктурі» та практики застосування дистанційного навчання в умовах невизначеності викликаного запровадженням воєнного стану. Представлена авторська модель заснована на принципах встановлення механізму системного впровадження компетентнісного підходу та застосування інноваційних технологій дистанційного асинхронного навчання, що отримано в процесі аналізу вітчизняного та закордонного досвіду за умов невизначеності воєнного стану.

Мета роботи – встановлення механізму системного впровадження компетентнісного підходу та застосування інноваційних технологій для взаємозв'язку «викладач–студент–роботодавець», що дозволяє у підсумку визначити найбільш ефективні шляхи та засоби досягнення кінцевих цілей освітньої, наукової й прикладної діяльності в умовах невизначеності запровадження воєнного стану та забезпечення висококваліфікованими кадрами транспортно-дорожній комплекс країни.

Встановлення механізму застосування інноваційних технологій для моделі «методи навчання–результати навчання–оцінювання» за компетентнісним алгоритмом «знання теорії–вміння прикладного застосування–навички володіння технологіями» для посилення взаємозв'язку «викладач–

студент–роботодавець», дозволить довести результати освітнього процесу до вимог роботодавців та забезпечити транспортно-дорожній комплекс висококваліфікованими кадрами.

Подальший розвиток об'єкта дослідження – впровадження освітньої, наукової й прикладної діяльності викладачів, для забезпечення висококваліфікованими кадрами транспортно-дорожній комплекс в умовах дистанційного навчання та невизначеності воєнного стану.

Ключові слова:, освітня, наукова та прикладна діяльність, невизначеність, умови воєнного стану, системні знання, навчальні фільми, раціональні рішення.

Постановка проблеми. Війна потребує концентрації усіх зусиль народу для досягнення головної мети – перемоги над ворогом. Слід, нарешті, усвідомити всім, що війна, яку упродовж століть Московія веде проти української демократії, ніколи не обмежувалася відвертими бойовими діями, і завжди позначалася терором щодо світогляду, культури, мови, звичаїв, правової системи, науки, освіти, релігії та багатьох інших основ самоідентифікації поневолених московитами народів, і таке лихо спіткало не тільки українців. При цьому боротьба ведеться на усіх фронтах, які можна позначити у вигляді системи ЦІЦЕРОН: **Ц**ивілізаційний (світоглядний, культурний та мовний), **І**нформаційний, **Ц**ивільний (побутовий), **Е**кономіко - фінансовий, **Р**елігійний, **О**світянський та **Н**ауковий (рис. 1). Дані фронти є по суті основними завданнями внутрішнього управління держави. До зовнішніх фронтів відносяться **В**ійськовий та **Д**ипломатичний. Різні аспекти даної системи потребують окремого розгляду [1-8]

Стратегія воєнної безпеки України, схвалена Радою національної безпеки і оборони, та затверджена Указом Президента від 25.03.2021 №121/2021, містить положення, зокрема, про розвиток систем військової освіти і науки, спрямованих на забезпечення всеохоплюючої обороноздатності України.

Але чи можуть військові освіта і наука бути самодостатніми, відірваними від всього освітньо-наукового комплексу країни? Звісно, ні. Тому в даній статті автори розглянули найважливіші, на їхню думку, аспекти ґрунтовного реформування системи підготовки інженерів у вищих навчальних закладах, з наголосом на одну з найважливіших галузей економіки – дорожнього і аеродромного будівництва. Необхідність змін у самих основах такої підготовки зріла давно, але нині загострилися до краю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Пандемія коронавірусу та локдаун створили парадокс, що разюче розходиться з усталеними процесами у всіх галузях економіки та бізнес-моделі освітньо-наукового сегменту економіки зокрема [9-11], і який поставив українське суспільство перед викликами, спричиненими необхідністю протидії військовій агресії РФ. Ці виклики довели важливість організації і самоорганізації цілих соціальних груп у віддаленому режимі, для вирішення нагальних проблем і самого виживання в умовах потрясінь, викликаних епідемією коронавірусу та війною.

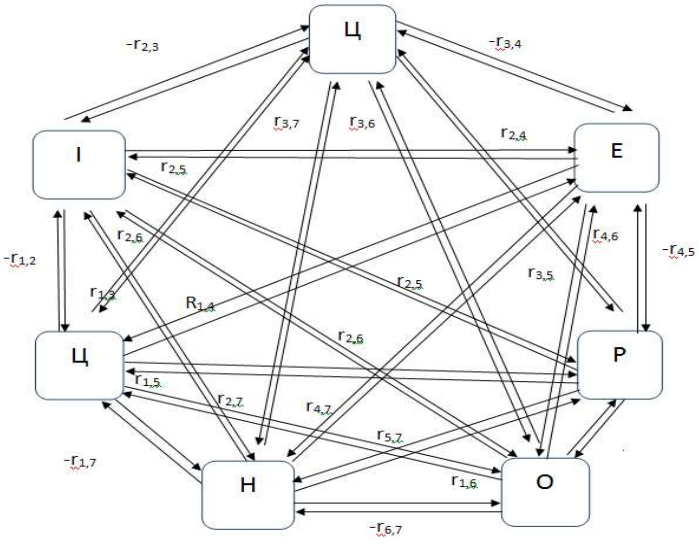


Рисунок 1 - Граф кореляційних зв’язків системи ЦІЦЕРОН
Figure 1 - Graph of correlations of the CICERON system

Не менш небезпечною, ніж пандемія, є й інфодемія, оскільки вона безпосередньо впливає на поведінку людей. До таких висновків [12] дійшли вчені, та розвінчали небезпечні міфи про коронавірус [13], що запанували в різних країнах від початку пандемії. Не випадково в епоху постправди саме університети стають головними експертними майданчиками і верифікаторами інформації, що розбурхує громадську думку. Тому, рекомендації [14, 15] щодо критичного мислення, обов'язкового аналізу отриманих даних, балансу між емоційністю та раціональністю, саморегуляції психоемоційного стану та навичок медіагігієни набувають особливого значення при вирішенні проблем української вищої освіти (ВО), що виявив карантин та посилила війна. Також особливого значення в умовах системних змін, пов'язаних з пандемією і воєнним станом, набувають методологічні та онтогенетичні проблеми соціалізації. Це стосується і професійної та економічної соціалізації, тобто процесу входження до різних людських спільнот, і адаптації та ресоціалізації особистості [16, с. 16-18; с. 47-52].

Як показав особистий досвід авторів, відсутність контакту між викладачем та студентом, що були за умови аудиторних занять, додає незручностей для здійснення навчального процесу у дистанційному режимі і знижує результати ВО.

Враховуючи те, що особливого значення набуває тріада «виклик-потреба-вимога» та втілення інноваційних технологій ВО, в [12] подано бачення моделі «методи навчання - результати навчання - оцінювання» за компетентнісним алгоритмом «знання теорії – вміння прикладного застосування – навички володіння технологіями» для посилення взаємозв'язку «викладач–студент–роботодавець», що приводить результати освіти у відповідність до вимог роботодавців та потреб транспортно-дорожнього комплексу (ТДК) у висококваліфікованих кадрах.

Вищенаведені проблеми спонукали авторів дослідити практики застосування дистанційного навчання в умовах невизначеності, обумовлених пандемією коронавірусу, та розкрити парадокс і парадигму освітньої, наукової і прикладної діяльності кафедри аеропортів Національного транспортного університету (НТУ) при підготовці фахівців для ТДК за напрямом «Аеропорти, аеродромні конструкції та споруди» та «Системний аналіз в транспортній інфраструктурі» [9-10].

У частині першій роботи [9] проведений всебічний аналіз вітчизняного та закордонного досвіду застосування інноваційних технологій дистанційного навчання та трансформації ВО за умови невизначеності через пандемію коронавірусу.

Але пандемія і воєнний стан вносять свої корективи до найдосконаліших інноваційних технологій, і навчання в таких умовах потребує докорінної зміни підходів до нього. Тривала відсутність електроенергії, інтернету, обстріли та повітряні тривоги унеможливлюють не тільки безпосереднє спілкування викладача та студента, а часто взагалі виключають синхронне навчання, надаючи лише короткі «вікна» для надання інформації та зворотного зв'язку. Тому для такої роботи мають бути підготовлені лекції, аудіо – та відеоматеріали з необхідною інформацією для ознайомлення студентів. Наголос ставиться на підготовку аудіо- та відео матеріалів, та якісне (детальне і глибоке) формування питань викладачами по суті дисципліни, яка вивчається, та відповіді на них студентів в онлайн-режимі. Причому відповіді мають бути якомога коротшими (у вигляді позначень у графах «так» чи «ні» на перелік із 2, 4, 6 відповідей залежно від рівня складності завдання), а питання - достатньо глибокими, та охоплювати весь матеріал дисципліни.

Особливі проблеми виникають із підготовкою та проведенням практичних занять, та проходженням виробничої практики студентами. Тому одним із напрямків якісної освіти має бути створення системи навчальних, науково-популярних і документальних фільмів, створених на базі найбільш сучасних підприємств – лідерів галузі, із залученням провідних вчених, освітян, фахівців.

Мета роботи: Сформувати базові положення системних аспектів навчання в умовах невизначеності на прикладі інформаційного проекту підтримки цементобетонного дорожнього будівництва та інтерактивної підготовки фахівців в Україні.

Чотири вектори освітянської реформи

Неприпустимий стан у шляхово-будівельній галузі України ґрунтується, перш за все, на повній відсутності системного і якісного інформаційного забезпечення у цій сфері. Це відображається не тільки на загальному стані шляхової мережі України, а й на підготовці кадрів, престижності професії шляховика, і, що важливо - на прийнятті стратегічно важливих рішень на найвищих щаблях керівництва країни. Через відсутність інформаційного забезпечення і базових знань у сфері шляхового будівництва ні громада, ні керівні діячі не можуть адекватно оцінити ні полеміки, ні пропозицій

фахівців і бізнесменів при обговоренні найважливіших питань. В результаті упродовж десятиріч шляхове будівництво в Україні орієнтувалося на асфальтобетонні технології, засновані на залежності від російської сировини – бітуму, а не на цементобетонні дороги, які коштують дешевше, служать довше, і для будівництва яких Україна повністю забезпечена власною сировиною. До сьогоднішнього дня залишається незрозумілим, в чому полягає офіційна програма відновлення/створення сучасної шляхової мережі України, чи є вона взагалі, та чого хоче і що конкретно повинна отримати Україна у довгостроковій перспективі в результаті цілеспрямованого втілення такої програми. Сформувати, а головне – втілити в життя таку програму можна не інакше, як за участі широкого кола фахівців-шляховиків, які у своїй сукупності є представниками і діячами однієї з найважливіших галузей економіки будь-якої країни – шляхового і аеродромного будівництва. Але спочатку таких фахівців необхідно як слід підготувати, і тут слід з прикрістю констатувати прогресуючу нездатність існуючої системи освіти вирішити це питання на сучасному рівні, і у відповідності до сучасних потреб галузі. Тим більше, що недоліки цієї системи, які почасти тягнуться ще з радянських часів, в умовах невизначеності посилилися до стану стагнації всього навчального процесу.

Тому слід, нарешті, окреслити суть головних проблем, які перешкоджають підготовці в межах вищих учбових закладів інженерів, готових до роботи в умовах реального виробництва. Їх чимало, але, на думку авторів, з їх числа слід виділити чотири, які лежать в основі всіх інших. По-перше, це відсутність фінансового забезпечення закладів ВО за рахунок нематеріальних активів, по-друге – істотна невідповідність навчальних програм сучасним вимогам до підготовки інженера, по-третє – низька ефективність існуючого інструментарію передачі знань студентам, і по-четверте – неприпустимо низький рівень практики майбутніх інженерів упродовж навчального процесу. В даній статті ці питання розглядаються через призму потреб цементобетонного шляхового і аеродромного будівництва, хоча по своїй суті, на думку авторів, могли б придатися для реформування системи вищої технічної освіти в цілому.

Нематеріальні активи

Університети у своїй переважній більшості є продуцентами надзвичайно цінного продукту, т. зв. нематеріальних активів – нових технологій, винаходів, наукових досліджень, відкриттів тощо. В радянські часи цей гігантський ресурс належав державі на умовах дотримання законодавства про авторське право і суміжні права, а поняття «інтелектуальна власність» в законодавстві не існувало взагалі. Власне, воно було скасоване в перші роки радянської влади, а в правове поле повернулося із здобуттям Україною незалежності, за законом, прийнятим Верховною Радою останнього радянського скликання. Оскільки переважна більшість науковців і митців і досі вважає поняття «авторське право» і «інтелектуальна власність» тотожними, зазначимо, що це різні правові дефініції, хоч і взаємопов’язані, оскільки право інтелектуальної власності випливає з авторського права. Наприклад, майнові права інтелектуальної власності у спадок передавати можна, а авторське право – ні.

Нематеріальні активи є надзвичайно цінним ресурсом економіки. В розвинутих країнах господарчий обіг нематеріальних активів може в кілька разів перевищувати обіг всіх інших промислових активів, разом узятих. Щодо України, то тут ця цифра становить ледве кілька відсотків загального господарчого обігу. Такий стан справ пояснюється тим, що в Україні є системним явищем порушення правил обліку нематеріальних активів всупереч чинному законодавству і нормативно-правовим актам (зокрема, главі 75 Цивільного кодексу України, Закону України «Про авторське право і суміжні права», і особливо - Національному положенню (стандарту) бухгалтерського обліку 8 "Нематеріальні активи", затвердженому Наказом Міністерства фінансів України № 242 від 18.10.99). Тобто нематеріальні активи, як об’єкти майнових прав інтелектуальної власності, не ставляться на баланс закладу і не беруться на бухгалтерський облік. Копійчаний письмовий стіл обліковується, а наукова розробка чи технологія за десятки тисяч доларів – ні. Тому результати наукової діяльності закладів науки і освіти не надходять в господарчий обіг, як об’єкти права інтелектуальної власності, заклад не отримує за їх використання належних коштів, автори – належної винагороди, а держава – відповідних податків. Ситуація поглиблюється тим, що податківці облік нематеріальних активів чомусь не перевіряють, хоча за законом такий облік є обов’язковим [18].

Загалом проблематика інтелектуальної власності має багато найрізноманітніших аспектів, тому в межах цієї статті автори вимушено зупинилися на, так би мовити, її опорних точках, суть яких полягає в порушенні тріади «облік – звітність – відповідальність» у господарчому обігу нематеріальних активів. У своїй основі ця проблема має політичний характер.

Наголоси навчального процесу

У вітчизняній системі підготовки шляховиків, у числі інших, є цілий пакет дуже прикрих і специфічних проблем, які в межах конкретного ЗВО вирішити неможливо. Річ в тім, що багато ключових питань шляхового будівництва (не освіти, а саме будівництва) залишаються нез'ясованими на рівні нормування і стандартизації.

Чимало необхідних будівельних норм і стандартів в Україні не сформульовані взагалі, а існуючі - сформовані на базі старих радянських або прив'язані до стандартів РФ, які по своїй суті теж радянські. Але будівельні норми і стандарти встановлюються не просто так. Нарівні з потребами автоперевезень вони відображають технологічні і промислові можливості всієї національної економіки, а змін у цих сферах у нас відбулося надзвичайно багато. Орієнтація на стандарти Російської Федерації, нарівні із залежністю України від російського бітуму, адаптує вітчизняне шляхове будівництво до економічних можливостей і потреб економіки РФ, що для України є згубним навіть без війни з цим «партнером».

Щодо навчального процесу, то як навчити студента, наприклад, розраховувати відстані між швами у цементобетонному покритті, якщо таких нормативів просто не існує а ті, що є, відповідають рівню 70 -80-х років минулого століття? Скористатися стандартами США? Але вони створені для їхніх технологій і можливостей. А якщо ці шви облаштувати неправильно, шляхове полотно просто здибиться, і його треба буде переробляти. Таких випадків у «доробку» наших будівельних компаній є чимало.

Тому далі розглянуто основні аспекти формування базової сучасної навчальної програми для майбутнього шляховика, а також передумови необхідності зміщення наголосів у навчальному процесі в бік питань, які є недостатньо висвітленими, або взагалі потребують вирішення в шляхово-будівельній галузі, а саме:

І. Вишукування та проектування автомобільних доріг та аеродромів з цементобетонними покриттями.

Мета 1. Ознайомлення з роботою сучасної проектної організації, що займається інженерно – геологічними вишукуваннями, проектуванням автомобільних доріг та аеродромів.

1.1 Документація та необхідні дозволи для виконання інженерно – вишукувальних робіт. Тендерні процедури. Фінансування проектних робіт. Страхування. Вимоги до проектної документації залежно від категорії дороги та її підпорядкування (національні, регіональні місцеві, міські та ін. автомобільні дороги, різні класи аеродромів).

1.2 Проектні рішення в особливих та складних інженерно-геологічних умовах (високі насипи та виїмки, заболочені ділянки та болота, просідні ґрунти, пустелі, карст тощо),

1.3 Рішення для багатосмугових доріг та доріг в межах населених пунктів, на підходах та у великих містах. Проекти для місцевих фермерських господарств.

1.4 Методики та нормативні документи з конструювання та розрахунку різних типів цементобетонних покриттів: монолітний цементобетон з швами, армобетон, залізобетон, збірні цементобетонні плити, неперервно-армований бетон з металевою та неметалевою арматурою. Середні, характеристичні та розрахункові характеристики матеріалів для розрахунку товщини плити цементобетонних покриттів (модуль пружності, міцність на розтяг при згині, коефіцієнт Пуассона, коефіцієнт лінійного розширення, показник витривалості (втоми) тощо. Методика та формули розрахунку та обмеження використання.

1.5 Розрахунок відстані між швами розширення. Проблема здиблювання (підняття) плит та її вирішення. Конструкції швів стиснення, розширення та технологічних швів.

1.6 Критерії граничного стану. Методика розрахунку бетонних та армованих покриттів. Теоретичні підходи. Формули для розрахунку товщини плити та розходу арматури. Програми для проектування та розрахунку автомобільних доріг та аеродромів.

Висновки 1. За результатами ознайомлення з роботою проектної організації мають бути сформульовані основні вимоги до виконання інженерно – геологічних, вишукувальних та проектних робіт для будівництва та реконструкції автомобільних доріг та аеродромів різних категорій та підпорядкування. Проблема сучасного нормування і стандартизації в сфері шляхового будівництва в Україні залишається критично недоопрацьованою.

ІІ. Властивості та методи випробувань дорожньо – будівельних матеріалів (ДБМ)

Мета 2. Ознайомлення з вимогами та методами випробувань дорожньо-будівельних матеріалів для приготування цементобетону.

2.1 Вимоги до вихідних матеріалів для цементобетону (щебінь, пісок, вода). Методи випробування вихідних матеріалів. Портландцемент: вимоги, властивості. Норми EN ISO, AASHO і AASTO.

2.2 Класифікація добавок та домішок. Повітровтягувальні добавки, пластифікатори та суперпластифікатори. Фібра та волокна. Полідисперсне армування. Відсоток добавок та відмінності використання.

2.3 Домішки до цементу та бетону. Порошкові відходи виробництва. місцеві матеріали та побічні відходи для збільшення економічності без погіршення міцності, надійності та довговічності.

2.4 Різновиди цементобетонних сумішей та цементобетону, вимоги, стандарти та сфери застосування дорожнього та аеродромного, дренуючого, литого, самоущільнювального, дисперсно-армованого, високоміцного цементобетонів, фібро- та нанобентону.

2.5 Випробування неметалевої арматури. Класи арматури. Стандарти і норми використання. Розрахунок армованих конструкцій плит та покриттів. Неметалева арматура в швах монолітного цементобетону.

2.6 Забезпечення морозостійкості цементобетону. Показники та методика. Залишкова пористість. Структура пор.

2.7Використання геосинтетичних матеріалів у конструкціях жорстких дорожніх та аеродромних покриттів. Розділяння бетонних шарів покриття та основи. Армування зернистих шарів. Дренування із пористих шарів додаткової основи. Недопущення води з узбіччя. Фільтрування та дренаж із цеметобетонного дорожнього одягу з пористими шарами основи.

Висновки 2. За результатами ознайомлення з вимогами та методами випробувань ДБМ будуть сформульовані вимоги до лабораторії контролю якості вихідних матеріалів для бетонних сумішей та цементобетону для будівництва і реконструкції автомобільних доріг та аеродромів різних категорій і підпорядкування.

ІІІ. Технології виготовлення матеріалів на цементному заводі та ЦБЗ

Мета 3. Ознайомлення з технологією виготовлення цементу на сучасному цементному заводі та технологією виготовлення бетонних сумішей на сучасному ЦБЗ (цементобетонному заводі).

3.1 Знайомство з сучасним цементним заводом. Виробництво дорожнього портландцементу. Технологія виробництва. Добавки при приготуванні шихти. Добавки при помелі клінкеру.

3.2 Сучасні ЦБЗ та їх характеристики. Вибір змішувального обладнання різної продуктивності для бетоноукладальної техніки. Знайомство з сучасною лабораторією. Перелік випробувального обладнання та пресів будівельної лабораторії.

3.3 Підбір складу цементобетону. Випробування вихідних матеріалів. Вимоги та норми. Мінімальні витрати цементу в бетоні. Водоцементне відношення. Формули для розрахунку та Програма розрахунку складу цементобетону. Уточнення виробничого складу. Використання місцевих матеріалів.

3.4. Відмінності підбору складу залежно від типу та марки бетоноукладачів. Фактичні витрати матеріалів та добавок.

3.5 Будівельна лабораторія. Випробування бетонних сумішей. Рухомість (осадка, жорсткість) та в’язкість бетонної суміші. Вимоги та визначення. Приклади складів сумішей для технології WIRTGEN, GOMACO та віброрейки.

3.6 Випробування цементобетону в науковій лабораторії. Визначення фізико-механічних характеристики матеріалів для розрахунку цементобетонних покриттів (модуль пружності, міцність на розтяг при згині, коефіцієнт Пуассона, коефіцієнт лінійного розширення, показник витривалості (втоми) тощо. Закони розподілу та коефіцієнти варіації цих характеристик.

3.7 Норми AASHTO та AASHO, будівельні норми, циркуляри, методичні рекомендації тощо.

Висновки 3. За результатами ознайомлення з роботою сучасного цементного заводу, та технологією приготування портландцементу та цементобетонних сумішей мають бути сформульовані головні вимоги до якості цементу для дорожнього та аеродромного цементобетону, та визначені відмінності підбору складу бетонних сумішей для комплекту машин GOMACO.

IV. Технології облаштування цементобетонних покриттів автомобільних доріг та аеродромів

Мета 4. Ознайомлення з технологією облаштування цементобетонних покриттів автомобільних доріг та аеродромів з використанням комплекту машин Wirtgen та GOMACO.

4.1. Ознайомлення з технологією на ділянках будівництва автомобільних доріг та аеродромів. Підготовчі роботи. Установка опалубки (за необхідності). Завантаження, перевезення, розвантаження,

розподілення, укладання та ущільнення бетонної суміші комплектом машин Wirtgen та GOMACO. Робота машин та механізмів. Норми часу. Продуктивність. Швидкісне будівництво (більше 1000 м.п. добу). Підготовка та розрахунок спільної роботи ЦБЗ, складів матеріалів, автотранспорту та бетоноукладальних машин.

4.2. Догляд за бетоном. Хімічні добавки для догляду. Витрати та властивості.

4.3. Добавки в бетоні при облаштуванні покриття в літній та зимовий періоди. Обмеження при будівництві. Заходи проти сегрегації та розшарування бетонної суміші при перевезенні та укладанні, і викришування при експлуатації.

4.4. Облаштування швів розширення. Конструкції швів, час нарізання, відстань між швами, армування, заливка (заповнення) швів. Готові ущільнювачі швів. Норми та регламенти.

4.5 Контроль якості, бетонних сумішей та бетону на будівельній ділянці. Визначення однорідності геометричних параметрів (ширини та товщини плити). Коефіцієнт варіації товщини та показників фізико-механічних властивостей цементобетону.

4.6. Технологічні карти, регламенти, циркуляри, будівельні норми тощо.

4.7. Цементобетонні покриття на мостах. Проектування. Схема розкладки арматури. Будівництво та випробування. Норми та стандарти.

Висновки 4. За результатами ознайомлення з технологією облаштування цементобетонних покриттів автомобільних доріг та аеродромів будуть сформульовані вимоги до дотримання основних технологічних процесів при роботі комплекту машин WIRTGEN та GOMACO.

V. Експлуатація та ремонт цементобетонних покриттів

Мета 5. Ознайомлення з роботою служби експлуатації по утриманню та ремонту цементобетонних покриттів автомобільних доріг та аеродромів за весь життєвий цикл служби покриття.

5.1. Зимове утримання цементобетонних покриттів. Визначення коефіцієнту зчеплення. Антиожеледні хімічні реагенти, їхні властивості і вимоги до них, витрати залежно від температурних умов, реагенти для посипання в перший рік експлуатації бетонного покриття.

5.2. Контроль інтенсивності руху та складу транспортного потоку. Класифікація транспортних засобів по навантаженню на покриття. Коефіцієнти приведення до стандартних осей.

5.3. Оцінювання несної здатності цементобетонного покриття. Визначення прогину установкою FWD та HWD. Призначення ремонту залежно від отриманих даних вимірювання прогину.

5.4. Забезпечення надійності та довговічності цементобетонних покриттів автомобільних доріг та аеродромів. Рівень надійності. Коефіцієнти варіації міцності та навантаження. Коефіцієнт запасу.

5.5. Система управління станом покриття (PMS) для цементобетонних доріг. Види і типи ремонтів. Моделі деградації. Стратегії ремонтів. Каталог дефектів та руйнувань. Оцінка експлуатаційного стану покриття.

5.6. Попереджувальні ремонти ультратонкими та тонкими шарами. Відновлення автомобільних доріг та аеродромів, зруйнованих у результаті військових дій.

5.7. Техніко-економічні показники роботи цементобетонних покриттів - строк служби, порівняння вартості асфальтобетонного та цементобетонного покриття в однакових умовах експлуатації, вартості бітуму та цементу, щебінки, піску, і цементо- та асфальтобетонного покриттів.

Висновки 5. За результатами ознайомлення з роботою служби експлуатації цементобетонних покриттів автомобільних доріг та аеродромів будуть сформульовані вимоги до проведення превентивних ремонтів та системи раціонального розподілу ресурсів на ремонт доріг з жорстким покриттям.

VI. Машини і механізми.

Мета 6. Ознайомлення з машинами та механізмами фірми Wirtgen та GOMACO для будівництва і ремонту цементобетонних покриттів автомобільних доріг та аеродромів.

6.1 Технічні характеристики бетоноукладального комплексу та відмінності його використання в різних кліматичних умовах. Мінімальний перелік обладнання для будівництва цементобетонних покриттів різних категорій. Нарізчики швів. Керновідбірники. Засоби забезпечення товщини покриття.

6.2. Мінімальний перелік обладнання для експлуатації цементобетонних покриттів. Характеристики обладнання та вимоги до матеріалів для заливки (заповнення) швів.

6.4. Нормативи на бетонні дорожні і аеродромні покриття та дорожний і аеродромні бетони за технологією WIRTGEN та Gomaco.

6.5. Технологія укладання нестандартних ділянок (з'їзди, переходи, перепади товщини, стикування з асфальтобетонними ділянками, переїзди через залізничні колії, трамвайні шляхи тощо). Засоби малої механізації (саморухомі віброрейки, глибинні вібратори тощо) для виконання таких робіт.

6.6. Машини для укладання армованих (залізобетонних) покриттів та відповідні норми і технології.

6.7. Прилади та обладнання для експрес-контролю якості цементобетонного покриття (склерометри, ультразвукова діагностика тощо).

Висновки 6. За результатами ознайомлення з машинами та механізмами фірми GOMACO будуть сформульовані вимоги до придбання конкретних марок і лінійок обладнання для будівництва та ремонту цементобетонних покриттів автомобільних доріг різних категорій та аеродромів різних класів.

VII. Наука і освіта.

Мета 7. Ознайомлення з діяльністю провідних наукових та освітніх установ у сфері будівництва цементобетонних покриттів.

7.1 Діяльність науково-дослідних установ. Тематика наукових досліджень. Сучасне обладнання. Знайомство з працями провідних вчених. Обмін інформацією та можливість грантів чи укладання контрактів на виконання науково-дослідних робіт (НДР). Програми навчання та можливість проходження стажування викладачів і співробітників за кордоном. Можливість отримання обладнання для виконання НДР.

7.2 Програми навчання, силабуси. Підручники та посібники. Навчання в період пандемії, дистанційне навчання.

7.3 Система підготовки та перепідготовки кадрів, компетенція, програми та можливість підвищення кваліфікації.

7.4 Співпраця вищих закладів освіти (ВЗО) з будівельними та проектними фірмами. Проведення практик на виробництві.

7.5 Академічна мобільність викладачів та студентів. Підписання договорів про співпрацю із профільними університетами та кафедрами провідних ЗВО за кордоном. Обмін студентами.

7.6 Конспекти лекцій з таких дисциплін, як системний аналіз, проектування дорожніх та аеродромних покриттів, будівництво автомобільних доріг та аеродромів, сучасні технології будівництва тощо.

7.7 Вимоги до вивчення студентами англійської мови з технічним ухилом нарівні з профільними дисциплінами.

7.8 Навчальні фільми. Гранти на виробництво в Україні 10 навчальних фільмів з будівництва доріг та аеродромів з цементобетонним покриттям, у т.ч. з армуванням неметалевою арматурою.

Інструментарій викладача

Університетський викладач давно перестав бути для студента єдиним і унікальним джерелом знань. Нинішні можливості вільного і оперативного доступу до будь-якої інформації стали просто фантастичними. Тому лекційна система, як спосіб передачі студентам знань, вичерпала свої можливості ще в глибокі радянські часи. Викладач, замість того, щоб займатися науковою роботою, по кілька разів на день змушений повторювати різним групам студентів одне й те ж в режимі програвача. Тільки за це, власне, він і отримує заробітну плату. Студент, постійно перебуваючи в стресовому стані від неймовірної сили незнайомого інформаційного потоку, повинен не тільки зрозуміти те, що говорить викладач, а одночасно виділити суть сказаного, і при цьому змушений відволікатися на конспектування лекції. В результаті упродовж лекції він втрачає орієнтацію в інформаційному потоці, а готуючись до іспиту, часто і сам не може розібратися, що понаписував у конспекті. Так буває у переважній більшості випадків. В якості контрприкладу (майже півстолітньої давності, але актуального і на сьогодні), можна навести вчинок завідувача кафедри гідравліки Одеського політехнічного інституту Кіма Федоровича Іванова, який сам виготовив конспект своїх лекцій, розмножив його репринтним способом, і здав до інститутської бібліотеки під виглядом методичних вказівок. В результаті, опанування двосеместрового курсу гідравліки у одного із авторів даної статті зайняло не більше тижня, а практичні заняття стали просто цікавими. Але на екзамені Кім Федорович перевіряв знання студента по всьому матеріалу дисципліни. До речі, так само вчинили і на кафедрі газоелектрозварювання цього ж інституту. Вчитися за такими методиками було просто і продуктивно.

Тобто студенти повинні приходити на заняття вже підготовленим, а завдання викладача - детально окреслити обсяг базових знань, необхідних для самостійного засвоєння студентами, підготувати відповідні методичні матеріали, а на лекціях - знайомити їх з найновішими досягненнями галузі та перспективними науковими розробками, контролювати засвоєння студентами знань, проводити колоквіуми, опитування, консультації, практичні заняття і лабораторні роботи.

Особливу увагу слід приділити вихованню майбутнього інженера як громадянина, усвідомленню ним ролі і значення дорожника та аеродромника в обороноздатності Батьківщини, забезпеченні її економічного розвитку і створенні умов для нормальної життєдіяльності української громади, від селянина до міжнародного автоперевізника і командувачів ЗСУ (рис. 2).





Рисунок 2 – Марка та листівка “Мрії не горять” (автор Кучеровська Іванна).
Figure 2 – Stamp and postcard "Dreams don't burn" (author Kucherovska Ivanna).

Навчальна практика

Навчальні процеси в ЗВО, особливо інженерного спрямування, вкрай незадовільно пов’язані з практикою, з реальним виробництвом. А такий зв’язок повинен бути системним упродовж всього процесу навчання, його невід’ємною і найважливішою частиною. Але нині випускник навіть найпрестижнішого технічного університету стане справжнім інженером хіба що через три-п’ять років роботи на підприємстві. Це застарілий недолік ще радянської системи ВО, який нині суттєво дискредитує диплом про вищу інженерну освіту.

В якості контрприкладу можна навести навчальний процес у відокремленому структурному підрозділі «*Барський* фаховий *коледж* транспорту та будівництва НТУ», де практичні заняття поставлені на найвищий рівень завдяки налагодженим звя’зкам з крупними як вітчизняними будівельними компаніями, так і представництвами в Україні виробників світового автопрому. Навряд чи в Україні є інший навчальний заклад, з якого найсучасніші підприємства забирають на роботу випускників цілими потоками. Але такого результату досягнуто виключно завдяки подвижницькій роботі директора технікуму Йосипа Едуардовича Кібітлевського і згуртованого ним педагогічного колективу.

Ретельного вивчення потребує і досвід компанії Scania Україна, яка самостійно забезпечує підготовку кадрів для своїх потреб і підвищення їх кваліфікації у своїй системі з допомогою інтерактивного навчання, власних навчальних програм і найсучаснішого виробництва.

Слід зазначити, що найпотужнішим інструментом передачі людині практичних знань на сьогодні є навчальні і науково-популярні фільми. Тому принципово важливим є заповнення вищезазначених прогалин вищої освіти створенням циклу повнометражних навчальних і науково-популярних фільмів. На цьому питанні слід зупинитися детальніше, оскільки, підкреслюємо, саме аудіовізуальні твори на сьогоднішній день є найпотужнішим інструментом передачі знань, і головною рушійною силою інтерактивного навчання. Фільм забезпечує ефект присутності на виробництві, дозволяє за лічені хвилини вичерпно ознайомитися з виробничими і технологічними процесами, які на практиці тривають днями і навіть місяцями, побачити і усвідомити їх найрізноманітніші аспекти у цілісному взаємозв’язку і логічній послідовності. Переваги такого різновиду інтерактивного навчання зростають на порядок в умовах невизначеності, таких як епідемія ковіду чи війна.

У циклі фільмів, присвячених шляховому цементобетонному будівництву (орієнтовно їх має бути створено близько 10), повинні бути висвітлені матеріали за наступними напрямками:

1. **Ресурсна база.** Треба показати, що в Україні є для цементобетонного і асфальтобетонного будівництва доріг: які є родовища граніту, глини, піску, базальту, мергелю та ін., скільки його є і якої якості, потреби країни в цих копалинах. як все це видобувається і переробляється.

2. **Промислова база**: показати роботу провідних і найсучасніших шляхово-будівельних компаній, цементних і асфальтних заводів, транспортних підприємств, їхні можливості, історію, досягнення і проблеми, перспективи, технічне і кадрове забезпечення. Це підтвердить їх авторитет і лідерство в галузі.

3. **Технологічна база**: треба показати і порівняти цементобетонні і асфальтобетонні технології шляхового будівництва, їх ресурсні можливості, недоліки і переваги, витрати і економічний ефект, сфери і доцільність застосування в тих чи інших випадках. Сюди ж слід віднести технології утримання і ремонту цементобетонних і асфальтобетонних доріг, переваги і недоліки відповідних ремонтних технологій. Важливим є й питання трансферу технологій.

4. **Компоненти будівельних матеріалів** – показати види арматури, хімічні добавки та ін., що, де і як виробляється в Україні, на яких підприємствах, і що треба купувати за кордоном.

5. **Контроль за якістю шляхового будівництва і експлуатації доріг.** Тут треба проаналізувати законодавчу і нормативно-правову базу такого контролю, нормативну документацію, методи поточного контролю, показати роботу лабораторій – як окремих, так і тих, що на підприємствах, наочно показати, чим, чому і як вони займаються.

6. **Технічне забезпечення.** Треба показати техніку, яка зараз використовується у шляховому будівництві, як вона працює, обслуговується, і на що здатна.

7. **Економічні аспекти шляхового будівництва** – податкова політика, необхідність законодавчої орієнтації шляхового будівництва на вітчизняного виробника.

Стратегічною метою створення такого циклу фільмів є напрацювання, формування й опублікування учасниками фільму – фахівцями, керівниками і провідними спеціалістами профільних підприємств головних принципів і напрямків розвитку шляхово-будівельної галузі в Україні, як потужного важеля зміцнення її обороноздатності, економічної незалежності і вирішення питань зайнятості населення. Така інформація, зокрема, сприятиме ефективному поширенню базових знань у сфері шляхового будівництва, і надасть можливість аргументованого відстоювання державними керівниками своїх законопроектів, урядових постанов і пропозицій у шляховій галузі, та їх усвідомленої і обґрунтованої громадської оцінки. Доказовою базою таких концепцій буде зміст фільмів. Тому спростовувати такі концепції опонентам будь-якого рівня буде дуже непросто, оскільки відразу може стати очевидним чиєсь невігластво, або навіть і зловмисність. Після перегляду таких фільмів не тільки міністр, а й студент чи просто пересічний громадянин повинен усвідомити суть шляхового будівництва, і отримати критерії для оцінки тих чи інших процесів у шляховій галузі, які зазвичай торкаються нас усіх.

Пілотний фільм такого проекту існує, на жаль, поки що у якості єдиного зразка подібної роботи. Це фільм «Дороги незалежності» режисера Сергія Пархомова. Його можна переглянути на сторінці НТО «ТЕХНОКАДР» в youtube, де представлені деякі зразки продукції НТО, або зайти на цю сторінку за QR-кодом	

Наявність такого циклу фільмів принципово сприяла б створенню на базі потужного вітчизняного промислового підприємства сучасного спеціалізованого навчального закладу – наприклад, «Інституту цементобетону», який би кардинально вирішив проблему якісної підготовки кадрів для шляхової галузі і аеродромного будівництва. Такий інститут повинен працювати на комерційній основі, з платним доступом до інформаційного ресурсу, і з дотриманням законодавства про авторське право та інтелектуальну власність.

Звертаємо увагу провідних фірм в галузі на необхідність підтримати ідею створення фільмів, яка буде для них хорошою рекламою та сприятиме популяризації дорожньої галузі та притоку молодих сил в освоєння цієї непростої спеціальності.

Висновки.

1. Існуюча в Україні система вищої освіти потребує якісних змін для підготовки інженерів сучасного рівня, які могли б задовольнити потреби вітчизняної аеродромної і шляхово-будівельної галузі.

2. В умовах невизначеності відсутність можливості застосування інтерактивного навчання поставила роботу ВЗО на межу краху, і потреба реорганізації такого навчання є невідкладною.

3. Відсутність коштів у ВЗО і неефективність їх функціонування якісно обумовлені системним ігноруванням законів України та міжнародних договорів щодо інтелектуальної власності, і правил обліку та господарчого обігу нематеріальних активів, що потребує спеціальної постанови Кабінету Міністрів України про обов'язковість перевірки фіскальними органами бухгалтерського обліку і використання таких активів.

Перелік посилань

[1] Дмитро Донцов. Культурологія. Геополітика. Ідеологія. Харків. Фоліо. 2021.

[2] Степан Бандера. Перспективи Української Революції. К: Вид-во Наш формат, 2021. 664с.

[3] Базів В.А. Антихрист. Том 3. Україна і Росія: війна престолів. Священний Томос і скрепи мракобісся. Харків. Фоліо. 2022. 380 с.

[4] Брехуненко В. Війна за свідомість. Російські міфи про Україну та її минуле. К: 2017. 280 с.

[5]. Дмитро Кулеба. Війна за реальність. Як перемагати у світі фейків, правд і спільнот. К.: Книголав, 2022. 381 с.

[6] Володимир Селезньов. Кремлівський плагіат. Від "шапки Мономаха" до кепки Ілліча. - Тернопіль: Мандрівець. 2017. 256 с.

[7] Річард Ширрефф. Війна з Росією. - К: Вид. група КМ-БУКС, 2017. 544 с.

[8] Стівен Протеро. Вісім релігій, що панують у світі. Чому їхні відмінності мають значення. - К: Видавництво Букшеф, 2022. 464 с.

[9] Вакарчук І.М., Гамеляк І.П., Іванова О.О. Парадокс та парадигма системної діяльності кафедри аеропортів в умовах невизначеності. Частина І: початок. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво*. – К.: НТУ. Випуск 109 (2021). С. 129-146. DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-129-146. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/109/129.pdf.

[10]. Вакарчук І.М., Гамеляк І.П., Іванова О.О. Парадокс та парадигма системної діяльності кафедри аеропортів в умовах невизначеності. Частина ІІ: продовження. *Науково-технічних збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво»*. К.: НТУ. Випуск 110 (2021). – С. 115-135. DOI: 10.33744/0365-8171-2021-110-115-135. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/110/115.pdf.

[11] Hechinger J. and Lorin J. (2020) Coronavirus Forces $600 Billion Higher Education Industry Online // Bloomberg Businessweek. URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-03-19/colleges-are-going-online-because-of-the-coronavirus.

[12] Colley T., Granelli F. and Althuis J. (2020) Disinformation's Societal Impact: Britain, Covid, And Beyond // Defence Strategic Communications: v. 8 / Spring 2020. The official journal of the NATO Strategic Communications Centre of Excellence: Riga, Latvia. URL: https://www.stratcomcoe.org/tcolley-fgranelli-and-jalthuis-disinformations-societal-impact-britain-covid-and-beyond.

[13] McLaughlin A. (2020) The ten most dangerous coronavirus myths debunked. URL: https://www.kcl.ac.uk/blog-the-ten-most-dangerous-coronavirus-myths-debunked-1.

[14] Освітні практики із запобігання інфодемії, або Як не ізолюватися від правди: навч. посібник / О. Волошенюк, Г. Дегтярьова, М. Каліберда та інші // За ред. Волошенюк О., Євтушенко Р., Іванова В., Кулакова А. Київ: АУП, Інтерньюз–Україна, ЦВП, 2020. – 68 с. URL: https://drive.google.com/file/d/1zHir5m1MG3vZdIDjuvYcpA1Z4l3HCXGH/view.

[15] Рекомендації психолога про поведінку під час карантину (2020). URL: http://if.kubg.edu.ua/resursi/psikhologi-informuyut/rekomendatsii-psykholoha-pro-povedinku-pid-chas-karantynu.html.

[16] Соціалізація особистості в умовах системних змін: теоретичні та прикладні проблеми: тези XV Міжнародної науково-практичної конференції (20 березня 2020 року, м. Київ) / За наук. ред. С.Д. Максименка, Л.М. Карамушки, О.І. Власової, Н.М. Дембицької, О.В. Лавренко. О.В. Креденцер. Київ: Інститут психології імені Г.С.Костюка НАПН України, 2020. – 135 с. URL: http://psychology-naes-ua.institute/files/pdf/zbirnik_tez_15_konf.__socializaciya_osobistosti...-20-04-2020_1586892193.pdf.

[17] Шість проблем української вищої освіти, що виявив карантин (2020). URL: https://osvita.ua/vnz/74767.

[18] Лі А.К. Економічно-правові відносини між автором і роботодавцем або замовником. ПНТУ. Economics and Region № 1 (80) – 2021 – Yuri Kondratyuk National University. С. 114 – 128.

SYSTEMATIC ASPECTS OF LEARNING IN UNCERTAINTY CONDITIONSIN

Gameliak Igor P., Doctor of Technical Science (s), professor, Head at the Department of Airports, National Transport University, 01010, Ukraine, Kyiv, 1, M. Omelyanovich-Pavlenko street, of. 344, e-mail: gip65n@gmail.com, тел. +380503524124, https://orcid.org/0000-0001-9246-7561.
Parkhomov Sergiy I., coordinator of the informal creative association "Technokadr" (NTO "TECHNOKADR"), editor and film director of international development projects of SIDA, the Chernobyl project of the UN Development Program in Ukraine. 03191, Ukraine, Kyiv, st. Yakubovskogo, 7, sq. 160, e-mail:: script_kadr@ukr.net, tel. 0950657994. *https://orcid.org/0000-0001-9553-8724*
Vakarchuk Ihor M., Ph.D in Technical Science, Associate Professor at the Department of Airports, National Transport University, 01010, Ukraine, Kyiv, 1, M. Omelyanovich-Pavlenko street, of. 344, e-mail: imvsor@gmail.com, тел. (+38044)280-70-73, https://orcid.org/0000-0002-9693-1744.

Abstract. The article reveals the systemic aspects of educational, scientific and applied activities on the example of the discipline Highway construction during the training of specialists for the transport and road complex in the direction of "Airports, airfield structures and facilities" and "System analysis in transport infrastructure" and the practice of applying distance learning in the conditions uncertainty caused by the introduction of martial law. The presented author's model is based on the principles of establishing a mechanism for the systematic implementation of the competence approach and the application of innovative technologies of remote asynchronous learning, which was obtained in the process of analyzing domestic and foreign experience under the conditions of uncertainty of the state of war.
The object of the research is educational-scientific-applied activity in studying the discipline Construction of highways and airfields from cement concrete, in the conditions of distance learning and uncertainty in the conditions of war.
The purpose of the work is to establish a mechanism for the systematic implementation of the competence approach and the application of innovative technologies for the "teacher-student-employer" relationship, which ultimately allows to determine the most effective ways and means of achieving the ultimate goals of educational, scientific and applied activities in the conditions of uncertainty of the introduction of martial law and provision of highly qualified personnel to the transport and road complex of the country.
Research methods are systemic, conceptual-methodological and programmatic approaches.
Establishing a mechanism for the application of innovative technologies for the model "learning methods - learning results - evaluation" according to the competence algorithm "knowledge of theory - the ability to apply it - the ability to master technologies" to strengthen the relationship "teacher - student - employer" will make it possible to bring the results of the educational process to requirements of employers and provide the transport and road complex with highly qualified personnel.
Further development of the object of research is the introduction of educational, scientific and applied activities of teachers to provide highly qualified personnel for the transport and road complex in the conditions of distance learning and the uncertainty of martial law.
Key words: education, scientific and applied activities, uncertainty, warfare conditions, systemic knowledge, educational films, rational decisions.

Reference

[1] Dmytro Dontsov. Kulturolohiia. Heopolityka. Ideolohiia. - Kharkiv. Folio. 2021. [in Ukrainian].

[2] Stepan Bandera. Perspektyvy Ukrainskoi Revoliutsii. - K: Vyd-vo Nash format, 2021. 664s. [in Ukrainian].

[3] Baziv V.A. Antykhryst. Tom 3. Ukraina i Rosiia: viina prestoliv. Sviashchennyi Tomos i skrepy mrakobissia. - Kharkiv. Folio. 2022. 380 s. [in Ukrainian].

[4] Brekhunenko V. Viina za svidomist. Rosiiski mify pro Ukrainu ta yii mynule. K: 2017. 280 s. [in Ukrainian].

[5]. Dmytro Kuleba. Viina za realnist. Yak peremahaty u sviti feikiv, pravd i spilnot. - K.: Knyholav, 2022. 381 s. [in Ukrainian].

[6] Volodymyr Seleznov. Kremlivskyi plahiat. Vid "shapky Monomakha" do kepky Illicha. - Ternopil: Mandrivets. 2017. 256 s. [in Ukrainian].

[7] Richard Shyrreff. Viina z Rosiieiu. K: Vyd. hrupa KM-BUKS, 2017. 544 s. [in Ukrainian].

[8] Stiven Protero. Visim relihii, shcho panuiut u sviti. Chomu yikhni vidminnosti maiut znachennia. - K: Vydavnytstvo Bukshef, 2022. 464 s. [in Ukrainian].

[9] Vakarchuk I.M., Gameliak I.P., Ivanova O.O. Paradoks ta paradyhma systemnoi diialnosti kafedry aeroportiv v umovakh nevyznachenosti. Chastyna I: pochatok. Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo. – K.: NTU. Vypusk 109 (2021). – S. 129-146. DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-129-146. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/109/129.pdf. [in Ukrainian].

[10]. Vakarchuk I.M., Gameliak I.P., Ivanova O.O. Paradoks ta paradyhma systemnoi diialnosti kafedry aeroportiv v umovakh nevyznachenosti. Chastyna II: prodovzhennia. Naukovo-tekhnichnykh zbirnyk «Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo». – K.: NTU. Vypusk 110 (2021). – S. 115-135. DOI: 10.33744/0365-8171-2021-110-115-135. URL: http://publications.ntu.edu.ua/avtodorogi_i_stroitelstvo/110/115.pdf. [in Ukrainian].

[11] Hechinger J. and Lorin J. (2020) Coronavirus Forces $600 Billion Higher Education Industry Online // Bloomberg Businessweek. URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-03-19/colleges-are-going-online-because-of-the-coronavirus. [in English].

[12] Colley T., Granelli F. and Althuis J. (2020) Disinformations Societal Impact: Britain, Covid, And Beyond // Defence Strategic Communications: v. 8 / Spring 2020. The official journal of the NATO Strategic Communications Centre of Excellence: Riga, Latvia. URL: https://www.stratcomcoe.org/tcolley-fgranelli-and-jalthuis-disinformations-societal-impact-britain-covid-and-beyond. [in English].

[13] McLaughlin A. (2020) The ten most dangerous coronavirus myths debunked. URL: https://www.kcl.ac.uk/blog-the-ten-most-dangerous-coronavirus-myths-debunked-1. [in English].

[14] Osvitni praktyky iz zapobihannia infodemii, abo Yak ne izoliuvatysia vid pravdy: navch. posibnyk / O. Volosheniuk, H. Dehtiarova, M. Kaliberda ta inshi // Za red. Volosheniuk O., Yevtushenko R., Ivanova V., Kulakova A. – Kyiv: AUP, Interniuz–Ukraina, TsVP, 2020. – 68 s. URL: https://drive.google.com/file/d/1zHir5m1MG3vZdIDjuvYcpA1Z4l3HCXGH/view. [in Ukrainian].

[15] Rekomendatsii psykholoha pro povedinku pid chas karantynu (2020). URL: http://if.kubg.edu.ua/resursi/psikhologi-informuyut/rekomendatsii-psykholoha-pro-povedinku-pid-chas-karantynu.html. [in Ukrainian].

[16] Sotsializatsiia osobystosti v umovakh systemnykh zmin: teoretychni ta prykladni problemy: tezy XV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (20 bereznia 2020 roku, m. Kyiv) / Za nauk. red. S.D. Maksymenka, L.M. Karamushky, O.I. Vlasovoi, N.M. Dembytskoi, O.V. Lavrenko. O.V. Kredentser. – Kyiv: Instytut psykholohii imeni H.S.Kostiuka NAPN Ukrainy, 2020. – 135 s. URL: http://psychology-naes-ua.institute/files/pdf/zbirnik_tez_15_konf.__socializaciya_osobistosti...-20-04-2020_1586892193.pdf. [in Ukrainian].

[17] Shist problem ukrainskoi vyshchoi osvity, shcho vyiavyv karantyn (2020). URL: https://osvita.ua/vnz/74767. [in Ukrainian].

[18] Li A.K. Ekonomichno-pravovi vidnosyny mizh avtorom i robotodavtsem abo zamovnykom. PNTU. Economics and Region № 1 (80) – 2021 – Yuri Kondratyuk National University. S. 114 – 128. [in Ukrainian].

УДК 539.3 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-261-270**
UDC 539.3

МАТЕМАТИЧНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ТРАНСВЕРСАЛЬНО-ІЗОТРОПНИХ ПРУЖНИХ ПІВПРОСТОРІВ ЗА ПРИСУТНОСТІ МІЖ НИМИ ЖОРСТКОГО ПЛОСКОГО ВКЛЮЧЕННЯ ДОВІЛЬНОЇ ФОРМИ

MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELING OF THE CONTACT INTERACTION OF TRANSVERSALLY ISOTROPIC ELASTIC HALF-SPACES IN THE PRESENCE OF A RIGID FLAT INCLUSION BETWEEN THEM



Кирилюк Віталій Семенович, *доктор фізико-математичних наук, Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України, провідний науковий співробітник, відділ теорії коливань, e-mail: kirilyuk_v@ukr.net*

https://orcid.org/0000-0002-8513-0378



Левчук Ольга Іванівна, *кандидат фізико-математичних наук, Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України, старший науковий співробітник, відділ теорії коливань, e-mail: 2013levchuk@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0002-6514-622



Гавриленко Валерій Володимирович, *доктор фізико-математичних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри інформаційних систем і технологій, факультет транспортних та інформаційних технологій, e-mail: v_gavr@ukr.net*

https://orcid.org/0000-0001-9682-4204



Вітер Михайло Богданович, *кандидат фізико-математичних наук, Національний транспортний університет, доцент, професор кафедри інформаційних систем та технологій, факультет транспортних та інформаційних технологій, e-mail: mbviter@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0003-4109-005X

Анотація. Проведено математичне та комп'ютерне моделювання контактної взаємодії двох різних за властивостями трансверсально-ізотропних пружних півпросторів за присутності жорсткого плоского включення між ними при стисканні. На основі представлення загального розв'язку системи рівнянь рівноваги для трансверсально-ізотропного тіла через гармонійні функції встановлена відповідність між параметрами контактної взаємодії для двох трансверсально-ізотропних та двох ізотропних пружних півпросторів (за присутності між ними жорсткого плоского включення довільної форми), що узагальнює результат Гладвела на випадок взаємодії трансверсально-ізотропних півпросторів. На основі математичного та комп'ютерного моделювання досліджено контактну взаємодію трансверсально-ізотропних півпросторів з дископодібним включенням. Проведено аналіз числових результатів, вивчено вплив пружних властивостей півпросторів, геометричних розмірів включення на параметри контактної взаємодії.

Ключові слова: математичне та комп'ютерне моделювання, трансверсально-ізотропний матеріал, пружний півпростір, жорстке плоске включення, довільна форма, параметри контакту.

Вступ. У різних галузях промисловості при створенні елементів конструкцій широко застосовуються біматеріали, складові яких мають різні фізичні властивості, в тому числі анізотропні. Це, у свою чергу, стимулює інтерес до вивчення і аналізу розподілу напружень у таких тілах поблизу концентраторів напружень, а також при їх контактній взаємодії. У той же час, розв'язання просторових задач теорії пружності для анізотропних тіл ускладнюється, оскільки у цьому випадку необхідно розв'язувати граничну задачу для система рівнянь рівноваги анізотропного тіла, яка має суттєво складнішу структуру (у порівнянні з відповідною системою для ізотропного пружного тіла).

Контактна взаємодія трансверсально-ізотропних тіл зі штампами та між собою досліджувалась у ряді робіт, серед яких можна виділити статті [1-7]. Так робота [1] містить цікаві результати стосовно контакту трансверсально-ізотропних тіл за наявності адгезії, робота [2] – стосовно тангенціальних навантажень на штамп при контакті з півпростором, у статті [3] вивчено контактну взаємодію півпростора зі штампом еліптичного перерізу. У роботі [4] розглянуто контактну задачу трансверсально-ізотропного півпростору зі штампом за довільної орієнтації поверхні півпростору відносно осі симетрії матеріалу, у роботі [8] – контактну взаємодію при розкритті плоскої тріщини дископодібним включенням у трансверсально-ізотропному просторі, робота [6] містить результати досліджень розподілу напружень у трансверсально-ізотропному півпросторі про лінійно-змінному тиску на ділянках поверхні півпростору, у стаття дано огляд низки задач контактної взаємодії для трансверсально-ізотропних тіл.

Важливим результатом стосовно контактної взаємодії двох пружних ізотропних півпросторів, між якими розташоване плоске дископодібне включення, отримано у роботі Selvadurai [7] (знайдено у явному вигляді розподіл контактного тиску під включенням та значення заглиблень у кожний півпростір). В подальшому, цей результат було узагальнено в роботі Гладвела [10], в якій встановлено загальні закономірності розподілу контактних напружень та переміщень у кожному з півпросторів для плоского включення ***довільної форми***.

У даній роботі на основі математичного та комп'ютерного моделювання результат Гладвела [10], стосовно контакту пружних ізотропних півпросторів узагальнено на випадок контактної взаємодії двох пружних трансверсально-ізотропних півпросторів при наявності плоского включенням ***довільної форми*** між ними. Встановлені загальні закономірності у розподілі контактних напружень та переміщень на границі поділу пружних півпросторів. За допомогою комп'ютерного моделювання досліджено параметри контактної взаємодії дископодібного плоского включення, розміщеного на міжфазній границі двох трансверсально-ізотропних пружних півпросторів.

Постановка задачи. Розглянемо математичну модель, на основі якої вивчимо контактну взаємодію двох різних за властивостями трансверсально-ізотропних пружних півпросторів за наявності жорсткого плоского включення сталої товщини між ними (рис. 1)

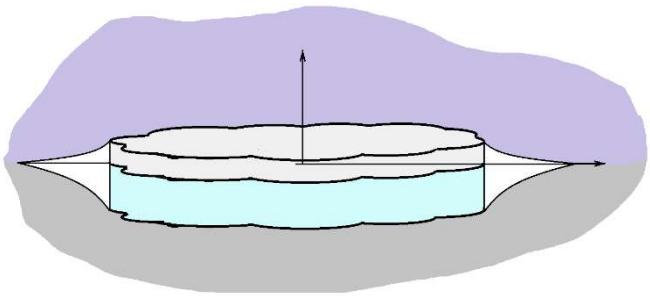


Рисунок 1 – Контактна взаємодія двох пружних півпросторів за наявності жорсткого плоского включення між ними.

Figure 1– Contact interaction of two elastic half-spaces in the presence of a rigid flat inclusion between them

Припускаємо, що площина $z = 0$ (рис. 1), яка обмежує два півпростори, є площиною ізотропії трансверсально-ізотропних матеріалів кожного з півпросторів, тобто вісь $0z$ є віссю симетрії обох

трансверсально-ізотропних матеріалів. Також вважаємо, що у площині контактної взаємодії $z = 0$ виконуються умови гладкого (без тертя) контакту пружних тіл. Розміри області розшарування двох пружних півпросторів (рис. 1) є невідомими і визначаються у процесі розв'язання задачі. Параметри контактної взаємодії пружних тіл залежать від значення стискаючих зусиль p, пружних властивостей двох трансверсально-ізотропних півпросторів (всього десять незалежних величин) і геометричних параметрів жорсткого включення.

Для визначення напружено-деформованого стану у кожному з трансверсально-ізотропних пружних півпросторів на поверхні поділу тіл (площині $z = 0$) отримуємо наступні граничні умови:

$$u_z^{(1)}(x,y,0)=\Delta_1,\ (x,y)\in\Omega_1;$$
$$\sigma_{zz}^{(1)}(x,y,0)=0,\ (x,y)\in\Omega_2\setminus\Omega_1;$$
$$\sigma_{xz}^{(1)}(x,y,0)=\sigma_{yz}^{(1)}(x,y,0)=\sigma_{xz}^{(2)}(x,y,0)=\sigma_{yz}^{(2)}(x,y,0)=0,\ (x,y)\in R^2; \quad (1)$$

$$u_z^{(2)}(x,y,0)=-\Delta_2,\ (x,y)\in\Omega_1;$$
$$\sigma_{zz}^{(2)}(x,y,0)=0,\ (x,y)\in\Omega_2\setminus\Omega_1;$$
$$\sigma_{zz}^{(1)}(x,y,0)=\sigma_{zz}^{(2)}(x,y,0),\ R^2\setminus\Omega_2; \quad (2)$$

$$u_z^{(1)}(x,y,0)=u_z^{(2)}(x,y,0),\ R^2\setminus\Omega_2; \quad (3)$$

$$\Delta_1+\Delta_2=\Delta,$$

де індекси «1» і «2» відповідають першому і другому півпросторам, Δ - товщина жорсткого плоского включення, Δ_1 і Δ_2 - глибини проникнення включення у відповідні півпростори, Ω_1 - плоска область, що утворена перетином включення з площиною z=0, а Ω_2 відповідає зоні розшарування між півпросторами на міжфазній границі z=0 (охоплює область Ω_1). З наведених граничних умов у площині поділу умови (1) відповідають умовам відсутності дотичних напружень на всій поверхні поділу, умови (2), (3) – умовам ідеального механічного контакту поза зоною розшарування матеріалу. Крім того, маємо наступні умови на нескінченності:

$$\sigma_{zz}^{(1)}\to -p \text{ (при } z\to\infty\text{) та } \sigma_{zz}^{(2)}\to -p \text{ (при } z\to-\infty\text{).}$$

Представимо напружений стан у кожному з пружних півпросторів суперпозицією основного стану (простого стискання $\sigma_{zz}^{(1)}=-p$ та $\sigma_{zz}^{(2)}=-p$) та збуреного стану. Для знаходження збуреного стану у кожному з півпросторів у площині $z = 0$ маємо наступні граничні умови:

$$u_z^{(1)}(x,y,0)=\Delta_1,\ (x,y)\in\Omega_1;$$
$$\sigma_{zz}^{(1)}(x,y,0)=p,\ (x,y)\in\Omega_2\setminus\Omega_1;$$
$$\sigma_{xz}^{(1)}(x,y,0)=\sigma_{yz}^{(1)}(x,y,0)=\sigma_{xz}^{(2)}(x,y,0)=\sigma_{yz}^{(2)}(x,y,0)=0,\ (x,y)\in R^2; \quad (4)$$
$$u_z^{(2)}(x,y,0)=-\Delta_2,\ (x,y)\in\Omega_1;$$

$$\sigma_{zz}^{(2)}(x,y,0)=p,\ (x,y)\in\Omega_2\setminus\Omega_1;$$
$$\sigma_{zz}^{(1)}(x,y,0)=\sigma_{zz}^{(2)}(x,y,0),\ R^2\setminus\Omega_2; \quad (5)$$

$$u_z^{(1)}(x,y,0)=u_z^{(2)}(x,y,0),\ R^2\setminus\Omega_2; \quad (6)$$

$\Delta_1+\Delta_2=\Delta$.

Умови (4), (5), (6) мають той же зміст, що й умови (1), (2), (3), але для збуреного стану. Для того, щоб дослідити задачу на основі строгої математичної моделі, яка використовується, необхідно знайти розв'язки рівнянь теорії пружності у кожному з трансверсально-ізотропних півпросторів, що задовольняють наведеним вище граничним умовам на поверхні поділу матеріалів.

Основні рівняння і співвідношення. Статичні рівняння теорії пружності для трансверсально-ізотропного тіла у переміщеннях приймають вигляд [11]

$$c_{11}\frac{\partial^2 u_x}{\partial x^2}+\frac{1}{2}(c_{11}-c_{12})\frac{\partial^2 u_x}{\partial y^2}+c_{44}\frac{\partial^2 u_x}{\partial z^2}+\frac{\partial}{\partial x}\left[\frac{1}{2}(c_{11}+c_{12})\frac{\partial u_y}{\partial y}+(c_{13}+c_{44})\frac{\partial u_z}{\partial z}\right]=0;$$
$$\frac{1}{2}(c_{11}-c_{12})\frac{\partial^2 u_y}{\partial x^2}+c_{11}\frac{\partial^2 u_y}{\partial y^2}+c_{44}\frac{\partial^2 u_y}{\partial z^2}+\frac{\partial}{\partial y}\left[\frac{1}{2}(c_{11}+c_{12})\frac{\partial u_x}{\partial x}+(c_{13}+c_{44})\frac{\partial u_z}{\partial z}\right]=0;$$
$$c_{44}\left(\frac{\partial^2 u_z}{\partial y^2}+\frac{\partial^2 u_z}{\partial x^2}\right)+c_{33}\frac{\partial^2 u_z}{\partial z^2}+(c_{13}+c_{44})\frac{\partial}{\partial z}\left(\frac{\partial u_x}{\partial x}+\frac{\partial u_y}{\partial y}\right)=0; \quad (7)$$

де $c_{11}, c_{12}, c_{13}, c_{33}, c_{44}$ - незалежні пружні сталі трансверсально-ізотропного матеріалу. Розв'язок системи рівнянь (7) згідно [11] можна виразити через три потенціальні функції Φ_i (i =1,2,3) наступним чином:

$$u_x=\partial\Phi_1/\partial x+\partial\Phi_2/\partial x+\partial\Phi_3/\partial y;$$
$$u_y=\partial\Phi_1/\partial y+\partial\Phi_2/\partial y-\partial\Phi_3/\partial x;$$
$$u_z=m_1\partial\Phi_1/\partial z+m_2\partial\Phi_2/\partial z, \quad (8)$$

де Φ_1,Φ_2,Φ_3 - функції, що входять до системи (8) , задовольняють рівнянням

$$(\partial^2/\partial x^2+\partial^2/\partial y^2+\nu_j\partial^2/\partial z^2)\Phi_j=0, \quad (9)$$

а також $\nu_3=2c_{44}/(c_{11}-c_{12})$; ν_1,ν_2 - корені квадратного рівняння

$$c_{11}c_{44}\nu^2-\left[c_{44}^2+c_{33}c_{11}-(c_{13}+c_{44})^2\right]\nu+c_{33}c_{44}=0; \quad (10)$$

$$m_j=\frac{c_{11}\nu_j-c_{44}}{c_{13}+c_{44}}=\frac{\nu_j(c_{13}+c_{44})}{c_{33}-\nu_j c_{44}}\ (j=1,2). \quad (11)$$

При введенні позначень $z_j=z\nu_j^{-1/2}$ $(j=1,2,3)$, використовуючи вирази (9)-(11), легко встановити, що функції $\Phi_1(x,y,z_1), \Phi_2(x,y,z_2), \Phi_3(x,y,z_3)$ будуть гармонічними функціями у відповідній системі координат (x,y,z_i) .

В подальшому скористаємось позначеннями

$$k_1 = m_1 = \frac{c_{11}\nu_1 + c_{44}}{c_{13} + c_{44}} - 1\,;\; k_2 = m_2 = \frac{c_{11}\nu_2 + c_{44}}{c_{13} + c_{44}} - 1\,;\; a_j = c_{44}(1+m_j) \quad (j = 1,2). \quad (12)$$

Метод розв'язання. При побудові розв'язку граничної задачі теорії пружності скористаємося представленням (8), виразами (9)-(12). Функції $\Phi_i(x, y, z_i)$ (для кожного трансверсально-ізотропного півпростору з врахуванням властивостей матеріалу) візьмемо у вигляді

$$\Phi_i(x,y,z_i) = \alpha_i^* F^*(x,y,z_i),\ (i = 1, 2); \qquad \Phi_3 \equiv 0. \quad (13)$$

Сталі α_i^* у виразах потенціальних функцій (13) визначимо з наступної системи лінійних алгебраїчних рівнянь

$$\sum_{j=1}^{2} \alpha_j^* \left(c_{44}\left(1 + k_j\right)\right) = 1;\ \sum_{j=1}^{2} \alpha_j^* \left(c_{44}\left(1 + k_j\right)\right)/\sqrt{\nu_j} = 0. \quad (14)$$

При визначенні сталих α_i^* згідно системи (14) задовольняються граничні умови по дотичним напруженням вздовж всієї поверхні поділу для трансверсально-ізотропного півпростору, а також умови рівності нормальних компонентів напружень поза зоною розшарування матеріалів. Для граничних умов, що залишились, використовуючи потенціальні функції на основі функцій $F_1^*(x,y,z_i)$ і $F_2^*(x,y,z_i)$ (функції для першого та другого пружних півпросторів) з врахуванням системи рівнянь (14), отримуємо умови у площині $z = 0$ стосовно невідомих гармонічних функцій $F_1^*(x,y,z)$ і $F_2^*(x,y,z)$

$$\sum_{j=1}^{2} \alpha_i^{(1)*} \frac{k_j^{(1)}}{\sqrt{\nu_j^{(1)}}} \frac{\partial F_1^*}{\partial z}(x,y,0) = \Delta_1,\ (x,y) \in \Omega_1;\ \frac{\partial^2 F_1^*}{\partial z^2}(x,y,0) = p,\ (x,y) \in \Omega_2 \setminus \Omega_1;$$

$$\sum_{j=1}^{2} \alpha_i^{(2)*} \frac{k_j^{(2)}}{\sqrt{\nu_j^{(2)}}} \frac{\partial F_2^*}{\partial z}(x,y,0) = -\Delta_2,\ (x,y) \in \Omega_1;\ \frac{\partial^2 F_2^*}{\partial z^2}(x,y,0) = p,\ (x,y) \in \Omega_2 \setminus \Omega_1;$$

$$\sum_{j=1}^{2} \alpha_i^{(1)*} \frac{k_j^{(1)}}{\sqrt{\nu_j^{(1)}}} \frac{\partial F_1^*}{\partial z}(x,y,0) = \sum_{j=1}^{2} \alpha_i^{(2)*} \frac{k_j^{(2)}}{\sqrt{\nu_j^{(2)}}} \frac{\partial F_2^*}{\partial z}(x,y,0), (x,y) \in R^2 \setminus \Omega_2\ ;$$

$$\frac{\partial^2 F_1^*}{\partial z^2}(x,y,0) = \frac{\partial^2 F_2^*}{\partial z^2}(x,y,0), (x,y) \in R^2 \setminus \Omega_2\ ,\ \Delta_1 + \Delta_2 = \Delta\,. \quad (15)$$

Розглянемо для порівняння більш просту задачу теорії пружності про стискання двох пружних ізотропних півпросторів, між якими розташоване жорстке дископодібне включення сталої товщини. За допомогою представлення Папковича - Нейбера визначення зони розшарування стосовно збуреного стану зводиться до пошуку двох гармонічних функцій $f_1^*(x,y,z)$ і $f_2^*(x,y,z)$, для знаходження яких отримуємо у площині поділу матеріалів $z = 0$ граничні умови, що структурно повністю подібні наведеним формулам (15). Єдина відмінність полягає у тому, що у цих виразах (для ізотропних матеріалів) замість множників $\sum_{j=1}^{2} \alpha_i^{(1)*} k_j^{(1)} / \sqrt{\nu_j^{(1)}}$ і $\sum_{j=1}^{2} \alpha_i^{(2)*} k_j^{(2)} / \sqrt{\nu_j^{(2)}}$ використовуються вирази

$(1-\nu_1)/\mu_1$ і $(1-\nu_2)/\mu_2$, де ν_1, ν_2 - коефіцієнти Пуассон, а μ_1, μ_2 - модулі зсуву для ізотропних матеріалів пружних півпросторів. Порівнюючи відповідні вирази контактних напружень і переміщень під плоским жорстким включенням довільної форми для ізотропних і трансверсально-ізотропних півпросторів, виражені через гармонічні функції, встановлюємо, що для плоского включення ***довільної форми***, що перебуває у контакті з двома різними за властивостями трансверсально-ізотропними півпросторами, згідно результатам [7] мають місце наступні закономірності:

1. переміщення Δ_1 та Δ_2 пов'язані співвідношенням

$$\Delta_1 / \left(\sum_{j=1}^{2} \alpha_i^{(1)*} k_j^{(1)} / \sqrt{\nu_j^{(1)}} \right) = \Delta_2 / \left(\sum_{j=1}^{2} \alpha_i^{(2)*} k_j^{(2)} / \sqrt{\nu_j^{(2)}} \right);$$

2. контактні напруження на кожній стороні включення є тотожними;
3. нормальні переміщення в області, де півпростори контактують (поза зоною розшарування), є не тільки рівними, але й дорівнюють нулю.

Виходячи з такої відповідності граничних задач контактної взаємодії двох ізотропних та двох трансверсально-ізотропних півпросторів перейдемо до випадку плоского дископодібного включення, який дозволяє отримати аналітичний розв'язок задачі. За допомогою результатів [9] для двох пружних ізотропних тіл (за наявності дископодібного включення) та встановленої відповідності задач контактної взаємодії у випадку двох трансверсально-ізотропних пружних півпросторів (за наявності жорсткого дископодібного включення між ними) задачу зводимо до розв'язку інтегрального рівняння відносно невідомого значення $c = b / a$ (відношення розміру невідомої області розшарування до радіуса жорсткого кругового включення). Отримуємо

$$\varphi(\eta) + \frac{2}{\pi^2} \int_0^1 \frac{\varphi(\xi)}{(\xi^2 - \eta^2)} \left(\eta \ln\left[\frac{c-\eta}{c+\eta} \right] - \xi \ln\left[\frac{c-\xi}{c+\xi} \right] \right) d\xi =$$

$$= \frac{\Delta}{ap(1+\alpha) \sum_{j=1}^{2} \alpha_i^{(1)*} \dfrac{k_j^{(1)}}{\sqrt{\nu_j^{(1)}}}} + \frac{2}{\pi}(1-\eta^2) tg^{-1}\left(\frac{c^2-1}{1-\eta^2} \right), \; 0 < \eta < 1 \qquad (16)$$

з додатковою умовою, що характеризує відсутність сингулярної складової напружень вздовж зовнішнього контуру зони розшарування матеріалів при $r = b$

$$\frac{2c}{\pi} \int_0^1 \frac{\varphi(\xi)}{(c^2 - \xi^2)} d\xi + (c^2 - 1)^{1/2} = 0,$$

де $\eta = r / a$, $c = b / a$, $\alpha = \left(\sum_{j=1}^{2} \alpha_i^{(2)*} \dfrac{k_j^{(2)}}{\sqrt{\nu_j^{(2)}}} \right) / \left(\sum_{j=1}^{2} \alpha_i^{(1)*} \dfrac{k_j^{(1)}}{\sqrt{\nu_j^{(1)}}} \right)$.

Далі, на основі розкладу за малим параметром $\varepsilon = a / b = 1 / c < 1$ шуканої функції, що входить до інтегрального рівняння (16) (аналогічно контакту двох пружних ізотропних півпросторів [9]), наближений розв'язок інтегрального рівняння з додатковою умовою може бути отримано за допомогою розв'язку алгебраїчного рівняння п'ятого порядку

$$\frac{W_1(\varepsilon)}{(1+\alpha)} \left(\frac{\Delta}{a} \right) - 2p \left(\sum_{j=1}^{2} \frac{\Delta_j^{(1)}}{\Delta^{(1)}} \frac{k_j^{(1)}}{\sqrt{\nu_j^{(1)}}} \right) \frac{W_2(\varepsilon)}{\varepsilon} = 0, \qquad (17)$$

де використано позначення

$$W_1(\varepsilon)=\frac{4}{\pi}\varepsilon+\frac{16}{\pi^3}\varepsilon^2+\varepsilon^3\left(\frac{64}{\pi^5}+\frac{4}{3\pi}\right)+\varepsilon^4\left(\frac{80}{9\pi^3}+\frac{256}{\pi^7}\right)+\varepsilon^5\left(\frac{448}{9\pi^5}+\frac{1024}{\pi^9}+\frac{4}{5\pi}\right)+O(\varepsilon^6),$$

$$W_2(\varepsilon)=1-\frac{4}{\pi^2}\varepsilon-\frac{16}{\pi^4}\varepsilon^2-\varepsilon^3\left(\frac{64}{\pi^6}+\frac{1}{8}\right)-\varepsilon^4\left(\frac{16}{3\pi^4}+\frac{4}{\pi^2}\left(\frac{1}{24}-\frac{8}{9\pi^2}+\frac{64}{\pi^6}+\frac{4}{9\pi^3}\right)\right)-$$

$$-\varepsilon^5\left(\frac{16}{\pi^4}\left(\frac{1}{24}+\frac{64}{\pi^6}-\frac{8}{9\pi^3}+\frac{8}{9\pi^2}\right)+\frac{256}{9\pi^6}-\frac{4}{15\pi^2}\right)+O(\varepsilon^6). \qquad (18)$$

Знайдене з алгебраїчного рівняння (17), враховуючи формули (18), значення $\varepsilon = a / b$ визначає розміри зони розшарування між двома трансверсально-ізотропними пружними півпросторами (за наявності жорского дископодібного включення між ними) при стисканні. Розміри заглиблення включення у відповідний трансверсально-ізотропний півпростір визначаються співвідношенням

$$\frac{1}{\left(\sum\limits_{j=1}^{2}\frac{\Delta_j^{(1)}}{\Delta^{(1)}}\frac{k_j^{(1)}}{\sqrt{\nu_j^{(1)}}}\right)}\Delta_1=\frac{1}{\left(\sum\limits_{j=1}^{2}\frac{\Delta_j^{(2)}}{\Delta^{(2)}}\frac{k_j^{(2)}}{\sqrt{\nu_j^{(2)}}}\right)}\Delta_2,$$

$$\Delta_1+\Delta_2=\Delta\ .$$

З формул (17) отримуємо співвідношення, що пов'язує значення стискаючих навантажень p із розміром зони розшарування між півпросторами у вигляді

$$p=\frac{1}{2}\frac{\varepsilon W_1(\varepsilon)/W_2(\varepsilon)}{\left(\sum\limits_{j=1}^{2}\frac{\Delta_j^{(1)}}{\Delta^{(1)}}\frac{k_j^{(1)}}{\sqrt{\nu_j^{(1)}}}\right)+\left(\sum\limits_{j=1}^{2}\frac{\Delta_j^{(2)}}{\Delta^{(2)}}\frac{k_j^{(2)}}{\sqrt{\nu_j^{(2)}}}\right)}\left(\frac{\Delta}{a}\right)=\frac{1}{2}\frac{\varepsilon W_1(\varepsilon)/W_2(\varepsilon)}{N^*}\left(\frac{\Delta}{a}\right), \qquad (19)$$

де

$$N^*=\left(\sum_{j=1}^{2}\frac{\Delta_j^{(1)}}{\Delta^{(1)}}\frac{k_j^{(1)}}{\sqrt{\nu_j^{(1)}}}\right)+\left(\sum_{j=1}^{2}\frac{\Delta_j^{(2)}}{\Delta^{(2)}}\frac{k_j^{(2)}}{\sqrt{\nu_j^{(2)}}}\right). \qquad (20)$$

За допомогою виразів (19), (20) можуть бути знайдені значення навантажень p, що для відомих геометричних параметрів дископодібного включення, пружних властивостей трансверсально-ізотропних матеріалів півпросторів відповідає фіксованому розміру зони розшарування трансверсально-ізотропних півпросторів.

Перетворимо вирази, що входять до формул (19), (20), для більш зручного їх використання. Для цього скористаємось формулами (10)-(12). В результаті маємо

$$A^{Trans}=\sum_{j=1}^{2}\frac{\Delta_j}{\Delta}\frac{k_j}{\sqrt{\nu_j}}=\frac{\frac{a_2}{\sqrt{\nu_2}}\frac{m_1}{\sqrt{\nu_1}}-\frac{a_1}{\sqrt{\nu_1}}\frac{m_2}{\sqrt{\nu_2}}}{\Delta}=\frac{(-a_1m_2+a_2m_1)\frac{1}{\sqrt{\nu_1\nu_2}}}{\frac{a_1a_2}{\sqrt{\nu_2}}-\frac{a_1a_2}{\sqrt{\nu_1}}}=\frac{\frac{-m_2}{a_2}+\frac{m_1}{a_1}}{\sqrt{\nu_1}-\sqrt{\nu_2}}=$$

$$=\frac{1}{(\sqrt{\nu_1}-\sqrt{\nu_2})}\left[\frac{-m_2}{c_{44}(1+m_2)}+\frac{m_1}{c_{44}(1+m_1)}\right]=\frac{1}{c_{44}(\nu_1^{1/2}-\nu_2^{1/2})}\left[\frac{m_1-m_2}{(1+m_1)(1+m_2)}\right]=$$

$$=\frac{c_{11}}{c_{44}}\frac{(\nu_1^{1/2}+\nu_2^{1/2})(c_{13}+c_{44})}{(c_{11}\nu_1+c_{13})(c_{11}\nu_2+c_{13})}. \qquad (21)$$

При переході від трансверсально–ізотропного до ізотропного матеріалу отримуємо

$$c_{11} = \lambda + 2\mu;\ c_{13} = \lambda;\ c_{44} = \mu;\ \nu_1 = \nu_2 = 1;$$

$$A^{Iso} = \sum_{j=1}^{2} \frac{\Delta_j}{\Delta} \frac{k_j}{\sqrt{v_j}} = \frac{\lambda + 2\mu}{2\mu(\lambda + \mu)} = \frac{1-\nu}{\mu}.$$

Відзначимо, що в результаті подальших перетворень виразу (21) (з використанням теореми Вієта) згідно [5] маємо

$$A^{Trans} = \sum_{j=1}^{2} \frac{\Delta_j}{\Delta} \frac{k_j}{\sqrt{v_j}} = \frac{\sqrt{c_{11}}}{(c_{11}c_{33} - c_{13}^2)\sqrt{c_{44}}} \left[\sqrt{c_{11}c_{33} - c_{13}^2 - 2c_{44}c_{13} + 2c_{44}\sqrt{c_{11}c_{33}}} \right]. \qquad (22)$$

Знайдений вираз (22), на відміну від формули (21), дозволяє одразу знаходити шукане значення безпосередньою підстановкою у нього пружних сталих трансверсально-ізотропного матеріалу, не знаходячи попередньо корені квадратного рівняння (9).

Відзначимо, що у кутовій зоні жорсткого плоского включення (вздовж контуру $r = a$) має місце сингулярність напруженого стану, яка є характерною для задач контактній взаємодії плоских жорстких штампів з пружним півпростором, в той же час вздовж контуру зони розшарування двох півпросторів напруження не містять сингулярної складової (саме з цієї умови і визначаються розміри зони розшарування матеріалів).

Аналіз результатів числових досліджень.

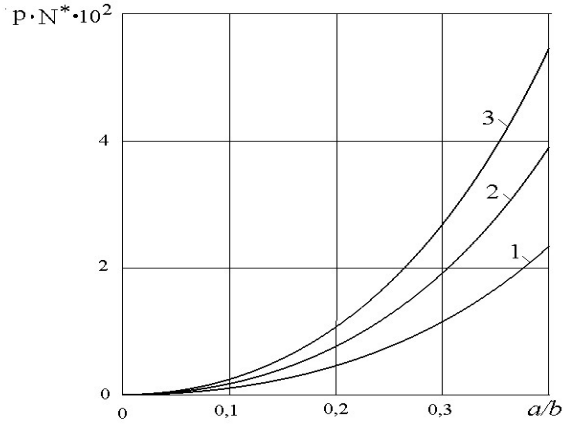


Рисунок 2 – Зв’язок діючих навантажень з розмірами зони розшарування

Figure 2 – Relationship between active loads and the dimensions of the delamination zone

На рис. 2 відображено зв’язок діючих навантажень з розмірами області розшарування (при фіксованому відношенні товщини включення до її радіусу Δ / a). При розрахунках значення Δ / a покладались рівними 0,15 (лінія 1), 0,25 (лінія 2) , 0,35 (лінія 3). Видно, що при збільшенні відносної товщини кругового включення для досягнення того ж розміру зони розшарування, що і для більш тонкого включення, необхідно прикласти більше навантаження.

Відзначимо, що отримані результати контактної взаємодії дають можливість знайти розв’язок задачі при контакті трансверсально-ізотропного пружного півпростору з ізотропним пружним півпростором (за наявності жорсткого дископодібного включення між ними). Тоді у формулах (20) вираз N^* потрібно замінити значенням $N^{TRANS.-ISO}$, де

$$N^{TRANS.-ISO} = \left(\sum_{j=1}^{2} \frac{\Delta_j^{(1)}}{\Delta^{(1)}} \frac{k_j^{(1)}}{\sqrt{v_j^{(1)}}} \right) + \frac{(1-\nu_2)}{\mu_2},$$

ν_2, μ_2 - коефіцієнт Пуассона та модуль зсуву ізотропного пружного півпростору.

Проведемо дослідження відношень Δ_2 / Δ_1 (відношення глибин проникнення жорсткого включення у пружні півпростори) для реальних трансверсально-ізотропних матеріалів. Використаємо

дані [8] стосовно пружних властивостей різних матеріалів. Номери, за якими трансверсально-ізотропні матеріали подані у таблиці, будемо використовувати для позначень параметрів контакту півпросторів з цих матеріалів.

Таблиця 1 – Пружні властивості трансверсально-ізотропних матеріалів

Table 1 – Elastic properties of transversally isotropic materials

T	Матеріал	c11, *ГПа*	c33, *ГПа*	c44, *ГПа*	c12, *ГПа*	c13, *ГПа*
1	Be	292.3	336.4	162.5	26.7	14.0
2	C (graphite)	1160.0	46.6	2.3	290.0	109.0
3	Cd	115.8	51.4	20.4	39.8	40.6
4	Co	307.0.	358.1	78.3	165.0	103.0
5	Hf	181.1	196.9	55.7	77.2	66.1

В результаті проведених досліджень отримуємо наступні відношення глибин проникнення жорсткого дископодібного включення у трансверсально-ізотропні матеріали:

$\Delta_2/\Delta_1 = 18.218$; $\Delta_3/\Delta_1 = 6.974$; $\Delta_4/\Delta_1 = 1.213$; $\Delta_5/\Delta_1 = 2.022$.

Тобто глибина проникнення жорсткого включення у матеріал 1 у 18.2 менша, ніж у матеріал 2 (при контакті півпросторів з цих матеріалів) , а також у 6.97 менша, ніж у матеріал 3 (при контакті півпросторів з матеріалів 1 і 3) і т.д. Наведені значення дозволяють легко знайти відносні глибини проникнення для будь-якої вибраної пари з наведених у таблиці матеріалів.

Висновок. У роботі проведено математичне та комп'ютерне моделювання контактної взаємодії двох трансверсально-ізотропних пружних півпросторів при стисканні (за наявності жорсткого плоского включення між ними), узагальнено результат Гладвелла на випадок трансверсально-ізотропних півпросторів з плоским включенням довільної форми між ними. Для дископодібного включення проведено числові розрахунки, досліджено вплив властивостей матеріалів, відносної товщини жорсткого включення та силових навантажень на розміри зони розшарування.

Перелік посилань

1. Borodich F.M. The JKR-type adhesive contact problems for transversely isotropic elastic solids / Borodich F.M., Galanov B.A., Keer L.M., Suarez-Alvarez M.M. // *Mechanics of Materials.* 2014. 75, P. 34-44.

2. Chai Y.S. Local tangential contact of elastically similar, transversely isotropic elastic bodies / Chai Y.S., Argatov I.I. // *Meccanica*. 2018. 53, № 11-12. P. 3137-3143.

3. Davtyan D.B. Action of an elliptic punch on a transversally isotropic half-space/ Davtyan D.B., Pozharskii D.A. // *Mechanics of Solids.* 2014. 49, № 5. P. 578-586.

4. Fabrikant V.I. Contact problem for an arbitrarily oriented transversely isotropic half-space / Fabrikant V.I. // *Acta Mechanica.* 2017. 228, № 4. P. 1541-1560.

5. Kirilyuk V.S. Stress state of a piezoceramic body with a plane crack opened by a rigid inclusion / Kirilyuk V.S. // *Int. Appl. Mech.* 2008. 44, № 7. P. 757–768.

6. Marmo F. Analytical formulas and design charts for transversely isotropic half-spaces subject to linearly distributed pressures / Marmo F., Toraldo F., Rosati L. // *Meccanica.* 2016. 51, № 11. P. 2909-2928.

7. Podil'chuk Yu.N. Exact analytic solutions of three-dimensional boundary-value problems of the statics of a transversely isotropic body of canonical form (Survey) / Podil'chuk Yu.N. // *International Applied Mechanics.* - 1997. - **33**, №10. P. 763–787.

8. Freund L.B. Thin Film Materials / Freund L. B., Suresh S..- Cambridge: Cambridge University Press, 2003.- 802 p.

9. Selvadurai A.P.S. A unilateral contact problem for a rigid disc inclusion embedded between two dissimilar elastic half-spaces / Selvadurai A.P.S. // *Q. J. Mech. Appl. Math.* 1994. № 3. P. 493-509.

10. Gladwell G.M.L. On contact problems for a medium with rigid flat inclusions of arbitrary shape / Gladwell G.M.L. // International Journal of Solids and Structures. 1995. 32, № 3-4. P.383 –389.

11. Elliott H.A. Three-dimensional stress distributions in hexagonal aeolotropic crystals / Elliott H.A., Mott N.F. // Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society. 1948. 44, № 4. P.522–533.

MATHEMATICAL AND COMPUTER MODELING OF THE CONTACT INTERACTION OF TRANSVERSALLY ISOTROPIC ELASTIC HALF-SPACES IN THE PRESENCE OF A RIGID FLAT INCLUSION BETWEEN THEM

Kirilyuk Vitaly S., doctor of physical and mathematical sciences, leading researcher, senior researcher, S.P. Timoshenko Institute of mechanics of NAS of Ukraine, 3 Nesterova str, mathematical modeling of processes in mechanics, phone +380995252031, kirilyuk_v@ukr.net, https://orcid.org/0000-0002-8513-0378
Levchuk Olga I., Ph.D., senior researcher, senior researcher, S.P. Timoshenko Institute of mechanics of NAS of Ukraine, 3 Nesterova str, mathematical modeling of processes in mechanics, phone +38044596 7715, 2013levchuk@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-6514-6225
Gavrilenko Valeriy V., doctor of physical and mathematical sciences, professor, head of department of information systems and technologies, faculty of transport and information technologies of National Transport University, Kyiv 01010, Omelyanovich-Pavlenko str. 1, mathematical modeling of processes in mechanics, phone +380503806406, v_gavr@ukr.net, https://orcid.org/0000-0001-9682-4204
Viter Mykhailo B., Ph.D., associated professor, professor of department of information systems and technologies, faculty of transport and information technologies of National Transport University, mathematical modeling of processes in mechanics, phone +380669413905, mbviter@gmail.com, https://orcid.org/0000-0003-4109-005X

Abstract. Mathematical and computer modeling of the contact interaction of two transversely isotropic elastic half-spaces with different properties in the presence of a rigid flat inclusion between them under compression is carried out. Based on the representation of the general solution of the system of equilibrium equations for a transversally isotropic body in terms of harmonic functions, a correspondence is established between the contact interaction parameters for two transversely isotropic and two elastic isotropic half-spaces (in the presence of a rigid planar inclusion of an arbitrary shape between them), which generalizes Gladwell's result to the case interactions of transversely isotropic half-spaces. By means of the mathematical and computer modeling, the contact interaction of transversely isotropic half-spaces with a disk-like inclusion is studied. The analysis of the numerical results is carried out, the influence of the elastic properties of the half-space, the geometric dimensions of the inclusion on the parameters of the contact interaction is studied.

Key words: mathematical and computer modeling, transversely isotropic material, elastic half-space, rigid planar inclusion, arbitrary shape, contact parameters

References

1. Borodich F.M. [et.al.]. (2014). The JKR-type adhesive contact problems for transversely isotropic elastic solids // Mechanics of Materials. 75. 34-44.
2. Chai Y.S. [et.al.]. (2018). Local tangential contact of elastically similar, transversely isotropic elastic bodies // Meccanica. – 53, 11-12. 3137-3143.
3. Davtyan D.B. [et.al.]. (2014).Action of an elliptic punch on a transversally isotropic half-space/ // Mechanics of Solids. 49. 5. 578-586.
4. Fabrikant V.I. (2017) Contact problem for an arbitrarily oriented transversely isotropic half-space // Acta Mechanca. 228. 4. 1541-1560.
5. Kirilyuk V.S. (2008) Stress state of a piezoceramic body with a plane crack opened by a rigid inclusion / // Int. Appl. Mech. 44. 7. 757–768.
6. Marmo F. [et.al.]. (2016). Analytical formulas and design charts for transversely isotropic half-spaces subject to linearly distributed pressures // Meccanica. 51. 11. P. 2909-2928.
7. Podil'chuk Yu.N. (1997) Exact analytic solutions of three-dimensional boundary-value problems of the statics of a transversely isotropic body of canonical form (Survey) // International Applied Mechanics. 33. 10. 763–787.
8. Freund L.B. (2003) Thin Film Materials. Cambridge: Cambridge University Press. 802.
9. Selvadurai A.P.S. (1994) A unilateral contact problem for a rigid disc inclusion embedded between two dissimilar elastic half-spaces // Q. J. Mech. Appl. Math. 3. 493-509.
10. Gladwell G.M.L. (1995) On contact problems for a medium with rigid flat inclusions of arbitrary shape / Gladwell G.M.L. // International Journal of Solids and Structures. 32. 3-4. 383 –389.
11. Elliott H.A. [et.al.]. (1948). Three-dimensional stress distributions in hexagonal aeolotropic crystals // Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society. 44. 4. 522–533.

УДК 656.078.1 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-271-279**
UDC 656.078.1

МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ СИСТЕМИ НОРМАТИВНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІННОВАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

METHODS OF FORMING THE REGULATORY SYSTEM FOR THE INNOVATIVE DEVELOPMENT OF TRANSPORT SYSTEMS



Красноштан Олександр Михайлович, *кандидат технічних наук, доцент кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, Київ, Україна, olexander.krasnoshtan@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0001-9866-9930

Анотація. В статті запропоновано підхід до удосконалення та розвитку системи нормативного регулювання інноваційного розвитку транспортної системи з використанням підходу комплексної оптимізації.

Об'єкт дослідження – процес розвитку системи нормативного регулювання, методи та підходи до підвищення його ефективності.

Мета роботи – визначення методів та оптимальних шляхів підвищення ефективності системи нормативного регулювання інноваційного розвитку транспортних систем. Синтез методів підвищення ефективності системи нормативного регулювання побудовано на підході комплексної оптимізації з метою отримання в результаті комплексно-оптимізованого рішення.

Метод дослідження – системний аналіз та комплексна структурно-параметрична оптімізація.

Розвиток транспортної системи України є актуальною задачею сьогодення. Такий розвиток повинен забезпечуватись на основі актуальних вимог до транспортної системи як з боку економіки держави, так і з боку суспільства.

Останні шокові події, які вплинули на функціонування транспортної системи: спочатку пандемія і пов'язані з нею карантинні обмеження, а згодом повномасштабне військове вторгнення країни-агресора сиформували ряд нових додаткових вимог до транспортної системи, які стали життєво важливими як для економіки, так і для життя країни вцілому. Так, надважливою властивістю транспортної системи стало швидке переналагодження та мпожливість стрибкоподібного зростання пропускної та перевізної спроможності на окремих напрямках та ділянках.

Одним зі шляхів забезпечення реалізації та задоволення цих вимог є інноваційний розвиток транспортної системи. Саме забезпечення розвитку системи на основі використання техніки та технологій, що перебувають на світовому порозі знань, дозволяє забезпечити сталість функіонування та розвитку системи. Таким чином, інноваційний шлях є безальтернативним шляхом розвитку транспортної сиситеми.

Ключові слова: нормативне регулювання, інноваційний розвиток, системномисліділяльнісний комплекс, комплексна оптимізація, транспортна система.

Постановка проблеми.

Розвиток транспортної системи України є актуальною задачею сьогодення. Такий розвиток повинен забезпечуватись на основі актуальних вимог до транспортної системи як з боку економіки держави, так і з боку суспільства.

Останні шокові події, які вплинули на функціонування транспортної системи: спочатку пандемія і пов'язані з нею карантинні обмеження, а згодом повномасштабне військове вторгнення країни-агресора сформували ряд нових додаткових вимог до транспортної системи, які стали життєво важливими як для економіки, так і для життя країни в цілому. Так, надважливою властивістю транспортної системи стало швидке переналагодження та мпожливість стрибкоподібного зростання пропускної та перевізної спроможності на окремих напрямках та ділянках.

Одним зі шляхів забезпечення реалізації та задоволення цих вимог є інноваційний розвиток транспортної системи. Саме забезпечення розвитку системи на основі використання техніки та технологій, що перебувають на світовому порозі знань, дозволяє забезпечити сталість функіцонування та розвитку системи. Таким чином, інноваційний шлях є безальтернативним шляхом розвитку транспортного комплексу.

Забезпечення інноваційного розвитку трнаспортної системи потребує не лише належного нормативно-правового регулювання, але й відповідного розвтику та адаптації цього регулювання у відповідності до змін інноваційного середовища з часом. На сьогодні діючий комплекс нормативно-правового резулювання не стимулює інноваційний розвиток транспортної системи, а часто й блокує певні інновації, що загалом гальмує процес розвитку. Саме на вирішення цих проблем і спрямована запропонована робота.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженням правовідносин у сфері нормативно-правового регулювання діяльності системи міського пасажирського транспорту займаються як вітчизняні, так і зарубіжні вчені, найпоширеніші публікації належать таким дослідникам, як: О.І. Амоша [1], В.В. Волік [2], О.О. Ляшенко [3], І.В. Булгакова [4], Е.Ф. Демський [5], В.М. Бесчастний, В.К. Гіжевський, В.А. Грабельніков, І.О. Башинська [6], А.В. Павлюк [7], Т.Г. Затонацька, О.В. Клепікова, Ю.М. Коссой, К.В. Гнедіна [8], С.А. Матійко, Д.В. Малишко [9], В.І. Тарабановський, Н.В. Доброва [10], М.Л. Шелухіна, М.М. Мороз [11] та ін. Однак жоден з авторів не висвітлює нормативно-правові засади регулювання системи міського пасажирського транспорту як певну перешкоду для реалізації можливості її інноваційного розвитку, прикладом якого може стати досвід зарубіжних країн.

Грунтовний аналіз нормативного регулювання екологічної безпеки автомобільного транспорту виконано в роботі [12].

Необхідність забезпечення розвитку системи нормативно-правового регулювання розвитку транспортної системи цілком підтримується Урядом України. Так, затверджена Урядом Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року [13], де серед пріоритетних завдань визначено необхідність комплексного вирішення питань нормативно-паравового забезпечення розвитку транспортного комплексу.

Разом із тим, на сьогодні питання розвитку повністю не досліджене. Так, не знайдено єдиної думки щодо подальшого нормативно-технічного забезпечення інноваційного розвитку транспортних систем, не винайдено зважених рішень, які б могли запропонувати вирішення системних проблем та протиріч, які наразі стоять на шляху до бурхливого та всеосяжного розвитку цих систем.

Основна частина.

Базою для формування процедури комплексної оптимізації для забезпечення найвищої ефективності системи нормативного забезпечення інноваційного розвитку транспортної системи пропонується нова концепція. Зазначена концепція має головною метою врегулювання діяльності для забезпечення оптимального значення показника «ефекти/витрати» функціонування транспортної системи. Запропоновано систему підпорядкованих цілей, до яких з-поміж відносяться наступні:

- нормативне регулювання функціонування і розвитку інноваційних транспортних систем на всіх етапах життєвого циклу;
- формалізація показників якості та рівня технізації;
- оптимізація співвідношення «ефект/витрати» з точки зору виробників, експлуатантів та споживачів;

В якості головних принципів визначено ринкові, механізми в сукупності з ефективними механізмами державного регулювання в сфері економіки і державного регулювання, прогресивна спрямованість на рівні найкращих світових стандартів та їх гармонізація, адаптивний підхід до такої гармонізації.

Виходячи із вищевикладеного, випливають наступні основоположні основи запропонованої концепції:

- оптимізація меж регулювання та строків;
- актуалізація існуючих нормативних документів до сучасного рівня науково-технічного прогресу з виходом на випереджаючий рівень;
- комплексна оптимізація структур та параметрів нормування з врахуванням меж самоорганізації та самонавчання;

- формування новітнього нормативного простору з врахуванням взаємодії з нормувальною базою суміжних галузей (промисловість, сільське господарство, будівництво, освіта тощо).

Таким чином визначається напрям подальшої діяльності із розвитку нормативного регулючання процесу інноваційного розвитку транспортних систем:

- впорядкування та уніфікація нормативної документації з метою ліквідації перешкод подальшому розвитку, розбіжностей і дублювання;

- створення бази документації в напряму стандартизації, підтвердженю відповідності та якісного і повноцінного метрологічного забезпечення;

- створення потужнього науково-технічного фундаменту для подальшого розвитку системи нормативної документації;

З метою забезпечення подальшої роботи в цьому напряму використана методологія системномиследіяльнісного комплексу.

З метою визначення атрибутів підсистеми нормативного регулювання інноваційного розвитку транспортної системи в загальній системі регулювання процесів науково-технічної діяльності, формування нової нормативної доктрини та створення параметричної моделі використано системномиследіяльнісний підхід. На базі цього підходу сформовано системномиследіяльнісний комплекс.

Специфічні властивості відрізняються тим, що пов'язані з встановленням, регулюванням та управлінням параметрами і характеристиками об'єктів, на які спрямовано їх дію. Це формує головну функцію системи. Наряду із цим, вона має й інші функції, що пов'язані із нормуванням умов виробництва і створення елементів транспортної системи, її експлуатацію, ремонт та модернізацію.

Системномиследіяльнісний комплекс є найбільш завгальною моделлю створення, існування і розвитку суб'єкта. Зазначена модель охоплює всі рівні об'єкта від світоглядного до найбільш загальною моделлю творення, існування та розвитку предмету, явища або їх сукупності.

Система нормативного регулювання та супроводження процесу інноваційного розвитку транспортної системи має своє відображення в когнітивному, знаковому та реальному просторах, що своєю чергою дає змогу побудувати ієрархію моделей ідеальних і реальних об'єктів. Шари (верхні) ідеальних об'єктів пов'язані з об'єктами інших систем (суміжних), шари (нижні) реальних об'єктів – з реалізацією цільових функцій в реальному просторі. Конструктивно структурну модель СМД – комплекса сисеми нормативного регулювання інноваційного розвитку транспортної системи можна зобразити у вигляді шарів, рис. 1. Шари сформульовані на основі груп функцій: основної, допоміжної та забезпечуючої. При цьому управіння здійснюється на основі процесів здобуття та обробки інформації у відповідності до законів мислення під час вирішення задач синтезу, спрямовуючи рух від абстрактного до конкретного.

Світосприйняття є найбільш абстрактним рівнем, відповідно віднесено до найвищої позиції ієрархії. Зазначений рівень закладає найбільш загальні принципи та доктрини діяльності сфери нормативного регулювання інноваційного розвитку транспортних систем. Наступна ступінь – ідеали системи, які містять описи ідеального стану системи. Третій рівень – методологічні теорії і основи, що забезпечують організованість системи, її функціонування, відтворення та цілісність. Найбільш конкретизованими є прикладні науки, що містять програми та проекти, на базі яких реалізується розробка технологій. Саме цей шар формує сукупність знань для трьох нижчих шарів ієрархії.

П'ятий і подальші шари мають своє проявлення у фізичному просторі. Алгоритми його роботи відкривається у шостому шарі. Сьомий, практичний шар, є процесом розробки, адаптації, імплементації та відтворення системи нормативного регулювання.

Система СМД-комплексу є поліантропною системою. Вона відтворює ієрархічну багатовимірну сутність та визначає функції та завдання кожного шару, зміст яких змінюється по мірі розвитку і науково-технічного прогресу. Водночас, загальна структура комплексу є базовою та незмінною (сталою), що створює загальну спрямованість системи. Ці факти дозволяють проводити аналіз кожного шару та визначити шляхи удосконалення змісту і методів системи нормативного регулювання інноваційного розвитку транспортних систем в сукупності із забезпеченням належної взаємодії та взаємозв'язку елементів в цілісній системі, а також розв'язати задачу синтезу систем і елеменів з використанням комплексної оптимізації. Світоглядне осмислення відповідно до першого шару ієрархії є обов'язковим до виконання елементом миследіяльнісного підходу. За його результатами визначають нормативну парадигму у найбільш загальних рисах.

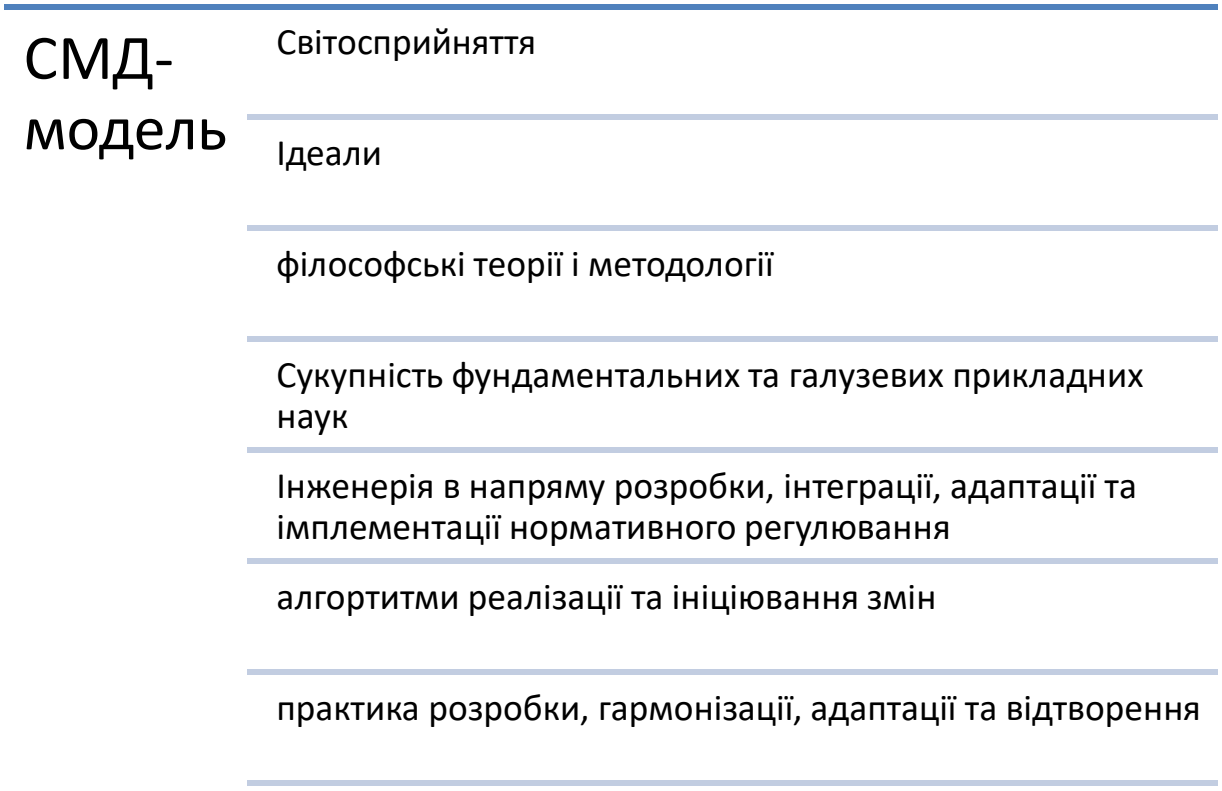


Рисунок 1 Ієрархічна стуркутра системомисліділяльнісного комплексу системи нормативного регулювання інноваційного розвитку транспортних систем

Figure 1 Hierarchical structure of the system-cognitive complex of regulatory regulation of the innovative development of transport systems

Принцип науковості передбачає вивчення основ науки та обгрунтування процесів нормативного регулювання. Для цього створені нові основи загальної теорії технічного регулювання [13]. Принцип прагматичності має свою інтрепретацію у підпорядкуванні системи нормативного розвитку транспортної системи потребам ринку транспортних послуг, держави, економіки та суспільства. Інституції цієї системи відносяться до забезпечуючих утворень системи транспортного виробництва.

Водночас, в цій сфері мають місце й інші процеси, спричинені другим рівнем ієрархії системномисліділяльнісного комплексу. Так, до голових ідеалів сучасної системи нормативного регулювання є:

- прогресивність;
- системність, комплексність та всеосяжність;
- оптимальність за всіма показниками;
- динамічність.

Головною ідеєю нормативної бази поточного часу є інтегрованість до світових процесів технічного регулювання. Це стане запорукою глобалізації. При цьому важливо забезпечити максимальне врахування інтересів причетних сторін.

Система нормативного регулювання на поточному етапі має бути повністю інтегрованою до світових процесів технічного регулювання – це спрятиме розвиткові глобалізації. В той же час, вона має соціальну функцію, реалізація якої полягає в орієнтації на потреби всіх зацікавлених сторін. Водночас, вона має володіти довершеним механізмом оптимального розв'язання протиріч в інтересах зацікавлених суб'єктів. Це завдання вирішується сучасними методами організації та управління складними системами та керуючим впливом надсистемних утворень.

Зазначені вище тези створюють необхідність побудови ієрархічної моделі нормативного

регулювання інноваційного розвитку транспортних систем. А спрямування на потреби людини, економіки та інтересів держави (надійність, безпека, ефективність та продуктивність тощо) з врахуванням існуючого рівня науково-технічного прогресу вимагають створення адаптивної структури, що має здатність до самоорганізації. На жаль, такі структури до цього часу не створені. Їх створення вимагає зміни змісту діяльності, підходів до організації та управління діяльністю з регулювання, соціально-професійних відносин (суб'єктно-об'єктні відносини)

Пріоритетне значення набуває діалог партнерів у творчості, що полягає у прозорому процесі створення політики та процедур регулювання, свободі вибору їх видів та застосувань. При цьому необхідно забезпечити механізм відповідальності перед собою та суспільством з врахуванням наявної невизначеності шляхів розвитку. Це також вимагає створення адаптивної системи, здатної до самонавчання та самоорганізації.

В шарі філософських и методологічних теорій базою є нормативна доктрина. Ця доктрина повинна бути сумісною зі всіма ідеями, що затверджуються в ідеологоічному шарі та забезпечують цілісність всього комплексу.

Діючі в галузі законодавчі норми виставляють певні характеристики, яким повинна відповідати система нормативного регулювання інноваційного розвитку транспортних систем:

- забезпечення виконання екологічних нормативів;
- безпека та надійність;
- достатня номенклатура сил і засобів;
- орієнтованість на випереджаючий розвиток науково-технічного прогресу та вимог міжнародного економічного рівня;
- уніфікація;
- адаптація та інтеграція;
- інформатизація;
- глобалізація;
- поліантропність функцій.

Зазначені характеристики дають змогу синтезувати ознаки необхідної нормативної доктрини. Таблиця 1 містить прблизний перелік існуючої та цільової (необхідної) доктрин.

Таблиця 1 – Основні ознаки галузевих нормативних доктрин
Table 1 – Main characteristics of the field of normative doctrines

№	Ознака	Існуюча доктрика	Цільова доктрина
1	Система визначення цілей	Система галузевих нормативних документів	Суспільство, держава, економіка
2	Сутність мети діяльності	Забезпечення відповідності галузевим потребам	Забезпечення відповідності потребам суспільства, держави, економіки
3	Шляхи досягнення цілей	Імплементація певної кількості систем нормативного регулювання	Засвоєння метода та комплексна оптимізація структур і характеристик системи нормативного регулювання
4	Метод вибору мети	Вибір параметрів системи нормативного регулювання	Формування нової комплексно оптимізованої структури системи нормативного регулювання
5	Інструментарій	Система нормативного регулювання	Адаптивний механізм комплексно оптимізованого розвитку системи нормативного регулювання
6	Задіяні об'єкти	Множина нормативної документації, організаційні структури	Система гармонізованих норамтивних документів, види діяльності за етапами життєвого циклу, організаційні структури
7	Зв'язки із суміжними галузями	Вузькі, статичні	Розширені, динамічні

Обгрунтування запропонованої доктрини виходить з наступних її характеристик:

– внутрішньої і зовнішньої системної відповідності потребам розвитку суспільства, промисловості, держави, науково-технічному прогресу, суміжним доктринам;

– балансу із сучасними світовими тенденціями;

– історичної і культурної цілісності;

– потенційної можливості розвитку із самообмеженнями на процес розвитку.

Поточна доктрина вимагає зміни своїх основ.

Доктрина нормативного регулювання інноваційного розвитку транспортної системи – це ідея створення надійної, високоефективної, безпечної транспортної системи, що відповідає поточному рівню науково-технічного прогресу з випередженням.

Наведені ознаки дають можливість встановити, що система норамтивного регулювання інноваційного розвитку транспортних систем за структурою подібна до систем в інших галузях. Прикладна наука має ціль відслідковування інновації, що виникають в третьому шарі, генерувати ідеї, конкретизувати і трансформувати їх до вигляду, придатного до подальшого впровадження. Станом на сьогодні цей шар потребує розвитку. П'ятий шар – нормативна інженерія – складають організації та повноважні органи (особи) для організації та управління процесом розробки нормативної документації. Ці об'єкти реалізують цільову, забезпечуючу і управлінську функції системи. Вони за відповідними технологіями (алгоритмами, процедурами – шостий шар) здійснюють нормувальну практику (сьомий шар).

В принципі, заінтересовані сторони теоретично мають можливості впливати на процес функціонування системи нормативного регулювання, однак на сьогодні відсутні чіткі і виважені механізми реалізації цієї можливості. До того ж, фактично відсутній механізм збору поточної ситуації на ринку. Більш того, сама по собі структура занадто складна і комплексна, що часто утруднює прийняття рішень та імплементацію відповідних змін. Це вимагає проведення оптимізації кількісного та якісного складу структурних елементів (інституцій), які дозволять максимізувати ефективність діяльності на всіх рівнях. При цьому повна комплексна оптимізація повинна стосуватись всіх без виключення ієрархічних рівнів системномиследіяльнісного комплексу, адже визначення об'єктів оптимізації – одне з призначень цього помплексу.

Функціонування кожного шару визначається системоутворюючими факторами. Для сьомого шару (виробничі процеси, відтворення і функціонування системи) системоутворюючими факторами є:

- органи управління,
- галузеві фахівці-професіонали, наукові кадри,
- суб'єкти господарювання в галузі та споживачі послуг (для них може бути створений спеціальний технічний комітет),

Зміни в галузевій системі нормативного регулювання відбуваються під впливом різноманітних факторів:

- самоорганизація глобального та національних ринків;
- науково-технічного прогресу,
- цільових управлінських дій органів управління

Механізми дії цих факторів докорінно різні. Реалізація процесів самоорганізації забезпечується макроекономічними методами, нормативним і правовим полем, регулюванням станів суб'єктів транспортного ринку. Органи управління в ринкових умовах можуть в межах своєї компетенції виконувати весь комплекс випереджаючих дій, наслідком яких будуть необхідні зміни в сфері нормативного регулювання інноваційного розвитку транспортних систем.

Виходячи з цього, маємо можливість встановити, що основними елементами, що підлягають оптимізації, є:

- уповноважені органи та їх інституціональна структурованість;
- наукові кадри, фахівці в сфері стандартизації;
- функціональні співвідношення між суб'єктами діяльності;
- зміст нормативних актів;
- форми і методи їх запровадження і застосування.

Система нормативного регулювання має зв'язок з майбутнім та повинна бути на нього зорієнтована. Синтез нормативного регулювання підлягає адаптації, самоорганізації, самонавчанню та

інформатизації. Головними шляхами удосконалення системи є наступні:

- інституціональний – для формування оптимальної структури системи та коректної її інтеграції до глобальних процесів регулювання та наукового прогресу;
- організаційний – для утворення належнго складу спеціалістів галузі;
- змістовний – для синтезу оптимального змісту нормативної документації;
- методичний – для вибору і адаптації форм і методів запровадження та використання нормативної документації.
- матеріально-технічний – для розвитку відповідної бази галузевої системи.

Висновок

Застосування системомиследіяльнісного підходу та СМД-комплексу може становити основу для створення системи нормативного регулювання інноваційного розвитку транспортної системи на всіх ієрархічних рівнях. Окрім іншого, це дозволяє визанчити напрями комплексного розвитку системи нормативного регулювання та перейти до розв'язання задач комплексної структурної і параметричної оптамізації.

Перелік посилань

1. Амоша О.І., Філіппова О.С. Європейський досвід забезпечення ефективного функціонування підприємств міського пасажирського транспорту. *Економіка будівництва і міського господарства*. 2010. Т. 6. No 4. С. 179–189.
2. Волік В.В. Правове регулювання перевезень міським транспортом на галузевому рівні. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Економічні науки*. 2013. No 4. Т. 1. С. 67–69.
3. Ляшенко О.О. Нормативно-правове регулювання в механізмі державного управління транспортною інфраструктурою. *Теоретичні та прикладні питання державотворення*. 2013. Вип. 12.
4. Булгакова І.В., Клепікова О.В. Транспортне право України: підручник. К.: Прецедент, 2011. 344 с.
5. Транспортне право України: навч. посіб. / Е.Ф. Демський, В.К. Гіжевський, С.Е. Демський, А.В.Мілашевич; за заг. ред. В.К. Гіжевського, Е.Ф. Демського. К.: Юрінком Інтер, 2002. 416 с.
6. Bashynska I. Smart-innovations in the urban passenger transport in the context of smart-city concept. *Економіка. Фінанси. Право*. 2017. No 11/2. С. 4–6.
7. Павлюк А.В. Напрями вдосконалення державного регулювання транспортної системи в регіоні. *Теорія та практика державного управління*. 2013. No 2. С. 212–219.
8. Гнедіна К.В. Вдосконалення управління муніципальною транспортною системою в контексті сталого розвитку. *Економічний простір*. 2015. No 93. С. 81–92.
9. Малишко Д.В. Адміністративно-правове регулювання відносин у сфері муніципального транспорту в Україні як проблема досліджень вітчизняних та зарубіжних вчених-правників. *Прикарпатський юридичний вісник*. 2016. No 6(15). С. 35–41.
10. Напрями удосконалення діяльності міського електротранспорту / Н.В. Доброва, М.М. Осипова, М.С. Нечепуренко. *Причорноморські економічні студії*. 2017. No 14. С. 58–64.
11. Мороз М.М. Шляхи вдосконалення пасажирських перевезень транспортом загального користування. *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. 2015. Вип. 28. С. 57–63.
12. Букреева О.С. Усовершенствование методов формирования системы нормативных документов по экологической безопасности автомобильной техники: дис. кандидата техн. наук : 05.01.02 / Букреева Ольга Сергеевна. – Х., 2016, – 221 с.
13. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. №430-р «Про схвалення Національної транспортної стратегії України на період до 2030 року». – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text

METHODS OF FORMING THE REGULATORY SYSTEM FOR THE INNOVATIVE DEVELOPMENT OF TRANSPORT SYSTEMS

Krasnoshtan Olexander M., Candidate of Science (Engineering), National transport university, Kyiv, Ukraine, olexander.krasnoshtan@gmail.com, orcid.org/0000-0001-9866-9930

Abstract.The article proposes an approach to the improvement and development of the system of regulatory regulation of the innovative development of the transport system using the approach of complex optimization.

The object of research is the process of development of the system of normative regulation, methods and approaches to increase its efficiency.

The purpose of the work is to determine the methods and optimal ways of increasing the efficiency of the system of regulatory regulation of the innovative development of transport systems. The synthesis of methods for increasing the efficiency of the regulatory system is based on the approach of complex optimization with the aim of obtaining a complex-optimized solution as a result.

The research method is system analysis and complex structural-parametric optimization.

The development of the transport system of Ukraine is an urgent task today. Such development should be ensured on the basis of current requirements for the transport system both from the side of the state economy and from the side of society.

The latest shock events that affected the functioning of the transport system: first, the pandemic and the related quarantine restrictions, and then the full-scale military invasion of the aggressor country, formed a number of new additional requirements for the transport system, which became vital for both the economy and life of the country as a whole. Thus, rapid readjustment and the possibility of a leap-like increase in throughput and transport capacity on certain directions and sections have become an extremely important property of the transport system.

One of the ways to ensure the implementation and satisfaction of these requirements is the innovative development of the transport system. It is ensuring the development of the system based on the use of equipment and technologies that are at the world's threshold of knowledge that allows to ensure the stability of the functioning and development of the system. Thus, the innovative way is the only way to develop the transport system.

Keywords: regulation, innovative development, systematic cognitive complex, complex optimization, transport system.

References

1. Amosha O.I., Filippova O.S. Yevropeiskyi dosvid zabezpechennia efektyvnoho funktsionuvannia pidpryiemstv miskoho pasazhyrskoho transportu. Ekonomika budivnytstva i miskoho hospodarstva. 2010. T. 6. No 4. S. 179–189. [in Ukrainian].

2. Volik V.V. Pravove rehuliuvannia perevezen miskym transportom na haluzevomu rivni. Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnoho universytetu. Ekonomichni nauky. 2013. No 4. T. 1. S. 67–69. [in Ukrainian].

3. Liashenko O.O. Normatyvno-pravove rehuliuvannia v mekhanizmi derzhavnoho upravlinnia transportnoiu infrastrukturoiu. Teoretychni ta prykladni pytannia derzhavotvorennia. 2013. Vyp. 12. [in Ukrainian].

4. Bulhakova I.V., Klepikova O.V. Transportne pravo Ukrainy: pidruchnyk. K.: Pretsedent, 2011. 344 s. [in Ukrainian].

5. Transportne pravo Ukrainy: navch. posib. / E.F. Demskyi, V.K. Hizhevskyi, S.E. Demskyi, A.V.Milashevych; za zah. red. V.K. Hizhevskoho, E.F. Demskoho. K.: Yurinkom Inter, 2002. 416 s. [in Ukrainian].

6. Bashynska I. Smart-innovations in the urban passenger transport in the context of smart-city concept. Ekonomika. Finansy. Pravo. 2017. No 11/2. S. 4–6. [in English].

7. Pavliuk A.V. Napriamy vdoskonalennia derzhavnoho rehuliuvannia transportnoi systemy v rehioni. Teoriia ta praktyka derzhavnoho upravlinnia. 2013. No 2. S. 212–219. [in Ukrainian].

8. Hnedina K.V. Vdoskonalennia upravlinnia munitsypalnoiu transportnoiu systemoiu v konteksti staloho rozvytku. Ekonomichnyi prostir. 2015. No 93. S. 81–92. [in Ukrainian].

9. Malyshko D.V. Administratyvno-pravove rehuliuvannia vidnosyn u sferi munitsypalnoho transportu v Ukraini yak problema doslidzhen vitchyznianykh ta zarubizhnykh vchenykh-pravnykiv. Prykarpatskyi yurydychnyi visnyk. 2016. No 6(15). S. 35–41. [in Ukrainian].

10. Napriamy udoskonalennia diialnosti miskoho elektrotransportu / N.V. Dobrova, M.M. Osypova, M.S. Nechepurenko. Prychornomorski ekonomichni studii. 2017. No 14. S. 58–64. [in Ukrainian].

11. Moroz M.M. Shliakhy vdoskonalennia pasazhyrskykh perevezen transportom zahalnoho korystuvannia. Zbirnyk naukovykh prats Kirovohradskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatyzatsiia. 2015. Vyp. 28. S. 57–63. [in Ukrainian].

12. Bukreeva O.S. Usovershenstvovanye metodov formyrovanyia systemы normatyvnыkh dokumentov po эkolohycheskoi bezopasnosty avtomobylnoi tekhnyky: dys. kandydata tekhn. nauk : 05.01.02 / Bukreeva Olha Serheevna. – Kh., 2016, – 221 s. [in Ukrainian].

13. Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 30 travnia 2018 p. №430-r «Pro skhvalennia Natsionalnoi transportnoi stratehii Ukrainy na period do 2030 roku». – [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text. [in Ukrainian].

УДК 539.3 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-280-286**
UDC 539.3

МУЛЬТИМОДАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ МІСЬКОГО ДОРОЖНЬОГО ТРАФІКУ ДЛЯ ПЕРСОНАЛОЄМКИХ МАСШТАБНИХ ПОДІЙ ВІЙСЬКОВОГО ЧАСУ

MULTIMODAL SIMULATION OF URBAN OPTIMIZATION ROAD TRAFFIC FOR PERSONNEL-INTENSIVE LARGE-SCALE EVENTS WAR TIME



Кузьмінець Микола Петрович, *доктор технічних наук, професор, завідувач кафедрою комп'ютерної, інженерної графіки та дизайну, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: kuzminecmp@ukr.net, тел. +380983600812, Україна, 01103, м. Київ, вул. М. Бойчука, 40 А.*

https://orcid.org/0000-0002-9636-919X



Дубовенко Юрій Іванович, *кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерної, інженерної графіки та дизайну, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: yuriiguy@gmail.com, тел. +380665979384, Україна, 01103, м. Київ, вул. М. Бойчука, 40 А.*

https://orcid.org/0000-0002-8128-5989

Анотація. В нинішніх умовах важливим питанням є моделювання оптимізації міського дорожнього трафіку для персоналоємких масштабних подій військового часу. Геоінформаційні технології, які поєднують *візуалізацію* та інтелектуальний аналіз просторово розподілених даних, все ширше застосовуються при плануванні, реконструкції і *моніторингу* стану дорожнього господарства.

Зважаючи на зазначені вище передумови, ми вважаємо за доцільне дослідити на основі світового досвіду кращі альтернативи для оптимізації способів управління інтенсивністю дорожнього руху на замкнутій компактній території із заздалегідь визначеними маршрутами основного трафіку в місті. При цьому, беручи до уваги *циклічність* руху транспортних засобів у звичайних умовах та можливість його регулювання за допомогою автоматизованої *диспетчеризації* мережі світлофорів (“зеленої хвилі”), ми звузимо задачу. Тому будемо аналізувати лише аномально високі прояви трафіку, які виникають, як правило, лише під час виникнення *екстремальних* для міської інфраструктури подій за участі великих мас людей. До таких мегаподій належать проведення релігійних, культурних та спортивних заходів глобального рівня, громадські заворушення та деякі інші заходи, які різко порушують усталену практику користування загальнодоступною дорожньою мережею. Відзначимо, що нерідко подібні заходи призводять до штучного обмеження *пропускної спроможності* цієї мережі з тих чи інших мотивів, яке слід враховувати в подальшому аналізі можливих *сценаріїв*. Відтак, метою роботи є визначення базових чинників для *оптимізації* руху транспорту з метою розподілу великих мас людей по заданих *локаціях* та розробка відповідного алгоритму для енерго- і часоощадного керування трафіком.

Ключові слова. Проектування пасажиропотоків, управління трафіком, транспортне планування, транспортний попит, сценарії дорожнього руху, пропускна спроможність маршрутів, колективна вигода

Постановка проблеми

Геоінформаційні технології, які поєднують *візуалізацію* та інтелектуальний аналіз просторово розподілених даних, все ширше застосовуються при плануванні, реконструкції і *моніторингу* стану дорожнього господарства. Але останні дослідження НТУ із застосуванням цих технологій зосереджені

здебільшого на засобах створення цифрових моделей рельєфу [1], моніторингу *деформацій* [2], особливостях цифрового *картування* [3-6]. Але ці технології рідко використовують для планування та управління майбутнім *трафіком* на збудованій дорожній інфраструктурі, а його інтенсивність прямо впливає на довговічність та якість експлуатації дорожньої мережі. Одним із нечисленних винятків у цьому плані є дослідження [7] про *колективну вигоду* від керування дорожнім рухом під час мегаподій. А тим часом, лишається поза увагою можливість оптимізації *техногенного* навантаження за допомогою геоінформаційних технологій і баз відкритих даних, і, зокрема, інтенсивності дорожнього трафіку в умовах квазістаціонарного руху на обмеженій території мегаполіса чи міської агломерації. А в процесі відновлення дорожнього господарства після нашої перемоги у російсько-українській війні, що триває, є виклик оптимального використання обмежених матеріальних ресурсів для відновлення дорожньої мережі і досягнення максимальних показників її тривалої експлуатації.

Виклад основного матеріалу

Інтелектуальне управління трафіком завдяки з відображенням руху в реальному часі на навігаційних сервісах відоме вже давно [8], і має як незаперечні переваги, так і відомі недоліки. Однією із вад є те, що реагування на порушення *стаціонарності* руху відбувається постфактум, що не дозволяє завчасно оптимізувати рух та запобігти його збоям. Іншою вадою є те, що інформаційні технології можуть інформувати учасників руху про альтернативи найкоротших шляхів до місць призначення, але не мають стимулів для управління інформацією заради отримання *колективної вигоди*.

Щоб оцінити колективну вигоду, потрібні оцінки трафіку з електронних маршрутних сервісів типу Google Maps і алгоритм зниження числа транспортних засобів з маршрутів. Зменшення кількості транспортних засобів вимагає складної персональної тактики – вибір певними водіями *альтернативних маршрутів*, зсув часу відправлення, зміна видів транспорту. Під час *мегаподій* транспортні незручності у великих містах є аномальними і тимчасовими; це створює передумови для готовності учасників руху до виконання колективних порад для суспільного блага в межах міста, отриманих із аналізу великих даних.

У роботі [7] вивчено вплив збільшення трафіку на стійкість транспортних мереж міста Ріо-де-Жанейро у контексті Олімпійських ігор 2016 року. Автори інтегрували на карті міста потоки транспорту, дані локації дзвінків із мобільних телефонів (замовлення транспортних послуг), дані локацій про початок руху (з сервісу бронювання готелів Airbnb) і транзиту у пункти призначення (з розкладу спортивних подій, локацій спортивних об'єктів та очікувану аудиторію на матчах – за кількістю проданих квитків). Вони оцінили вплив події на поїздки пасажирів за різними сценаріями вибору маршруту в ранкові і вечірні години пік. Алгоритм простий: зібрати дані про поїздки, які найбільше впливають на основні затори і переорієнтувати ці поїздки із автотранспорту на *транзит*. Можна заощадити колективний час в дорозі (порівняно з рухом звичним маршрутом, стратегія звички) за рахунок 2 стратегій: *егоїзму* (власний вибір коротшого шляху альтернативним маршрутом під час заходу); *зміни виду транспорту* (частина людей з перевантажених районів пересідає з автомобіля на *громадський* транспорт).

Технічні інновації, соціально-демографічні зрушення і політики впливають на кількість часу на щоденне пересування на роботу, а відтак і на економіку міст, використання енергії, забруднення повітря, зростання міст. А масштабні заходи збільшують навантаження на інфраструктуру і несуть загрозу успіх заходу, якщо планування неякісне. Транспортне планування оптимізує поїздки на авто, переводить людей на соціально ефективні види транспорту (ходьба, велосипедний, громадський транспорт), оптимізує управління дорожніми мережами (швидкісні автобуси і суспільні веломережі, плата за затори, зміна типу транспорту тощо).

Міський транспорт не пристосований до спільного користування: вулиці є спільним ресурсом, де їх користувачі діють незалежно, за власним інтересом, проти *спільного блага* всіх користувачів, виснажуючи цей ресурс колективними діями. Та містяни схильні до колективної вигоди під час глобальних заходів з великими масами людей. Дорожній трафік під час заходів забезпечує безперешкодне пересування учасників попри перешкоди для місцевого населення.

Щоб оцінити вплив на життя збільшеного трафіку на міста, слід оцінити зрослий попит на транспортні послуги під час масштабних заходів і запропонувати управління попитом для пом'якшення заторів на дорогах. Це актуально для Києва, який є одним з перевантажених міст світу відповідно до звіту TomTom про глобальні затори на дорогах [9], як наслідок дисбалан-су попиту на транспорт та

пропозиції дорожньої мережі. А для Києва можливості зменшення заторів шляхом будівництва більшої кількості доріг та транзитної інфраструктури вичерпані.

За даними TomTom, у 2021 році пасажири в Києві витрачали 94% додаткового часу в години пік. Аномальні події (у т.ч. евакуація внаслідок бойових дій) посилюють затримку в поїздках місцевого населення, адже зростає попит і скорочується пропозиція.

Можна оцінити вплив таких аномалій трафіку шляхом оцінки попиту на поїздки людей і транспортних засобів серед місцевого населення, використовуючи дані локації дзвінків мобільних телефонів (CDR) від місцевих операторів мобільного зв'язку. Час у дорозі пасажирів оцінено в ранкові і вечірні години пік і порівняно з картами Google у цей час. Під час аномалій трафіку можна прогнозувати потоки туристів, використовуючи дані про розклад мегазаходу, локації атракцій і готелів (через дані бронювання в Airbnb), відняти попит на таксі туристів із загального попиту в кожну годину. Попит на таксі і місцевий транспорт можна розділити на дорожню мережу за 3 сценаріями маршрутів: звичка, егоїзм, альтруїзм. Далі слід оцінити час у дорозі для туристів і приріст часу у дорозі для місцевих пасажирів за цими сценаріями в години пік. Зменшити затори протягом короткого часу можна за рахунок керованої зміни *виду транспорту* – пересісти з автомобіля на метро і автобуси. Для цього слід визначити *пари* відправлення-призначення, які вносять найбільший внесок у час у дорозі і вигоду від вилучення одного транспортного засобу з цієї пари. Оцінити ефективність стратегії управління попитом можна у порівнянні з еталонною програмою, яка зменшує ту ж кількість транспорту, розподілену *випадково*.

Попит на поїздки: середньогодинний попит на поїздки дає CDR з мобільних телефонів (час і локація кожного телефонного дзвінка / SMS). У системі оцінки попиту на подорожі місця перебування кожного користувача розпізнаються як дім, робота, інше, тому можна розбити поїздки кожної особи на 3 випадки: дім-робота, дім-інше та дім-додому. Об'єднання поїздок, отриманих на основі даних CDR та перепису населення, генерує матрицю пунктів відправлення і призначення (ПВП) з різними цілями поїздок у ранкові й вечірні години пік у робочі дні. Дані включають локацію користувача, позначку часу, рівень і тривалість заторів, середню швидкість і довжину затору. Довжина черги на дорозі пов'язана з попитом на транспорт у цей час (за даними мобільних телефонів). Можна розширити 24-годинний попит, оцінений за допомогою CDR, на 5 робочих днів згідно різної середньої довжини черги в різні робочі дні.

Попит на перевезення: Для побудови матриці ПВП вводимо нові пункти відправлення і призначення і потоки між ними (потік від місць проживання глядачів до місць видовищ), розташування атракцій, об'єктів нерухомості і готелів, громадського транспорту (локація атракцій поблизу зупинок громадського транспорту робить його зручним вибором). Попит на поїздки людей дорівнює сумі місцевого попиту до початку події та під час неї (кількості людей, які їдуть до локації зі свого місця проживання в той час). Кількість глядачів, які прибувають на кожний об'єкт, оцінюється погодинно на основі розкладу подій і місткості об'єктів. Модель трафіку глядачів з готелів до місць видовищ така: 30% глядачів виїжджають за 1 годину до початку; 40% глядачів – за 2 години до початку; решта – за 3 години до початку; частина глядачів є місцевими, вважаємо їх туристами. Щоб оцінити проходження всіх глядачів за годину, розподіляємо їх по готелях (об'єктах Airbnb) відповідно до їх місткості.

Додатковий попит на транспорт оцінимо через *спосіб пересування* туристів щогодини, ділячи їх між громадським транспортом і таксі на 4 категорії: пішки + метро/пасажирський транспорт; велосипед + метро/пасажирський транспорт; таксі; автобус – залежно від відстані до станцій громадського транспорту, часу у дорозі, кількості пересадок на інший транспорт. Громадський транспорт стає привабливим, якщо початкові і/або кінцеві точки руху – поруч з його зупинками. Попит на транспорт = місцевий попит на транспорт + таксі для туристів. Фіксуємо час ранкового і вечірнього піку та відсоток населення, яке подорожує у години пік.

Час в дорозі: Маршрути і час у дорозі оцінюють шляхом розподілу місцевого попиту на дорожню мережу в моделі рівноваги користувача (жоден водій не може сам скоротити час у дорозі, змінивши маршрут). Час у дорозі на ланках залежить від відношення обсягу і пропускної спроможності: $t_e(v_e) = f_s\left[1 + \alpha(v_e/C_e)^\beta\right] \cdot t_e^f$, де $t_e(v_e)$ – середній час у дорозі на ланці e; t^f_e – час у дорозі вільного потоку на цій ланці; f_s – масштабний коефіцієнт, ≥1. Коефіцієнти калібровані з даних камер спостереження, $f_s = 1.15$, $\alpha = 0.18$, $\beta = 5$. Час у дорозі для найбільших пар приміських маршрутів має відповідати карті Google за ту ж годину.

Мегаподія порушує маршрути пасажирів, хто користується звичайними маршрутами, перевантаженими через поїздки на ігри та зменшену пропускну спроможність (деякі смуги будуть виділені для учасників, а туристи і місцеві не можуть користуватися ними), її слід врахувати в розрахунках. Дослідження 3 різних варіантів поведінки: *звичка*: всі пасажири ідуть звичними маршрутами, навіть якщо вони перевантажені; *егоїзм*: пасажири обізнані і кожен обирає маршрут з найкоротшим часом у дорозі; *альтруїзм*: пасажири обирають маршрути, що відповідають кращому сценарію загального часу в дорозі (маршрут кожного пасажира вимагає системної оптимізації). За цими 3 сценаріями стан дорожнього руху на дорогах є різним.

Щоб оцінити вплив різних стратегій маршрутизації, визначаємо час у дорозі для туристів і місцевих жителів за 3 ідеальними сценаріями протягом ранкової та вечірньої години пік. Сценарій звички гірший, ніж егоїзм і альтруїзм (місцеві не поступаються дорогою туристам, страждаючи від більших заторів і маючи коротший шлях). Сценарії егоїзму і альтруїзму дозволяють обирати маршрут з урахуванням власної вигоди чи вигоди інших. Щоб оцінити вплив мегаподії на місцевих пасажирів, рахуємо середній відсоток росту часу в дорозі пасажирів для пари транспортних засобів: $I = \sum(t_1 - t_2) \cdot f_c / \sum t_2 \cdot f_c \cdot 100\%$, де; f_c – кількість пасажирів; t_1, t_2 – час у дорозі на маршруті до та під час події.

І може бути від'ємним (егоїзм і альтруїзм дозволяє деяким пасажирам знайти коротший шлях, ніж раніше). Альтруїстичний сценарій вигідний більшості пасажирів: частина людей жертвує довшим часом подорожі через об'їзд менш популярних маршрутів, економія часу на поїздку є більшою.

На практиці частина людей змінює маршрут у бік скорочення часу в дорозі, інша частина зберігає звичні маршрути. Для оцінки проміжного стану вводимо параметр егоїзму $\Lambda = 0 \div 1$ – частку егоїстичних мандрівників (0 – звички, 1 – егоїзм). Пасажири в кожній парі транспорту прагнуть найкоротшого часу в дорозі з відсотком Λ, їх маршрути повинні бути перепризначені, інші слідують звичними маршрутами.

Звичний потік $v_e^h - (1 - \Lambda)$, де v^h – об'єм ланки за звичного сценарію; егоїстичний потік v_e^s – егоїстичний попит: $V(\mathrm{C}_e) = (v_e^h(1 - \Lambda) + v_e^s)/C_e$.

Для кожної поїздки загальний час у дорозі має 2 частини: $(1–\Lambda) – f$-t^h і $\Lambda – f – t^s$, де t^h – час у дорозі за сценарієм звички, t^s – найкоротший час у дорозі за егоїстичним параметром Λ.

Приріст спадає з ростом Λ: вплив події спадає, якщо більше пасажирів шукають кращий маршрут.

Транспортне планування для зменшення кількості транспорту не залежить від місця відправлення і призначення пасажирів, зменшує число авто на 10% ради переваг часу в дорозі на 2%. За затримкою поїздок пасажирів за егоїстичним сценарієм можна вивчити просторовий вплив мегаподії на пасажирів з місць їх проживання і роботи (усереднити ріст поїздок пасажирів до зон відправлення і призначення) і візуалізувати час у дорозі до і під час події. Якщо оцінити час у дорозі за різними сценаріями, це спонукає усвідомити колективні вигоди, що генеруються стратегією *управління попитом* на транспортні послуги.

Зміна виду транспорту. Стратегія управління попитом на транспорт передбачає скорочення *критичних* поїздок, які дають максимальний внесок в загальний час поїздки. Слід оцінити, скільки часу заощадить колектив пасажирів, якщо вилучити один транспорт.

Якщо дорожня мережа – орієнтований ациклічний граф $G(N; E)$, де N – множина вершин, E – множина орієнтованих ребер, і кожному відрізку дороги e відповідає інтенсивність руху v_e і час у дорозі t_e, то для сегменту дороги оцінимо *економію* часу в дорозі інших учасників руху при вилученні одного транспортного засобу. Гранична вартість ребра – похідна загального часу в дорозі над поточним обсягом руху: $MC_e = \frac{\partial(v_e t_e)}{\partial v_e} = t_e(v_e) + f_s \alpha\beta(v_e/C_e)^\beta t_e^f$, де граничний час руху $t_e(v_e) = f_s\left[1 + \alpha(v_e/C_e)^\beta\right] \cdot t_e^f$. Граничні витрати MC_e мають 2 доданки: t_e – час у дорозі 1 транспортного засобу, і зекономлений час у дорозі іншими транспортними засобами на ланці.

Маршрут руху кожного рейсу є множиною ребер на шляху. Гранична вартість шляху для пари – сума MC_e для ребер, пройдених на шляху: $MC_p = \sum \delta_{ep} MC_e$, де δ_{ep} – дельта-функція, = 1, якщо ребро e проходить шлях p, і 0 в іншому випадку. Більше MC_p – більше колективного часу, зекономленого в дорозі.

Зменшимо попит пар з вищим рейтингом: поїздки, які починаються і закінчуються поблизу станцій громадського транспорту, і люди можуть пересісти на громадський транспорт. Окреслимо максимальну відстань від *центроїда* зони до найближчої станції – 1 км, 2 км, 3 км. Відбираємо поїздки на певній відстані до ближчої станції метро або трамваю. Рахуємо MC_p кожної поїздки і зменшуємо попит на 60% від поїздок, що займають перше місце в рейтингу. Визначаємо кількість поїздок з найвищим рейтингом. Перерозподіляємо решту попиту на дорожню мережу і перевіряємо скорочення колективного часу в дорозі. Скорочення відсотка часу колективного руху – 10% для стратегії граничних витрат і 2% для еталонного варіанту. Більша відстань означає менший попит, який слід скоротити (забезпечує більше кандидатів, що призводить до вибору пар з більшим внеском у колективну економію часу в дорозі).

Завдяки стратегії скорочено час у дорозі для частини місцевих пасажирів і туристів, особливо довгих поїздок. Стратегія передбачає, що люди, які проживають у дальніх районах, пересідають з автотранспорту на швидкісний трамвай або метро в ранкові години пік, додатковий пасажиропотік отримано з управління попитом у кожному сегменті метро / автобуса. Результати управління попитом у ранковий пік через збільшення пасажиропотоку на лініях метро/трамваю ілюструє рис. 1.

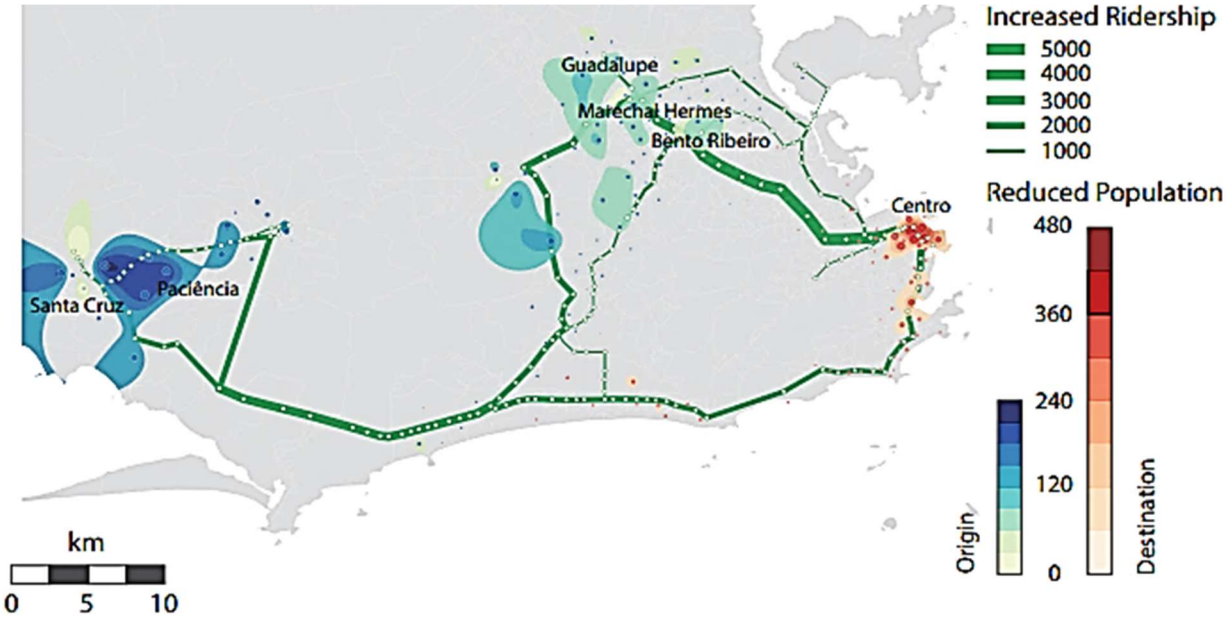


Рисунок 1 – Управління попитом транспорту: ширина ліній – збільшений пасажиропотік (чим глибший колір, тим більш слід пересісти з авто на метро) [7]

Figure 1 – Transport demand management: line width – increased passenger traffic (the deeper the color, the more you should change from car to metro) [7]

Висновки

Узагальнено підхід до оптимізації трафіку в межах 3 км від громадського транспорту у пунктах відправлення і призначення для масштабних міських заходів. Знижки на транзитні поїздки сприяють розвитку пасажирських перевезень до станцій метро, швидкісних автобусів. Збір інформації для зміни виду транспорту (альтернативи збільшенню пропускної спроможності в транспорті) акумулюється в ГІС ArcView. Збір даних про індивідуальний вибір маршруту до і після події дає розуміння змін поведінки під час мегаподій. Управління попитом на транспорт покращує якість життя в місті.

Наплив туристів збільшує попит на перевезення, створення бар'єрів і олімпійських смуг зменшує пропозицію дорожньої мережі. Можна оцінити попит на перевезення людей і транспорт через прогнозування пасажиропотоків і способу пересування за 3 сценаріями (звичним, егоїстичним і альтруїстичним) під час мегаподії. Сценарій звички дає найбільший час у дорозі, егоїстичний сценарій (максимальна вигода від зміни маршруту) – 5% приросту для годин пік, альтруїзм зменшує час колективних поїздок на 5-7% за рахунок маршрутизації – зміни *режиму* руху, а не обмеження руху. Ці заходи не враховують альтернативні способи пересування.

Перелік посилань

1. Дубовенко Ю.І й ін., "Методика використання цифрової моделі рельєфу як основи геодинамічного картування", *Моніторинг небезпечних геологічних процесів та екологічного стану середовища*: VIII Міжнар. наук. конф., Київ, 20-23.09.2007 р.
2. Дубовенко Ю.І й ін., "Гравіметричний моніторинг деформацій геологічного середовища міст", *Моніторинг небезпечних геологічних процесів*: IX Міжнар. наук. конф., 14-17 вересня 2009 р., Київ. 2009.
3. Dubovenko Yu.I et al., "The experience of integrating of GIS techniques in the construction of digital maps of geophysical fields", *16th International conference geoinformatics - Theoretical and applied aspect*s. 2017.
4. Dubovenko Yu.I et al., "On the restrictions of the digital geomapping systems during the geophysical anomalies modeling", *Geoinformatics 2016 - XVth International conference on geoinformatics – Theoretical and applied aspects*. 2016.
5. Dubovenko Yu.I et al., "Constraints of optimization of statistical analysis of data of engineerig monitoring of transport networks", *Automobile Roads and Road Construction,* 2021, doi: 10.33744/0365-8171-2021-109-157-165.
6. Dubovenko Yu.I et al., "Methodology of digitalization of engineering and cartographic information at the reconstruction of transport communications", *Automobile Roads and Road Construction*, 2021, doi: 10.33744/0365-8171-2021-110-044-050.
7. Yanyan Xu, Marta C. Gonzalez, "Collective benefits in traffic during mega events via the use of information technologies", *Journ. of The Royal Society Interface*, 14(129), 2016, doi: 10.1098/rsif.2016.1041.
8. Богуто, Д.Г., Комаров, В.Ф., Ніколюк, П.К., & Ніколюк, П.П., "Інтелектуальний алгоритм управління міським трафіком транспортних засобів", *Вісник Харківського нац. університету імені В.Н. Каразіна, серія «Математичне моделювання. Інформаційні технології. Автоматизовані системи управління»*, 38(2), с. 4-13. 2018.
9. TomTom, Kyiv in Traffic Index 2021, 2021, https://www.tomtom.com/traffic-index/kiev-traffic/

MULTIMODAL SIMULATION OF URBAN OPTIMIZATION ROAD TRAFFIC FOR PERSONNEL-INTENSIVE LARGE-SCALE EVENTS WAR TIME

Kuzminets Mykola P., doktor tekhnichnykh nauk, profesor, zaviduvach kafedroyu komp'yuternoyi, inzhenernoyi hrafiky ta dyzaynu, Natsional′nyy transportnyy universytet, Kyyiv, Ukrayina, e-mail: kuzminecmp@ukr.net, tel. *+380983600812*, Ukrayina, 01103, m. Kyyiv, vul. M. Boychuka, 40 A. https://orcid.org/0000-0002-9636-919X

Dubovenko Yurii I., kandydat tekhnichnykh nauk, dotsent kafedry kompiuternoi, inzhenernoi hrafiky ta dyzainu, Natsionalnyi transportnyi universytet, Kyiv, Ukraina, e-mail: yuriiguy@gmail.com, tel. +380665979384, Ukraina, 01103, m. Kyiv, vul. M. Boichuka, 40 A. https://orcid.org/0000-0002-8128-5989

Abstract. In the current conditions, an important issue is the modeling of urban optimization road traffic for personnel-intensive large-scale wartime events. Geoinformation technologies, which combine visualization and intellectual analysis of spatially distributed data, are increasingly used in planning, reconstruction and monitoring of the state of road management. Taking into account the above-mentioned prerequisites, we consider it expedient to investigate, on the basis of world experience, the best alternatives for optimizing the methods of traffic intensity management in a closed compact area with predetermined routes of the main traffic in the city. At the same time, taking into account the cyclical nature of the movement of vehicles under normal conditions and the possibility of its regulation with the help of automated dispatching of the network of traffic lights ("green wave"), we will narrow down the task. Therefore, we will analyze only abnormally high manifestations of traffic, which occur, as a rule, only during the occurrence of extreme events for the city infrastructure with the participation of large masses of people. Such mega-events include religious, cultural and sports events of a global level, public riots and some other events that dramatically disrupt the established practice of using the public road network. It should be noted that such measures often lead to an artificial limitation of the bandwidth of this network for one reason or another, which should be taken into account in the further analysis of possible scenarios. Therefore, the aim of the work is to determine the basic factors for the optimization of traffic in order to distribute large masses of people in given locations and to develop a suitable algorithm for energy- and time-saving traffic management.

Keywords. Passenger flow design, traffic management, transport planning, transport demand, traffic scenarios, route capacity, collective benefit

References

1. Dubovenko Yu.I. of science conference, Kyiv, September 20-23, 2007 [in Ukrainian].
2. Dubovenko Yu.I. of science conference, September 14-17, 2009, Kyiv. 2009 year. [in Ukrainian].
3. Dubovenko Yu.I et al., "The experience of integrating of GIS techniques in the construction of digital maps of geophysical fields", 16th International conference geoinformatics - Theoretical and applied as-pects. 2017. [in English].
4. Dubovenko Yu.I et al., "On the restrictions of the digital geomapping systems during the geophysical anomalies modeling", Geoinformatics 2016 - XVth International conference on geoinformatics – Theore-tical and applied aspects. 2016. [in English].
5. Dubovenko Yu.I et al., "Constraints of optimization of statistical analysis of data of engineerig monitoring of transport networks", Automobile Roads and Road Construction, 2021, doi: 10.33744/0365-8171-2021-109-157-165. [in English].
6. Dubovenko Yu.I et al., "Methodology of digitalization of engineering and cartographic information at the reconstruction of transport communications", Automobile Roads and Road Construction, 2021, doi: 10.33744/0365-8171-2021-110-044-050. [in English].
7. Yanyan Xu, Marta C. Gonzalez, "Collective benefits in traffic during mega events via the use of information technologies", Journ. of The Royal Society Interface, 14(129), 2016, doi: 10.1098/rsif.2016.1041. [in English].
8. Boguto, D.G., Komarov, V.F., Nikoliuk, P.K., & Nikoliuk, PP. University named after V.N. Karazina, series "Mathematical modeling. Information Technology. Automated control systems", 38(2), p. 4-13. 2018. [in Ukrainian].
9. TomTom, Kyiv in Traffic Index 2021, 2021, https://www.tomtom.com/traffic-index/kiev-traffic/ [in English].

УДК 621.879.44 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-287-294**
UDC 621.879.44

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КЕРОВАНОСТІ ГУСЕНИЧНИХ ЗЕМЛЕРИЙНИХ МАШИН БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ ЗА УМОВИ МОНТАЖУ ЇХ РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ ЗБОКУ ВІД БАЗОВОГО ШАСІ

ENSURING CONTINUOUS OPERATION OF TRACKED EARTH-MOVING MACHINES UNDER THE CONDITIONS OF MOUNTING THEIR WORKING EQUIPMENT ON THE SIDE OF THE BASE CHASSIS



Коваль Андрій Борисович, *кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри інженерії машин транспортного будівництва, e-mail: kandr@i.ua, тел.:+3805002408947,*

https://orcid.org/0000-0003-1295-8200, SCOPUS id 57220055768

Анотація. У статті розглянуто питання визначення умов керованості стабільного переміщення землерийної машини безперервної дії за умови монтажу робочого обладнання збоку від базового шасі (тягача). Кризовий стан економіки країни вимагає розробки перспективних напрямів створення нової техніки, одним з них є створення універсальних базових шасі тягачів які можуть використовуватись для монтажу на них робочого обладнання машин різного технологічного призначення. Обладнання може монтуватися попереду, позаду, чи збоку тягача (шасі), а створена машина, в робочому режимі не повинна втрачати своєї керованості. Дослідження виконано на прикладі машини підбивання ґрунту під трубопровід МП-М обладнаної двома робочими органами – підсипки ґрунту під трубою й ущільнення його під трубою. Заднє та консольне розташування робочих органів неминуче приводить до зміщення центра мас машини назад щодо поздовжньої осі машини та убік ближньої до труби гусениці. До того ж, у момент обтиснення ґрунту під трубою ґрунтоущільнювальними лопатями в механізмі ущільнення виникає вертикальна складова реакції ґрунту, яка викликає поперечне зміщення центра тиску вбік дальньої від труби гусениці. За умови зчеплення гусениць з ґрунтом визначено можливий мінімальний радіус повороту машини підбивання ґрунту під трубопровід МП-М у робочому режимі на криволінійних ділянках трубопроводів різних діаметрів в різних ґрунтових умовах.

Ключові слова: гусеничне шасі, ґрунт, землерийна машина, зміщення, керованість, радіус повороту, центр тиска.

Вступ. Основні тенденції розвитку конструкцій, покращення техніко-економічних характеристик будівельних та дорожніх машин, в тому числі землерийних безперервної дії, взаємопов'язані між собою і пояснюються необхідністю підвищення експлуатаційних властивостей, безпеки виконання робіт, економічною ефективністю промислового виробництва машин. Це обумовлює необхідність вирішення подібних, однотипних задач в процесі створення дорожньо-будівельних машин різного технологічного призначення.

Підвищені вимоги виробників та користувачів машин до технічних та технологічних можливостей, техніко-економічних показників промислового виробництва та використання, рівня ергономічної та естетичної досконалості машин, визначають наявність на ринку спеціальної техніки для ефективного вирішення конкретних виробничих завдань галузевого та загальнодержавного значення.

Створення високоефективних, інноваційних конструкцій будівельних і дорожніх машин, в тому числі землерийних машин безперервної дії, не можливе без урахування зазначених вище тенденцій розвитку. Вказані тенденції завжди мають враховуватись в процесі конструювання нової техніки.

Рівень їх урахування визначатиме, в кінцевому рахунку, вартість машин та їх конкурентоздатність на ринку.

Кризовий стан економіки країни вносить свої корективи у формування та формулювання перспективних напрямів створення нової техніки, одним з них, на наш погляд, є створення універсальних базових шасі тягачів призначених для монтажу на них робочого обладнання машин різного технологічного призначення. Слід мати на увазі, що зазначене обладнання може монтуватися попереду, позаду, чи збоку тягача (шасі), а створена машина, в робочому режимі не повинна втрачати своєї керованості. Такий підхід забезпечить підвищення масовості виробництва нової техніки, знизить собівартість виготовлення машин, забезпечить можливість масового виробництва машин різного технологічного призначення. Для вирішення зазначеного питання створення універсального гусеничного шасі слід, насамперед, чітко визначити шляхи забезпечення керованості та поворотності машин при різних схемах компоновки їх робочого обладнання.

Аналіз результатів досліджень і публікацій. Ефективна робота спеціальних землерийних машин, як одного з видів дорожньо-будівельних машин обумовлюється, в першу чергу, стабільністю характеристик взаємодії їх ходового обладнання з опорною поверхнею ґрунту.

Порушення зазначеної стабільності може бути небезпечним, особливо під час роботи машин поблизу небезпечних об’єктів, наприклад магістральних нафто- або газопроводів, коли несанкціоноване зміщення машин може викликати навіть руйнування трубопроводу. Це найбільш небезпечно під час роботи машин на криволінійних ділянках магістральних трубопроводів. Мінімізація негативного впливу на стійкість та керованість машини зовнішніх навантажень, що виникають внаслідок взаємодії робочих органів машин з розроблюваним середовищем, конструктивних особливостей машин та режимів їх роботи, фізико-механічних властивостей ґрунту опорної поверхні є актуальною та вкрай важливою задачею, яка має бути вирішена на етапі проектування машин [1].

Результати виконаних досліджень прохідності гусеничних землерийних машин в різних ґрунтових умовах [2, 3], забезпечення необхідної стійкості машин на опорній поверхні в робочому та транспортному режимах [4, 5], покращення тягово-зчіпних якостей машин під час роботи в різних ґрунтових умовах та режимах експлуатації [2, 3] є основою для встановлення базових вимог до тягачів (шасі) спеціальних землерийних машин безперервної дії різного технологічного призначення.

В опублікованих роботах, для вирішення поставленого вище завдання, на наш погляд, мають місце ряд недоліків. Так, наприклад, під час визначення середнього тиску машин на ґрунт [2] враховується тільки маса машин, а діючі робочі навантаження не враховуються. Однак слід мати на увазі, що середній тиск на ґрунт є параметром умовним, який не може повною мірою визначати ходові якості машин.

В деяких роботах [2, 3, 6, 7] величина середнього тиску на ґрунт розглядається як показник прохідності гусеничної машини, шляхом обмеження поздовжнього зміщення центру тиску X, величиною $X < L/6$ (L – опорна довжина гусениці). За умови знаходження рівнодіючої всіх зовнішніх сил, що діють на машину в межах ядра перетину опорної поверхні машини, на думку авторів досліджень [8, 9], виключається відрив гусениць від опорної поверхні ґрунту, розподіл тиску під опорними поверхнями гусениць є прийнятним, що і забезпечує стабільність контакту гусениць з ґрунтом та , відповідно, стійкість роботи ходового обладнання і машини в цілому. Зрозуміло, що вказаний висновок справедливий тільки стосовно машин дія зовнішніх робочих навантажень на робоче навантаження котрих має місце в передній, або задній частинах корпусу шасі і не поширюється на машини, зовнішні навантаження під час роботи яких прикладено збоку. В такому випадку можливий відрив від опорної поверхні однієї, або іншої гусениці.

Положення координат центру тиску на ґрунт спеціальних землерийних машин безперервної дії в процесі їх створення, мають визначатись з урахуванням зовнішніх навантажень, координат їх прикладання, насамперед, навантажень, що діють на робоче обладнання машин.

Необхідність забезпечення стабільного переміщення землерийних машин відносно діючого магістрального трубопроводу, наприклад, на прямих та криволінійних його ділянках потребує максимальної керованості машин, що може бути досягнуто за умови максимального можливого приведення центру тиску на ґрунт до геометричних центрів опорних контурів. Завдання має бути вирішеним комплексно – для варіантів монтажу робочого обладнання як на кормі, так і попереду, чи збоку тягача (шасі) за умови обладнання машин додатковими опорними лижами, та без них.

Мета дослідження. Визначення умов керованості стабільного переміщення землерийної машини безперервної дії за умови монтажу робочого обладнання збоку від базового шасі (тягача).

Основна частина. У комплексі машин для капітального ремонту магістральних трубопроводів машина підбивання ґрунту під трубопровід МП-М виконує завершальні операції – забирає ґрунт з відвалу підбирачем, транспортує його стрічковим конвеєром у траншею під трубу та ущільнює ґрунт під трубопроводом спеціальним робочим обладнанням [10].

Характерною ознакою машини підбивання ґрунту під трубопровід МП-М [10] є наявність двох робочих органів – підсипки ґрунту під трубопровід та його ущільнення, заднє і консольне розташування котрих неминуче приводить до зміщення центра мас назад щодо поздовжньої осі машини та убік ближньої до труби гусениці. До того ж, у момент обтиснення ґрунту під трубою ґрунтоущільнювальними лопатями в механізмі ущільнення виникає вертикальна складова реакції ґрунту, яка викликає поперечне зміщення центра тиску вбік дальньої від труби гусениці.

Розглянемо вплив такого зміщення центра мас на стійкість руху машини в прямолінійному і в поворотному режимі, рис. 1.

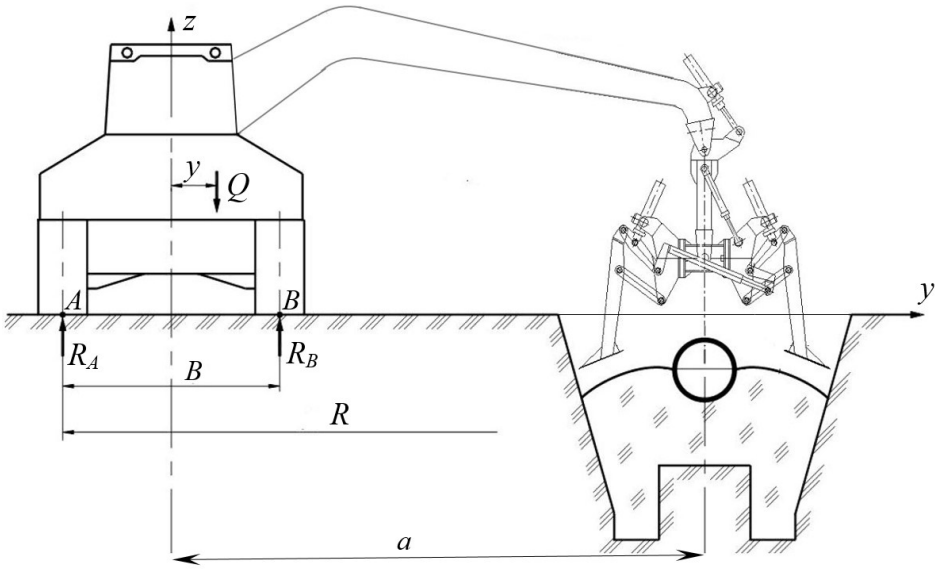


Рисунок 1 – Схема до розрахунку.
Figure 1– Sheme for calculation

Подовжнє зміщення центра тиску, викликане розташуванням центра мас машини, або ж зовнішніми силами, прикладеними до машини, приводить до зміщення з поперечної осі ходового устаткування полюсів повороту гусениці, полегшуючи умови повороту.

Момент опору повороту машини визначає вираз:

$$M_{\text{пов}} = \mu \cdot \frac{Q \cdot L}{4} \cdot K, \tag{1}$$

де Q – рівнодійна прикладених до машини сил; L – опорна довжина гусениці; μ – коефіцієнт опору повороту; K – коефіцієнт, який враховує зменшення моменту опору повороту. $K \leq 1$ [11].

Наявність поперечного зміщення центра тиску y (рис. 1) приводить до перерозподілу вертикальних навантажень на гусениці і сил тяги в них (залежно від зовнішніх характеристик приводів обох бортів), одностороннього зносу деталей ходової частини однієї з гусениць, а також до самочинного відхилення машини від заданого курсу під час її некерованого переміщення.

Нормальні реакції на гусеницях у такому разі можна визначити з рівняння моментів щодо полюсів A і B:

$$R_A = \frac{Q}{2} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot y}{B}\right); \tag{2}$$

$$R_B = \frac{Q}{2} \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot y}{B}\right). \tag{3}$$

Тут B – колія машини.

Тягові зусилля в гусеницях під час повороту гусеницею *A* будуть:

$$P_A = f \cdot R_A + \mu \cdot \frac{Q \cdot L}{4 \cdot B} \cdot K; \quad (4)$$

$$P_B = f \cdot R_B - \mu \cdot \frac{Q \cdot L}{4 \cdot B} \cdot K, \quad (5)$$

де f – коефіцієнт опору переміщенню машини.

Проблеми з поворотом машини, що має поперечне зміщення центра тиску, можуть виникнути тоді, коли зовнішньою під час повороту буде менш навантажена нормальною силою гусениця *A*, яка змушена для повороту машини реалізовувати великі тягові зусилля.

Для повороту на горизонтальній площадці необхідно забезпечити виконання умови:

$$\varphi \cdot R_A \geq P_A\ , \quad (6)$$

де φ – коефіцієнт зчеплення гусениці з ґрунтом; R_A, P_A – нормальна реакція та тягове зусилля в дальній від труби гусениці *A*, яка є зовнішньою під час повороту (див. рис. 1), відповідно.

Підставимо вирази для R_A (2) і P_A (4) у формулу (6):

$$\varphi \cdot \frac{Q}{2} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot y}{B}\right) \geq f \cdot \frac{Q}{2} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot y}{B}\right) + \mu \cdot \frac{Q \cdot L}{4 \cdot B} \cdot K. \quad (7)$$

Звідси маємо:

$$\frac{L}{B} \leq \frac{2 \cdot (\varphi - f)}{\mu \cdot K} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot y}{B}\right). \quad (8)$$

Враховуючи, що машина МП-М працює на трубі за усіма вимогами підвищеної безпеки, які випливають із цього, надмірне буксування зовнішньої гусениці під час повороту в робочому режимі вкрай небажане. Тому проаналізуємо детальніше формулу (8) для реальних ґрунтових умов з урахуванням конструктивних параметрів базового шасі.

За заданого співвідношення L/B (для самохідного шасі ШБ-1 $L/B = 1{,}7$) в реальних ґрунтових умовах гарантований поворот машини можливий із радіусом не менше мінімального, знайденого з умови зчеплення зовнішньої під час повороту гусениці з ґрунтом. Визначимо цей радіус для машини МП-М.

Коефіцієнт опору повороту, що відповідає мінімальному припустимому радіусу повороту, визначимо з виразу (8):

$$\mu = \frac{2 \cdot (\varphi - f)}{\frac{L}{B} \cdot K} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot y}{B}\right). \quad (9)$$

Залежність коефіцієнта опору повороту і радіуса повороту машини зв'язує емпірична формула А. О. Нікітіна [12]:

$$\mu = \frac{\mu_{max}}{0{,}85 + 0{,}15 \cdot \frac{R}{B}} \quad (10)$$

де μ_{max} – коефіцієнт опору повороту з повністю загальмованою гусеницею; R – радіус повороту машини по зовнішній гусениці (див. рис. 1); B – колія машини.

Звідси

$$\frac{R}{B} = \frac{\mu_{max}}{0{,}15 \cdot \mu}\ , \quad (11)$$

а мінімальний допустимий радіус повороту

$$R_{min} = B \cdot \frac{\mu_{max} - 0{,}85}{0{,}15 \cdot \mu}. \quad (12)$$

Для порівняння візьмемо два характерних типи ґрунтових умов, що максимально охоплюють діапазон можливих характеристик опорних поверхонь: нормальну – суху щільну ґрунтову поверхню ($\mu_{max} = 0{,}8$; $f = 0{,}1$; $\varphi = 0{,}8$) та екстремальну – суглинну розпушену вологу поверхню, коли, з одного боку, утворюється глибока колія й утруднюється рух і поворот машини, а з іншого – на вологій поверхні зменшується коефіцієнт зчеплення гусениць з ґрунтом ($\mu_{max} = 0{,}5$; $f = 0{,}15$; $\varphi = 0{,}4$), що може трапитися, коли підбирач машини МП-М не підбирає перед собою весь зволожений відвал після машини розкриття трубопроводів МВТ-М і гусениці рухаються по розпушеному ґрунту.

Прийнявши прямокутною епюру тиску гусениць на ґрунт (тобто $K = 1$), що є гіршим, з погляду повороту машини, випадком, з формул (8) та (12) визначимо допустимий радіус повороту МП-М залежно від поперечного зміщення центра тиску y. Результати розрахунків наведено на рис. 2, де крім отриманих кривих $R_{max} = f(y)$, також вказано допустимі радіуси кривизни (в плані) трубопроводів, які мають бути не меншими $60D_{mp}$ (D_{mp} – діаметр трубопроводу).

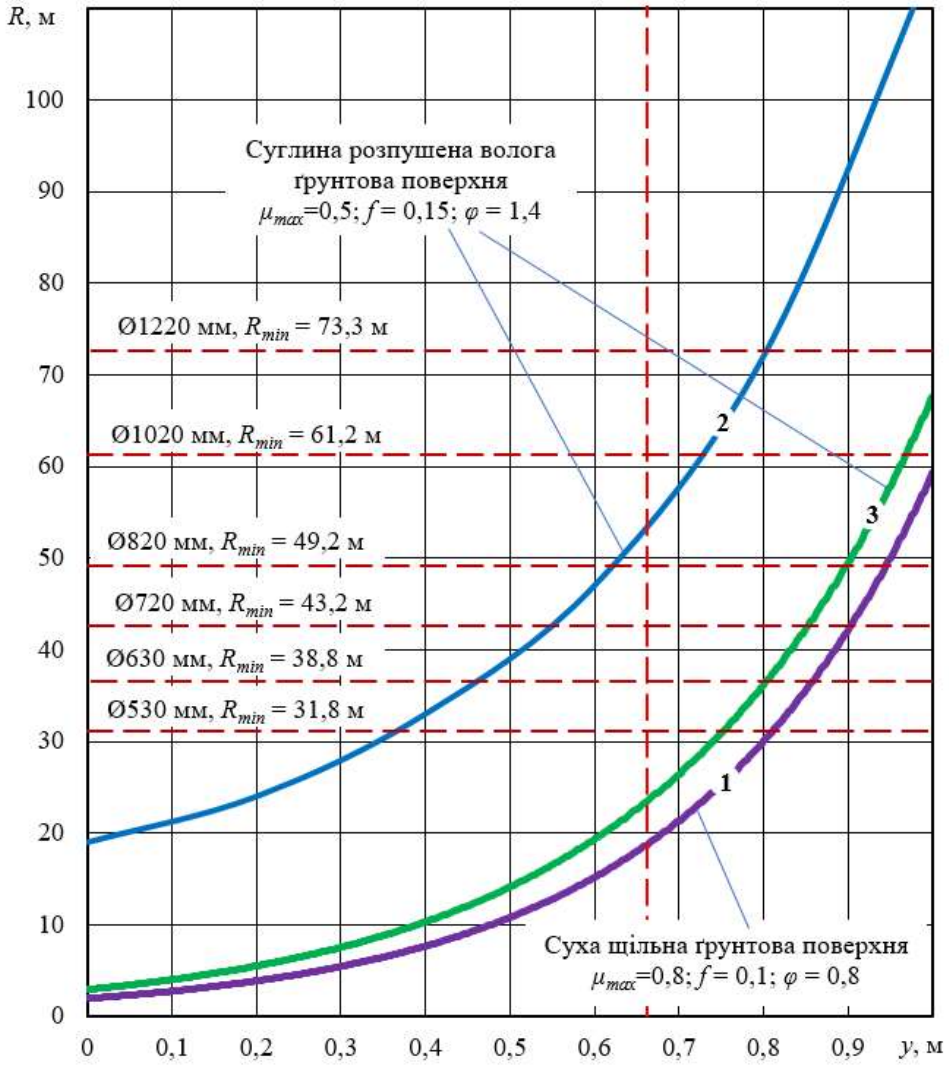


Рисунок 2 – Залежність мінімального радіуса повороту машини від поперечного зміщення центра тиску

Figure 2 – Dependency between the minimal turning radius of the machine and transverce translocation of the pressure center

З рис. 2 видно, що, оскільки для машини МП-М реальне поперечне зміщення центра тиску $y = 0{,}685$ м, то для нормальних ґрунтових умов жодних проблем з поворотом машини в робочому режимі на криволінійних ділянках трубопроводів різних діаметрів немає (крива 1). Крива 2 показує,

що в екстремальних ґрунтових умовах під час повороту машини на зовнішніх кривих трубопроводів діаметром 820 мм і менше через надмірне буксування гусениці, яка працює у ведучому режимі, можлива втрата поворотності МП-М. Тому робота в таких умовах потребує підвищеної уваги машиніста та оператора машини.

Проте тут доречно нагадати, що перед початком дослідження залежностей мінімального радіуса повороту від поперечного зміщення центра тиску було прийнято припущення, що поздовжнього зміщення центра тиску (як гірший випадок) немає. Але в машини МП-М воно, внаслідок заднього розташування механізму ущільнення, постійно є, і результат цього виявляється в епюрі тисків під гусеницею, що насправді не прямокутна, а трапеціеподібна, або ж така, що наближається до повної трикутної. З урахуванням цього, на рис. 2 показано графік (крива 3) залежності мінімального радіуса повороту від поперечного зміщення центра тиску для трикутної епюри тиску під гусеницею (K = 0,78). З графіка випливає, що під час роботи тільки на трубі ∅ 530 мм можливий утруднений поворот машини в екстремальних умовах.

Таким чином, на графіках нижче конкретної кривої розташована область утрудненого повороту машини, викликаного спробою повернути її дальньою від труби гусеницею, яка переважну частину робочого циклу обтиснення ґрунту ґрунтоущільнювальними лопатями менше завантажена вертикальними силами, ніж ближня.

Висновки

1. Отримана залежність визначення мінімального допустимого радіусу стабільно керованого повороту гусеничної машини з робочим органом, розміщеним збоку від шасі, дозволяє визначити величину вказаного радіуса в широкому діапазоні зміни фізико-механічних характеристик опорних поверхонь ґрунту по яких переміщується машина.

2. Встановлено залежність зміни мінімального радіусу стабільного повороту гусеничної машини з робочим обладнанням розміщеним збоку від шасі від величини поперечного зміщення центра тиску.

3. Визначено умови утрудненого повороту гусеничної машини в екстремальних умовах.

Перелік посилань

1. Мусійко В.Д., Коваль А.Б. Теорія та створення інноваційних землерийних машин безперервної дії: монографія. Видання друге, доповнене Київ, 2018. 280 с.

2. Гуськов В.В., Велев Н.Н., Адаманов Ю.Е. Тракторы: Теория. М., 1988. 376 с.

3. Домбровский Н. Г., Маевский А. Г., Гомозов И. М., Гилис И. М. Теория и расчет гусеничного движителя землеройных машин. Киев, 1970. 192 с.

4. Мусійко В.Д., Коваль А.Б. Визначення силового навантаження базового шасі універсальної землерийної машини з віяльно-поступальною подачею її робочого обладнання на забій. Сб. научн. тр. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин. Серия: Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование. Вип. № 79. – Днепропетровск: ГВУЗ "ПГАСА", 2014. — С. 133-140.

5. Мусійко В.Д., Коваль А.Б. Зменшення інерційних та динамічних навантажень універсальної землерийної машин. Systemy i srodki transportu samochodowego. Wubrane zagadnienie. Monografia Nr 4. Seria: Transport pod redakcja naukowa Kazemierza Lejdy. Polska : Politechnika Rzeszowska, 2013. p. 129-138.

6. Остоверх О.О., Краснокутський В.М., Крюкова Т.О. Керованість та стійкість руху тракторів : навч. посіб. Харків, 2021, 156 с.

7. Платонов В.Д. Гусеничные транспортеры тягачи. М., 1978. 351 с.

8. Опейко Ф.А. Колісний і гусеничний ход. Минск, 1960, – 228 с.

9. Гинзбург Ю.В., Швед А.И., Парфенов А.П. Промышленные тракторы. М.: Машиностроение, 1986. – 296 с.

10. Білякович М.О., Кузьмінець М.П., Салюк В.Л. Удосконалення робочого органа для ущільнення ґрунтового ложа магістральних трубопроводів. Системні методи керування, технологія та організація виробництва, ремонту і експлуатації автомобілів. Зб. наук. праць. Вип. 13. – К.: НТУ, 2002. – С. 89 – 94.

11. Карельских Д.К., Кристи М.К. Теория, конструкция и расчет тракторов. М.-Л., 1940, 521 с.

12. Забавников Н.А. Основы теории транспортных гусеничных машин. М., Машиностроение, 1975, 424 с.

CONTROLLABILITY ASSURANCE IN CONTINUOUSLY OPERATING TRACKED EARTHMOVING MACHINES UNDER CONDITIONS OF WORKING EQUIPMENT MOUNDING TO THE SIDE FROM THE BASE CHASSIS

Koval Andrii B., Candidate of Technical Science, National Transport University, Associate Professor, Department of engineering of transport construction machines, e-mail: kandr@i.ua, +3805002408947, https://orcid.org/0000-0003-1295-8200, SCOPUS id 57220055768

Abstract. This paper presents the problem of determination of stable transposition controllability conditions for the continuously operating earthmoving machine under conditions of working equipment mounting to the side from the base chassis (towing unit). The economical crisis in the country requires promising directions in the new technology creation, one of which is the creation of multipurpose towing units designated for mounting working equipment for different technological purposes. Such equipment can be mounted at the front, back, or side of the towing unit (chassis) and the machine created in such a way should not lose controllability in its operational mode.

The characteristic feature of the machine for soil padding under the pipeline (МП-М) is the presence of two implements - upfilling and compaction implements. They have a rear overhanging position which unavoidably leads to displacement of the machines center of mass to the back side in relation to transverce axis and in the direction of the track that is near to the pipe in relation to longitudinal axis of the base chassis. Besides, at the moment of soil compaction under the pipe by the blade, In vertical component of the soil reaction appears in the compaction mechanism which leads to transverse dislocation of the pressure center towards the track that is farther from the pipe. Based on condidition of traction between tracks and soil, the minimal possible turning radius was determined for the machine for soil padding under the pipeline -МП-М in the working mode on the curvilinear section of the pipeline of different diameters.

Keywords: crawler chassis, soil, earthmoving machine, translocation, controlability, turning radius, pressure center.

References

1. Musiiko V. D., Koval A.B. Teoriia ta stvorennia innovatsiinykh zemleryinykh mashyn bezperervnoi dii (Theory and creation of innovative earthmoving machines of continuous action) Kyiv. Vydavnytstvo Ludmyla Publ. 2018. 280 s. [in Ukrainian].

2. Guskov V.V., Velev N.N., Adamov Yu.E. Traktory: Teoriya (Tractors: theory). M., 1988. 376 s. [in Russian].

3. Dombrovskiy, N.G., Maevskiy A.G., Gomozov I.M., Gilis I.M. Teoriya i raschet gusenichnogo dvizhetelya zemleroynykh mashyn (Theory and calculation of the caterpillar mover of earthmoving machines). Kiev, 1970. 192 s. [in Russian].

4. Musiyko V.D., Koval A.B. Vuznachennia sylovoho navantazhennia bazovoho shasi universalnoi zemleryinoi mashyny z viialno-postupalnou podacheiu ii robochoho obladnannia na zabiy (Determination of the power load of the basic chassis of a universal earthmoving machine with a fan-forward feed of its working equipment to the slaughter). Stroitelstvo. Materialovedenie. Mashynostroenie. Intensifikactiya rabochikh protsessov stroitelnykh s dorozhnykh mashyn. Seriya: Polemno-transportnye, stroitelnye s строительные и dorozhnye mashyny I oborudovanie. № 79. Dnepropetrovsk, 2014. S. 133-140. [in Ukrainian].

5. Musiyko V.D., Koval A.B. Zmenshennia inertsiynykh ta dynamichnykh navantazhen universalnoi zemleryinoi mashyny (Reduction of inertial and dynamic loads of universal earthmoving machines). Systemy i srodki transportu samochodowego. Wubrane zagadnienie. Monografia Nr 4. Seria: Transport pod redakcja naukowa Kazemierza Lejdy. Polska : Politechnika Rzeszowska, 2013. p. 129-138. [in Ukrainian].

6. Ostroverkh O.O., Krasnokuttskyi V.M., Kriukova T.O. Kerovanist ta stiykist rukhu trakroriv (Maneuverability and stability of tractor movement) : Tutorial. Kharkiv, 2021, 156 s. [in Ukrainian].

7. Platonov V.D. Gusenichnye transportery i tyagashi (Tracked conveyors tractors). Moscow, 1978. 351 s. [in Russian].

8. Opeyko F.A. Kolisnyi i husenychnyi khod (Wheeled and tracked) Минск, 1960, – 228 с. [in Ukrainian].

9. Ginzburg Yu.V., Shed A.I., Parfenov A.P. Promyshlennye traktory (Industrial tractors). Moscow, 1986. 296 s. [in Russian]

10. Biliakovych M.O., Kuzminets M.P. Saluk V.L. Udoskonalennia robochoho orhana dlia ushchilnennia gruntovoho lozha mahistralnykh truboprovodiv (Improvement of the working body for compaction of the soil bed of main pipelines). Systemni metody keruvannia, tekhnolohiia ta orhanizatsiia vyrobnytstva, remontu i ekspluatatsiia avtomobiliv. Kyiv, 2002. № 13. S. 89 – 94. [in Ukrainian].

11. Karelskykh D.K., Kristi M.K. Teoriya, konstruktsiya i raschet traktorov (Theory, design and calculation of tractors) Moscow - Leningrad, 1940, 521 s. [in Russian]

12. Zabavnikov N.A. Osnovy teorii transportnykh gusenichnykh mashyn (Fundamentals of the theory of transport tracked machines) Moscow, 1975, 424 s. [in Russian]

УДК 621.43 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-295-302**
UDC 621.43

ВИЗНАЧЕННЯ ЗОВНІШНІХ ШВИДКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СИЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ ДОРОЖНІХ МАШИН

DETERMINATION OF THE EXTERNAL SPEED CHARACTERISTICS OF THE POWER EQUIPMENT OF ROAD MACHINES



Мороз Валентин Валентинович, *кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерії машин транспортного будівництва, Національний транспортний університет, кафедра інженерії машин транспортного будівництва, доцент, frostvaliko@gmail.com, +38044 280 97 73, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 226.,*

https://orcid.org/0000-0003-3000-4961



Ковбасенко Сергій Володимирович, *кандидат технічних наук, професор кафедри інженерії машин транспортного будівництва, Національний транспортний університет, кафедра інженерії машин транспортного будівництва, професор, svkovsv@gmail.com, +38044 280 97 73, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 226.,*

https://orcid.org/ 0000-0002-7309-8200



Левківський Сергій Анатолійович, *старший викладач кафедри інженерії машин транспортного будівництва, Національний транспортний університет, s.a.levkovsky@gmail.com, +38044 280 97 73, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 226.,*

https:// *orcid.org/0000-0003-1515-4240*

Анотація. В роботі розглядається питання по визначенню паливної економічності і токсичності відпрацьованих газів силового обладнання дорожніх машин, які працюють у тягових режимах, а саме плужних і плужнощіткових снігоочисників на базі пневмоколісного трактора.

Об'єкт дослідження – паливна економічність і токсичність відпрацьованих газів силового обладнання.

Мета дослідження полягає в експериментальному визначенні зовнішніх швидкісних характеристик дизеля 4Ч11,0/12,5 (сімейства Д-240, Д-241, Д-242, Д-243), а саме: максимальної потужності N_e, максимального крутного моменту $M_к$; годинних витрат палива $G_{пал}$ і повітря $G_{пов}$, питомої ефективної витрати палива g_e; концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах: оксиду вуглецю *CO*, вуглеводневих сполук C_mH_n, оксидів азоту NO_x та димності *N* відпрацьованих газів.

В роботі наводяться результати експериментальних досліджень по визначенню енергетичних показників (максимальної потужності N_e і максимального крутного моменту $M_к$) дизеля (4Ч11,0/12,5 (Д-242)) силового обладнання; показників паливної економічності (годинної витрати палива $G_{пал}$ і питомої ефективної витрати палива g_e); годинної витрати повітря $G_{пов}$; концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах: оксиду вуглецю *CO*, вуглеводневих сполук C_mH_n, оксидів азоту NO_x та димності *N* відпрацьованих газів. Які отримані при положенні органу керування паливоподачею, що

відповідає максимальній подачі палива від частоти обертання колінчастого валу дизеля. Вище зазначені показники визначались за стандартних налаштувань коректора паливоподачі дизеля.

За отриманими зовнішніми швидкісними характеристиками N_e, $M_к$, $G_{пал}$, g_e, $G_{пов}$, CO, C_mH_n, NO_x і N було визначено математичні (поліноміальні) залежності, що їх описують від частоти обертання колінчастого валу дизеля, а також перевірено їх адекватність.

Проведені дослідження дозволили визначити основний напрямок підвищення паливної економічності і зниження викидів шкідливих речовин дизеля.

Ключові слова: Зовнішні швидкісні характеристики, енергетичні і екологічні показники, паливна економічність, шкідливі речовини, відпрацьовані гази, поліноміалні моделі, адекватність.

Вступ

Постановка проблеми. Для виконання робіт по літньому і зимовому утриманню автомобільних доріг, а також для їх ремонту застосовуються різні види дорожніх машин. Це насамперед поливально-мийні, підмітально-прибиральні машини, плужні і роторні снігоочисники та дорожні фрези і асфальторозігрівачі. Для виконання цих робіт в якості базових тягачів застосовуються вантажні автомобілі середньої вантажопідйомності, пневмоколісні і гусеничні трактори.

На підприємствах, що займаються експлуатацією цих машин достатньо багато міститься пневмоколісних тракторів сімейства МТЗ-80 і МТЗ-82, з дизелями сімейства Д-240, Д-241, Д-242, Д-243 (4Ч11,0/12,5). Оскільки дорожні машини (плужні і роторні снігоочисники), працюють у тяговому режимі значний період свого часу, то відповідно і їх дизелі працюють більшу частину часу у номінальному режимі (граничному швидкісному режимі, при якому дизель працює за зовнішньою швидкісною характеристикою [1]). Для цього режиму роботи характерна підвищена витрата палива.

Тому доцільно буде визначити паливну економічність та екологічні показники дизеля базового тягача за роботи у вище наведеному режимі.

Аналіз останніх досліджень. В технічному описанні і інструкції з експлуатації дизелів сімейства 4Ч11,0/12,5 [2] наводяться загальні їх характеристики такі як: потужність номінальна, потужність експлуатаційна, номінальна частота обертання, максимальна частота обертання холостого ходу, що обмежується регулятором, максимальне значення крутного моменту, частота обертання при максимальному крутному моменті, питома витрата палива в режимі номінальної потужності, питома витрата палива в режимі експлуатаційної потужності.

Автори роботи [3] наводять результати експериментальних випробувань по визначенню зовнішніх швидкісних характеристик дизеля Д-50 по визначенню питомої ефективної витрати палива g_e, ефективного крутного моменту $M_к$, годинної витрати палива $G_{пал}$ і ефективної потужності N_e від частоти обертання колінчастого валу двигуна. Також автори наводять характеристику холостого ходу дизеля ЯМЗ-236 по визначенню годинних витрат палива і повітря відповідно $G_{пал}$ і $G_{пов}$, коефіцієнту надміру повітря α і коефіцієнту наповнення η_v в залежності від частоти обертання колінчастого валу. Тут же наводяться і результати отриманої характеристики токсичності дизеля РАБА-MAN при частоті обертання колінчастого валу дизеля 2000 хв$^{-1}$, яка визначає концентрації шкідливих речовин (ШР) у відпрацьованих газах (ВГ) дизеля таких як: монооксиду вуглецю CO, двооксиду вуглецю CO_2, оксидів азоту NO_x, вуглеводневих сполук C_mH_n, димності ВГ K і коефіцієнту надміру повітря α.

В джерелі [4] наводяться результати навантажувальної характеристики дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-243) при частоті обертання колінчастого валу дизеля 1500 хв$^{-1}$, яка визначає концентрації ШР у ВГ дизеля таких як: монооксиду вуглецю CO, двооксиду вуглецю CO_2, оксидів азоту NO_x, вуглеводневих сполук C_mH_n, димності ВГ K, а також годинної $G_{пал}$ і питомої g_e витрат палива та температури відпрацьованих газів $t_{вг}$.

В роботі [5] наводяться результати навантажувальної характеристики дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-243) при частоті обертання колінчастого валу дизеля 1850 хв$^{-1}$, яка визначає концентрації ШР у ВГ дизеля таких як: монооксиду вуглецю CO, оксидів азоту NO_x, вуглеводневих сполук C_mH_n, димності ВГ K, твердих часток C, а також годинних витрат палива $G_{пал}$ і повітря $G_{пов}$.

Мета роботи полягає в експериментальному визначенні зовнішніх швидкісних характеристик дизеля 4Ч11,0/12,5 (сімейства Д-240, Д-241, Д-242, Д-243), а саме: максимальної потужності N_e, максимального крутного моменту $M_к$; годинних витрат палива $G_{пал}$ і повітря $G_{пов}$, питомої ефективної витрати палива g_e; концентрацій ШР у ВГ: оксиду вуглецю *CO*, вуглеводневих сполук C_mH_n, оксидів азоту *NO*x, та димності *N* ВГ.

Загальні положення

Основна частина. Для оцінки екологічних показників та паливної економічності дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-243) було визначено, під час стендових досліджень, зовнішні швидкісні характеристики, які відповідають найбільш характерним режимам роботи двигуна при роботі машини у тяговому режимі (режим роботи плужного снігоочисника). Отримані в результаті експерименту максимальна потужність N_e та максимальний крутний момент $M_к$ відповідають значенням для дизеля Д-242, наведеним в [2].

На рис. 1 показано зовнішні швидкісні характеристики. На цьому рисунку показано отримані в залежності від частоти обертання колінчастого валу дизеля *n* такі показники: витрати палива і повітря за годину ($G_{пал}$ і $G_{пов}$), питома ефективна витрата палива g_e, циклової подачі палива $q_ц$ і коефіцієнту наповнення η_v; концентрації в відпрацьованих газах оксиду вуглецю *CO*, вуглеводнів C_mH_n, оксидів азоту NO_x; димності відпрацьованих газів *N* та коефіцієнта надміру повітря α.

З використанням методу математичного планування експерименту [6] за визначеними зовнішніми швидкісними характеристиками було описано поліноміальними залежностями показники двигуна (витрату палива $G_{пал}$, витрату повітря $G_{пов}$; з ВГ концентрації ШР в ВГ: оксидів азоту NO_x, вуглеводневих сполук C_mH_n, оксиду вуглецю *CO* та димності *N* ВГ.

За рівномірним варіантом плана повного факторного експерименту визначались значення параметрів у заданих точках плану [6]. З використанням методу найменших квадратів [6], використовуючи спеціальне програмне забезпечення на ПЕОМ визначались коефіцієнти поліноміальних залежностей для швидкісних режимів роботи. Для описання показників дизеля використовувались квадратичні поліноміальні залежності вигляду:

$$y = A_o + A_1 \cdot x_1 + A_2 \cdot x_2^2 \qquad (1)$$

де A_o, A_1, A_2 – поліноміальні коефіцієнти;
x_1, x_2 – незалежні параметри.

Показники дизеля за зовнішніми швидкісними характеристиками описані поліноміальними залежностями другої степені від частоти обертання колінчастого валу двигуна *n*, які мають наступний вигляд:

Годинна витрата повітря (кг/год) визначається за залежністю:

$$G_{пов} = 200{,}724 + 0{,}16 \cdot (n - 1500) + 2{,}889 \cdot 10^{-3} \cdot (n - 1500)^2 \qquad (2)$$

Годинна витрата палива (кг/год) визначається за залежністю:

$$G_{пал} = 9{,}31 + 2{,}726 \cdot 10^{-2} \cdot (n - 1500) - 4.2 \cdot 10^{-4} \cdot (n - 1500)^2 \qquad (3)$$

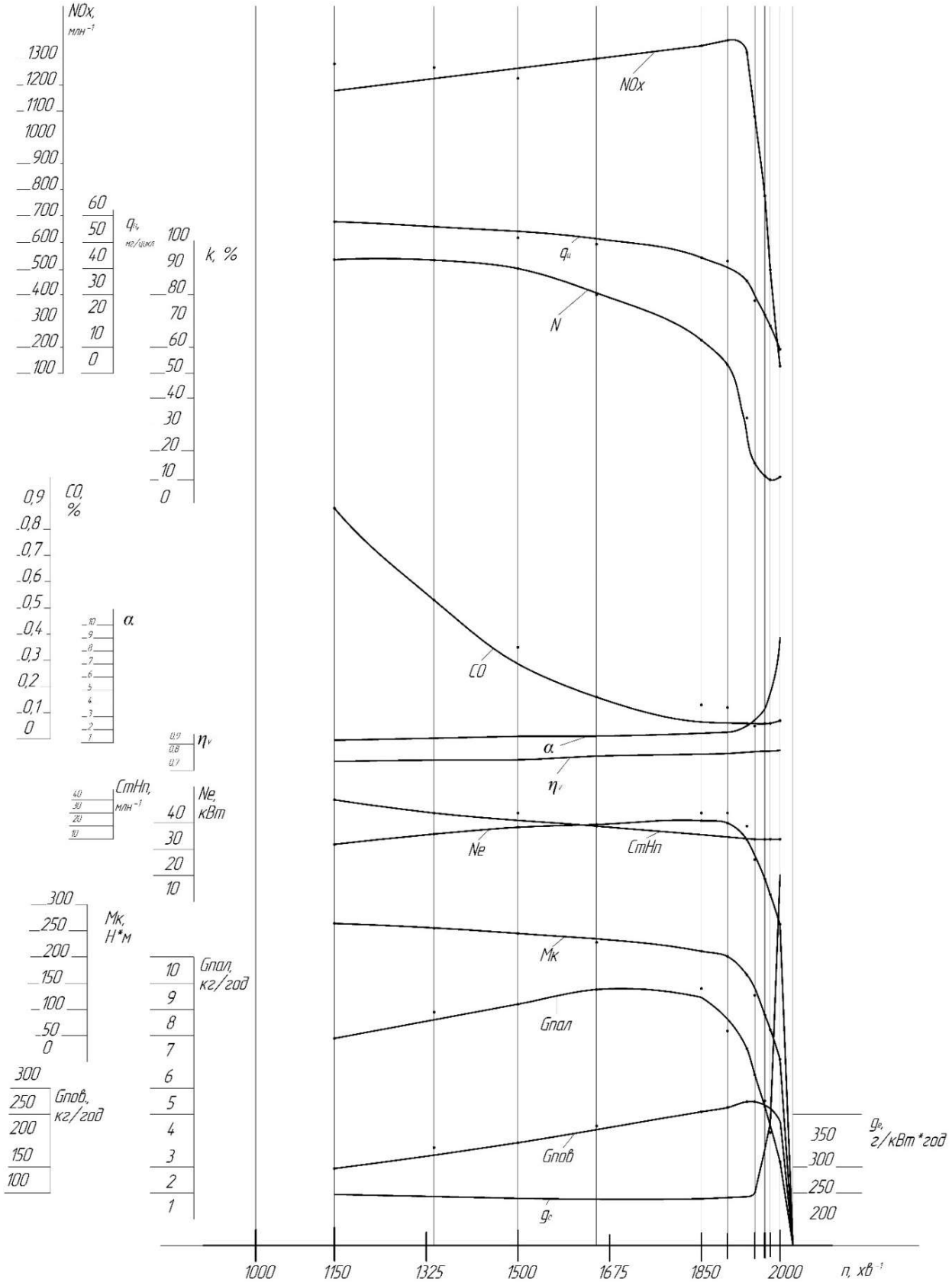


Рисунок 1 – Зовнішня швидкісна характеристика дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-242)
Figure 1 – External speed characteristic of diesel engine 4Ч11,0/12,5 (D-242)

Питома ефективна витрата палива (г/квт·год) визначається за залежністю:

$$g_e = 245{,}467 - 0{,}013 \cdot (n - 1500) - 1{,}732 \cdot 10^{-3} \cdot (n - 1500)^2 \quad (4)$$

Циклова подача палива (мг/цикл) визначається за залежністю:

$$q_{\text{ц}} = 52{,}31 - 0{,}019 \cdot (n - 1500) - 1{,}123 \cdot 10^{-3} \cdot (n - 1500)^2 \quad (5)$$

Концентрація оксидів вуглецю у відпрацьованих газах (%) визначається за залежністю:

$$\text{CO} = 0{,}323 - 1{,}071 \cdot 10^{-3} \cdot (n - 1500) + 1{,}629 \cdot 10^{-4} \cdot (n - 1500)^2 \quad (6)$$

Концентрація вуглеводневих сполук у відпрацьованих газах (млн$^{-1}$) визначається за залежністю:

$$\text{C}_m H_n = 25{,}905 - 0{,}018 \cdot (n_i - 1500) + 7{,}24 \cdot 10^{-3} \cdot (n_i - 1500)^2 \quad (7)$$

Концентрація оксидів азоту у відпрацьованих газах (млн$^{-1}$) визначається за залежністю:

$$NO_x = 1242{,}714 + 0{,}354 \cdot (n - 1500) - 0{,}023 \cdot (n - 1500)^2 \quad (8)$$

Димність відпрацьованих газів (%) визначається за залежністю:

$$N = 88{,}819 - 0{,}042 \cdot (n - 1500) - 0{,}011 \cdot (n - 1500)^2 \quad (9)$$

Крутний момент дизеля (Н·м) визначається за залежністю:

$$\text{M}_{\text{к}} = 241{,}924 - 0{,}079 \cdot (n - 1500) - 4.183 \cdot 10^{-3} \cdot (n - 1500)^2 \quad (10)$$

Перевірка адекватності отриманих поліноміальних залежностей, які описують економічні та екологічні показники дизеля Д-243 проводилась з використанням F – критерія Фішера [7, 8]:

$$F = \frac{S^2_{\text{ад}}}{S^2_{(y)}} \quad (11)$$

де $S^2_{\text{ад}}$ – дисперсія адекватності;

$S^2_{(y)}$ – дисперсія відтворюваності.

Якщо отримані розрахунком значення F_p – критерія не перевищують табличних даних $F_т$, то з відповідною довірчою вірогідністю поліноміальну залежність можна вважати адекватною. При перевірці адекватності були використані таблиці F – критерія Фішера при 5% – му рівні значимості [8], тому довірча вірогідність складає 95%.

Дисперсія адекватності представляє остаточну суму квадратів ($\sum_{i=1}^{n} \Delta Y^2\, i = \sum_{i=1}^{n} (Y_o - Y_p)$) різниць між експериментально заміряними значеннями Y_o та розрахованими по поліноміальним залежностям Y_p, поділену на число ступенів вільності f:

$$S^2_{\text{ад}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \Delta Y_i^2}{f} \quad (12)$$

Число ступенів вільності f в плануванні експерименту дорівнює різниці між числом дослідів N і числом коефіцієнтів k, що визначаються:

$$f = N - k \quad (13)$$

Дисперсія відтворюваності $S^2_{(y)}$ може бути визначена шляхом постановки додаткових дослідів в одній з точок по залежності:

$$S^2_{(y)} = \frac{\sum_{i=1}^{n} \left(Y_i - \overline{Y}\right)^2}{n-1} \quad (14)$$

де n – число додаткових дослідів;

Y_i – значення параметра, яке отримується в і – му досліді;

$\overline{Y}$ – середнє значення заміряних параметрів.

Результати перевірки адекватності поліноміальних залежностей, які описують економічні та екологічні показники дизеля Д-243 наводяться в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати перевірки адекватності поліноміальних залежностей, які описують економічні та екологічні показники дизеля Д-242

Table 1 – The results of testing the adequacy of polynomial dependencies characterizing the economic and environmental performance of the diesel engine D-242

№	Найменування параметру	Дисперсія адекватності	Дисперсія відтворюваності	Розрахункове значення критерія Фішера	Табличне значення крітерія Фішера
		$S_{ад}^2$	S_y^2	$F_р$	$F_т$
1	Годинна витрата повітря $G_{пов}$	7,504	8,714	0,861	19,2
2	Годинна витрата палива $G_{пал}$	$4{,}881 \cdot 10^{-3}$	0,002	2,306	19,2
3	Питома витрата палива g_e	1,345	1,501	0,896	19,2
4	Циклова подача палива $q_ц$	1,088	0,065	16,65	19,2
5	Концентрація у ВГ оксидів вуглецю CO	$4{,}345 \cdot 10^{-4}$	0,0003	1,418	19,2
6	Концентрація у ВГ вуглеводневих сполук C_mH_n	13,274	2,25	5,899	19,2
7	Концентрація у ВГ оксидів азоту NO_x	286,607	60025	$4{,}774 \cdot 10^{-3}$	19,2
8	Димність відпрацьованих газів N	0,836	3,197	0,26	19,2
9	Ефективний крутний момент $M_к$	4,717	1,501	3,143	19,2

Висновки

Для оцінки паливної економічності, екологічних і енергетичних показників дизеля 4Ч11,0/12,5 (сімейства Д-240, Д-241, Д-242, Д-243) силового обладнання дорожніх машин були проведені експериментальні випробування, по визначенню зовнішніх швидкісних характеристик.

Отримані в результаті експерименту максимальна потужність N_e, максимальний крутний момент $M_к$ і питома ефективна витрата палива g_e відповідають значенням для дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-242), наведеним в [2].

Значення коефіцієнту запасу крутного моменту для дизеля за стандартних налаштувань коректора паливоподачі при яких проводились випробування складає 25,5%, при цьому значення запасу крутного моменту для дизеля Д-242 згідно з [2] становить 15^{+1}_{-7}%, завдяки чому в подальших дослідженнях можна буде зменшити витрату палива і токсичність відпрацьованих газів.

Як показують проведені дослідження по визначенню екологічних показників та паливної економічності дизеля, які отримані від одного фактору (від частоти обертання колінчастого валу дизеля) адекватно описуються поліноміальними залежностями другого ступеня.

Перелік посилань

1. Архангельский В.М., Вихерт М.М., Воинов А.Н., Степанов Ю.А., Трусов В.И., Ховах М.С. Автомобильные двигатели: учеб. Москва, 1977. 591 с.
2. Липницкий Э.И. Дизели Д-240, 245 и их модификации: техническое описание и инструкция по эксплуатации. Минск, 1986. 88 с.
3. Гутаревич Ю.Ф., Корпач А.О. Випробування двигунів внутрішнього згоряння: навч. посіб. Київ, 2002. 191 с.
4. Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В., Говорун А.Г., Корпач А.О., Мержиєвська Л.П. Екологія автомобільного транспорту: навч. посіб. Київ, 2002. 312 с.
5. Мороз В.В. Математична модель дизеля для використання в системі водій–автомобіль–дорога. Системні методи керування, технологія, та організація виробництва, ремонту та експлуатації автомобілів. Київ, 2003. Вип. 16. С.147-151.
6. Рафалес–Ламарка Э. Э., Николаев В.Г. Некоторые методы планирования и математического анализа биологических экспериментов: учеб. пособ. Киев, 1971. 119 с.
7. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий: учеб. пособ. Москва, 1976. 279 с.
8. Зедгинадзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем: учеб. Москва, 1976. 390 с.

DETERMINATION OF THE EXTERNAL SPEED CHARACTERISTICS OF THE POWER EQUIPMENT OF ROAD MACHINES

Moroz Valentyn V., National Transport University, Department of Machine Engineering for Transport Construction, Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, frostvaliko@gmail.com, +380442809773, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 226, https://orcid.org/0000-0003-3000-4961
Kovbasenko Sergii V., National Transport University, Department of Machine Engineering for Transport Construction, Candidate of Science (Engineering), Professor, svkovsv@gmail.com, +380442809773, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 226, https://orcid.org/ 0000-0002-7309-8200
Levkivskyi Sergii A., National Transport University, Department of Machine Engineering for Transport Construction, Senior Lecturer, s.a.levkovsky@gmail.com, +380442809773, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 226, https:// orcid.org/0000-0003-1515-4240.

Abstract. The paper deals with the issue of determining the fuel efficiency and toxicity of exhaust gases of power equipment of road machines operating in traction modes, namely, plow and plow-brush snowplows based on a pneumatic wheeled tractor.

The object of research is fuel efficiency and toxicity of exhaust gases of power equipment.

The purpose of the study is to experimentally determine the external speed characteristics of a 4Ч11,0 / 12,5 diesel engine (D-240, D-241, D-242, D-243 families), namely: maximum power N_e, maximum torque $M_к$; hourly consumption of fuel $G_{пал}$ and air $G_{пов}$, specific effective fuel consumption g_e; concentrations of harmful substances in the exhaust gases: carbon monoxide *CO*, hydrocarbon compounds C_mH_n, nitrogen oxides NO_x and opacity *N* of the exhaust gases.

The paper presents the results of experimental studies to determine the energy performance (maximum power N_e and maximum torque $M_к$) of a diesel engine (4Ч11,0/12,5 (D-242)) of power equipment; fuel efficiency indicators (hourly fuel consumption $G_{пал}$ and specific effective fuel consumption g_e); hourly air consumption $G_{пов}$; concentrations of harmful substances in the exhaust gases: carbon monoxide *CO*, hydrocarbon compounds C_mH_n, nitrogen oxides NO_x and opacity *N* of the exhaust gases. Which are obtained with the position of the fuel supply control, which corresponds to the maximum fuel supply from the diesel crankshaft speed. The above indicators were determined at standard diesel fuel supply settings.

Based on the obtained external speed characteristics N_e, $M_к$, $G_{пал}$, g_e, $G_{пов}$, *CO*, C_mH_n, NO_x and *N*, mathematical (polynomial) dependencies were determined, which are described from the speed of the diesel crankshaft, and their adequacy was checked.

The studies carried out made it possible to determine the main direction of increasing fuel efficiency and reducing emissions of harmful substances of a diesel engine.

Key words: External speed characteristics, energy and environmental performance, fuel efficiency, harmful substances, exhaust gases, polynomial models, adequacy.

References

1. Arkhangelskii V.M., Vikhert M.M., Voinov A.N., Stepanov Yu.A., & Trusov V.I. Avtomobilnyie dvigatieli (Automotive engines): Tutorial. Moscow, 1977. 591 s. [in Russian].

2. Lipnitskii E.I. Dizeli D-240, 245 i ikh modifikatsii (Diesels D-240, 245 and their modifications): Technical description. Minsk, 1986. 88 s. [in Belarusian].

3. Gutarevych Yu.F., & Korpach A.O. Vyprobuvannia dvyguniv vnutrishnogo zgoriannia (Testing of internal combustion engines): Tutorial. Kyiv, 2002. 191 s. [in Ukrainian].

4.Gutarevych Yu.F., Zerkalov D.V., Govorun A.G., Korpach A.O., & Merzhyievska L.P. Ekologiia avtomobilnogo transportu (Ecology of road transport): Tutorial. Kyiv, 2002. 312 s. [in Ukrainian].

5. Moroz V.V. Matematychna model dyzelia dlia vykorystannia v systemi vodii–avtomobil–doroga (Mathematical model of a diesel engine for use in the driver-car-road system). Systemni metody keruvannia, tekhnologiia, ta organizatsia vyrobnytsva, remontu ta ekspluatatsii avtomobiliv. Kyiv, 2003. №16. S. 147-151. [in Ukrainian].

6. Rafales–Lamarka E.E., Nikolaiev, V.G. Nekotoryie metody planirovaniia i matematicheskogo analiza biologicheskikh eksperimentov (Some methods of planning and mathematical analysis of biological experiments): Tutorial. Kyiv, 1971. 119 s. [in Ukrainian].

7. Adler Yu.P., Markova E.V., Granovskii Yu.V. Planirovanie eksperimenta pri poiskie optimalnykh uslovii (Planning an experiment to find optimal conditions): Tutorial. Moscow, 1976. 279 s. [in Russian].

8. Zedginadze I.G. Planirovanie eksperimenta dlia issliedovaniia mnogokomponentnykh sistem (Planning an experiment to study multicomponent systems): Tutorial. Moscow, 1976. 390 s. [in Russian].

УДК 330: 338
UDC 330: 338
DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-303-308

РОЛЬ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В СИСТЕМІ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

THE ROLE OF ECONOMIC SECURITY IN THE NATIONAL SECURITY SYSTEM



Васільцова Наталія Миколаївна, *кандидат економічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, Pilipenko_natali@ukr.net., тел. (044)2803016, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к.313*

https://orcid.org/0000-0002-9897-5310



Дулеба Андрій Дмитрович, *кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри виробництва, ремонту та матеріалознавства, e-mail: a.d.duleba@gmail.com, тел. (044)2809805, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к.104а*

https://orcid.org/0000-0001-6333-1737



Дулеба Надія Вікторівна, *кандидат економічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри економіки, e-mail: N.V.Duleba@gmail.com, тел. (044)2803016, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к.313*

https://orcid.org/0000-0002-3881-2413



Кириченко Ганна Володимирівна, *кандидат економічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, anna_dazenko@ukr.net, тел. (044)2803016, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к.313*

https://orcid.org/0000-0002-3783-0804

Анотація. В статті розкрито суть економічної безпеки в системі національної безпеки, визначені її основні функції та завдання, а також чинники, що визначають особливе місце економічної безпеки серед інших видів системи національної безпеки. Розглянуті правові передумови формування економічної безпеки України, а також критичність нинішньої економічної ситуації. Виділені основні індикатори економічної безпеки, проведення моніторингу яких може допомогти органам державної влади приймати виважені обґрунтовані рішення.

Ключові слова: економічна безпека, чинники економічної безпеки, економічна політика, економічна криза, система забезпечення економічної безпеки держави

Постановка проблеми. Проблема економічної безпеки держави поставала перед народами в усі часи і виникла вона з появою самої держави. Актуальність цього питання для України не зменшується і в наш час, особливо під час загострення агресії з боку росії.

Актуальність проблеми національної безпеки України визначається історичним феноменом: розвиток міждержавних стосунків супроводжується зростанням кількості воєнних конфліктів, техногенних і природних катастроф, матеріальних витрат і людських втрат. Для подолання цієї

проблеми потрібно створити систему забезпечення економічної безпеки, яка б допомагала підтримувати нормальне функціонування економіки, виявляти загрози та вживати адекватні заходи щодо їх відвернення та нейтралізації, захист економічних інтересів особи, суспільства, сім'ї, держави, здійснення соціально-спрямованої економічної політики.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Поняття "економічна безпека" є відносно новим в українському лексиконі, хоча воно досить поширене та давно використовується у практичній діяльності на Заході. Досить широко ця проблема знайшла відображення у працях закордонних учених: А. Абалкіна, В. Сенчагова, В. Медведєва, С. Афонцева, А. Пороховського, А. Нестерова, К. Самсонова, Е. Бухвальда, А. Городецького, В. Тамбовцева, А. Ілларіонова. Серед українських учених значний інтерес становлять праці В. Косевцова, І. Бінька, Я. Жаліла, С. Воронцова, В. Мунтіяна, В.Шлемка, Б. Губського, С. Пирожкова, Г. Пастернака-Таранушенка. У працях цих учених висвітлені особливості визначення сутності та складових економічної безпеки держави, аналізу та оцінки економічної безпеки, формування напрямів її забезпечення.

Мета статті. Метою цього дослідження є аналіз економічних процесів, які функціонують в економіці України, і є матеріальною основою національної суверенності, формування відповідної державної політики та розробка механізмів її реалізації.

Виклад основного матеріалу дослідження. В системі національної безпеки економічна безпека виконує чітко визначені функції, несе на собі суттєве функціональне навантаження. Її сутність полягає у тому, що вона є матеріальною основою національної суверенності, що визначає реальні можливості в забезпеченні інших видів безпеки. Тобто економічна безпека – це підґрунтя для функціонування всіх інших її елементів, що входять у цю систему (військової, технічної, продовольчої, екологічної, фінансової, кадрової, правової, інформаційної).

Виділяють такі чинники, що визначають особливе місце економічної безпеки серед інших видів системи національної безпеки [1]:

1. При вирішенні проблем в усіх сферах діяльності підкреслюється базисна роль економіки, тому що виробництво, розподіл і споживання матеріальних благ первинні для кожної з них і визначають життєдіяльність та життєздатність суспільства. Не може бути військової безпеки при слабкій і неефективній економіці, так само як не може бути одночасно ні військової, ні економічної безпеки в суспільстві, яке переживає соціальні конфлікти.

2. В Україні криза суспільства найбільшою мірою охопила саме економіку, оскільки мали місце катастрофа планової економічної системи та намагання побудувати щось інше, схоже на капіталізм західного зразка. Подібна "перебудова" уже сама по собі є джерелом численних потрясінь, а отже, і загроз безпеці країни.

3. Наслідки загроз безпеці в будь-яких сферах можуть бути оцінені з економічного погляду, тобто йдеться про кількісний підрахунок збитків, на основі чого визначається система пріоритетів.

Економічна безпека – це складова частина національної безпеки, її фундамент і матеріальна основа. Забезпечення економічної безпеки є винятковою прерогативою держави. Ніхто інший не в змозі вирішити це завдання. У практичному плані забезпечити економічну безпеку країни означає створити якусь систему її самозбереження, що автоматично приводила б у рух її механізми захисту від тієї або іншої загрози.

Наша країна переживає складний історичний період державного становлення. Гостра і тривала економічна криза, яка вразила Україну чи не найбільше з усіх пострадянських республік, а нині ще й військовий стан, надзвичайно актуалізували питання її національної безпеки, передусім економічної.

На жаль, важливі рішення, які закладали основи стратегічного економічного розвитку Української держави після набуття нею незалежності, приймалися часто спонтанно, під тиском обставин, без належного наукового обґрунтування і врахування національних інтересів. Тому перші роки існування Української держави позначилися руйнуванням значного економічного потенціалу, що дістався їй у спадок. Характерний приклад – безсистемна, тотальна конверсія колись потужного військово-промислового комплексу, темпів якої не знала жодна країна світу. Було завдано колосальних збитків економіці України, зруйновано високий науково-технічний потенціал оборонної галузі, а висококваліфіковані спеціалісти оборонних підприємств залишилися без роботи, багато з них у пошуках кращої долі виїхали за кордон. Отже, економічний потенціал України, який є матеріальною основою національної безпеки, нині значно ослаблений.

Тривала економічна криза негативно вплинула на всі сфери національної безпеки. Досі дається взнаки спад виробництва, втрачається науково-технічний потенціал, спостерігається зниження життєвого рівня, згортаються інвестиційні процеси, зростає безробіття, розростається і міцніє "тіньовий" сектор економіки. Соціальне зубожіння широких верств населення, значна диференціація в доходах різних прошарків населення, зневіра у власні сили та владні структури стоять на заваді консолідації нації і становлять значну загрозу національній безпеці, у тому числі й економічній. У міжнародних відносинах спостерігається намагання деяких розвинених країн використати економічну ослабленість України у своїх національних інтересах.

Перед Україною постала проблема, яка полягає у певному протиріччі між необхідністю інтегруватися у світову економіку, з одного боку, та забезпечити внутрішню економічну інтеграцію, захист свого внутрішнього ринку, власного товаровиробника і національних інтересів, з іншого. При цьому слід враховувати, що світова економіка і далі залишається ареною зіткнення інтересів різних країн. Тож лише створення власної системи економічної безпеки дасть можливість уникнути потенційних руйнівних наслідків швидкого відкриття зовнішнього доступу до національної економіки, забезпечити її конкурентоспроможність, захистити вітчизняного товаровиробника та ефективно взаємодіяти з міжнародними фінансовими та економічними інституціями.

Правові передумови формування економічної безпеки було закладено в Декларації про державний суверенітет України (1990 р.) та Законі УРСР "Про економічну самостійність України". У Конституції України (1996 р.) вперше в правовому документі незалежної України (ст. 17) використовується словосполучення "економічна безпека". У Концепції (основах державної політики) національної безпеки (1997 р.) офіційного статусу та змістовного розкриття набуло поняття "економічна безпека" через національні інтереси, загрози національній безпеці та напрями державної політики національної безпеки в економічній сфері [6].

Протягом майже восьми років велася інтенсивна робота з формування правових підстав економічної безпеки. Так, у 1995 році Координаційний комітет для боротьби з корупцією і організованою злочинністю при Президентові України ініціював розроблення Концепції економічної безпеки України. Координатором та розробником цього документа виступило Міністерство економіки України. У серпні 1995 р. документ було розроблено, але офіційного статусу він і досі не набув. Держава не має офіційно затверджених концептуальних основ економічної безпеки. Інститутом економічного прогнозування НАН України у 1999 році здійснено спробу їх розроблення, було видано Концепцію економічної безпеки України, але вона так і залишилася у статусі наукового видання, а не проекту законодавчого документа. Тривалий час у Міністерстві економіки та з питань європейської інтеграції України велося розроблення Програми забезпечення економічної безпеки України, яка, як і Концепція, так і не вийшла зі стану проекту.

І лише 21 червня 2018 року вийшов закон України «Про національну безпеку України», який визначає основи та принципи національної безпеки і оборони, цілі та основні засади державної політики, що гарантуватимуть суспільству і кожному громадянину захист від загроз [4].

Критичність нинішньої економічної ситуації в тому, що або руйнівні процеси стануть незворотними і призведуть до втрати державності або, в кращому разі, забезпечать Україні роль другорядної держави і сировинного придатку високорозвинутих країн, або ж вдасться зупинити негативні процеси, домогтися економічного зростання і гідного місця у світі.

Отже, нині як ніколи перед нами постає надзвичайно важливе питання – забезпечення економічної безпеки України, що є одним з найважливіших національних пріоритетів і вимагає посиленої уваги представників владних структур, політичних партій, науковців, широкої громадськості, а також виступає гарантом державної незалежності України, умовою її прогресивного економічного розвитку і зростання добробуту громадян.

В умовах становлення ринкової економіки, коли держава вже не може директивними методами впливати на суб'єктів господарської діяльності, слід вжити заходи щодо оптимального впливу на процес суспільного відтворення (макроекономічні параметри, галузеві структури виробництва, ціни і грошово-фінансові потоки) для підтримки економічної безпеки України.

Одним із таких заходів є прийняття Закону України «Про національну безпеку України». Цей Закон відповідно до статей 1, 2, 17, 18 і 92 Конституції України визначає основи та принципи національної безпеки і оборони, цілі та основні засади державної політики, що гарантуватимуть суспільству і кожному громадянину захист від загроз [4].

Цим Законом визначаються та розмежовуються повноваження державних органів у сферах національної безпеки і оборони, створюється основа для інтеграції політики та процедур органів державної влади, інших державних органів, функції яких стосуються національної безпеки і оборони, сил безпеки і сил оборони, визначається система командування, контролю та координації операцій сил безпеки і сил оборони, запроваджується всеосяжний підхід до планування у сферах національної безпеки і оборони, забезпечуючи у такий спосіб демократичний цивільний контроль над органами та формуваннями сектору безпеки і оборони.

Задля прийняття державними органами обґрунтованих рішень необхідно проводити моніторинг індикаторів економічної безпеки, який передбачав би передусім фактичне відстеження, аналіз і прогнозування важливих економічних показників.

Особливу увагу слід зосередити на таких загальних індикаторах економічної безпеки [3]:

- валовий внутрішній продукт (ВВП);
- темп інфляції;
- дефіцит бюджету;
- рівень безробіття;
- економічне зростання;
- рівень та якість життя;
- енергетична залежність;
- інтегрованість у світову економіку;
- сальдо експорту-імпорту;
- стан демографічних процесів;
- державний внутрішній та зовнішній борги;
- діяльність "тіньової" економіки.

Важливе значення мають порогові значення індикаторів, вихід за межі яких веде до руйнівних тенденцій у сфері економіки.

Формування системи національної економічної безпеки повинно здійснюватися, виходячи з цілей і принципів забезпечення економічної безпеки, шляхом розробки правових норм, які регулюють стосунки в сфері економіки, створення органів державної влади й управління в цій сфері, визначення основних напрямків їхньої діяльності, а також налагодження відповідних механізмів контролю за діяльністю цих органів.

Мета системи забезпечення економічної безпеки полягає у підтриманні нормального функціонування економіки, виявленні загроз та вжиття адекватних заходів щодо їх відвернення та нейтралізації, захисті економічних інтересів особи, суспільства, сім'ї, держави, здійсненні соціально-спрямованої економічної політики.

Система забезпечення економічної безпеки повинна відповідати таким основним вимогам:

- ✓ функціонування в межах, визначених законом;
- ✓ забезпечення надійного захисту національних інтересів;
- ✓ прогнозування і своєчасне відвернення загроз економічній безпеці;
- ✓ ефективне функціонування як у звичайних так і в надзвичайних умовах;
- ✓ наявність чіткої структури і функціональне розмежування органів законодавчої, виконавчої та судової гілок влад;
- ✓ відкритість і гласність у необхідних межах щодо діяльності відповідних органів, що входять в зазначену систему.

Система забезпечення економічної безпеки повинна складатися з органів законодавчої, виконавчої і судової гілок влади, підприємств, організацій, громадян та об'єднань громадян. Вона повинна функціонувати в таких режимах:

- повсякденному;
- підвищеної готовності;
- глобального застосування;
- локального застосування.

Забезпечення економічної безпеки особи, суспільства, держави здійснюється на основі розмежування повноважень між суб'єктами системи, в якій діє [4]: Президент України, Верховна Рада України, Рада національної безпеки і оборони України, Кабінет Міністрів України, міністерства та відомства, Конституційний суд України, суди загальної юрисдикції, Органи прокуратури, Органи

місцевої державної влади, місцевого самоврядування, підприємства, організації, Громадяни та об'єднання громадян.

Висновки

В системі національної безпеки економічна безпека виконує чітко визначені функції, несе на собі суттєве функціональне навантаження. Виділяють певні чинники, що визначають особливе місце економічної безпеки серед інших видів системи національної безпеки.

Наша країна переживає складний історичний період державного становлення. Гостра і тривала економічна криза, яка вразила Україну чи не найбільше з усіх пострадянських республік, а нині ще й військовий стан, надзвичайно актуалізували питання її національної безпеки, передусім економічної.

Тривала економічна криза негативно вплинула на всі сфери національної безпеки. Досі дається взнаки спад виробництва, втрачається науково-технічний потенціал, спостерігається зниження життєвого рівня, згортаються інвестиційні процеси, зростає безробіття, розростається і міцніє "тіньовий" сектор економіки. Соціальне зубожіння широких верств населення, значна диференціація в доходах різних прошарків населення, зневіра у власні сили та владні структури стоять на заваді консолідації нації і становлять значну загрозу національній безпеці, у тому числі й економічній. У міжнародних відносинах спостерігається намагання деяких розвинених країн використати економічну ослабленість України у своїх національних інтересах.

Тому, розроблення чіткої, дієвої і високорезультативної системи забезпечення економічної безпеки особи, суспільства, держави є нагальним питанням в нашій країні.

Перелік посилань

1. Губарєва І. О. Формування економічної безпеки України : монографія / Губарєва І. О. - Харків : Інжек, 2015. - 443 с.
2. Економічна безпека держави: навчально-методичний посібник / Живко З.Б., Черевко О.В., Копитко М.І., Зачосова Н.В., Живко М.О., Середа В.В., Занора В.О., Бієвець А.В.; за ред. Живко З.Б. Черкаси : видавець Чабаненко Ю.А., 2019. 240 с.
3. Жихор О. Б. Економічна безпека : підруч. для студентів ВНЗ / [О. Б. Жихор та ін.] ; за ред. д-ра екон. наук, проф. О. Б. Жихор, д-ра екон. наук, проф. О. І. Барановського ; Ун-т банк. справи Нац. банку України (м. Київ). - Київ : УБС НБУ, 2015. - 467 с.
4. Закон України «Про національну безпеку» [Електронний ресурс] – https://zakon.rada.gov.ua/
5. Лекарь С. І. Адміністративно-правовий механізм забезпечення економічної безпеки держави : монографія / Лекарь С. І. - Х. : Золота миля, 2013. - 477 с.
6. Шевченко Л. С Економічна безпека держави: сутність та напрями формування : монографія /., О. А. Гриценко, С. М. Макуха [та ін.] /за ред. д-ра екон. наук, проф. Л. С. Шевченко. - Х. : Право, 2019. - 321 с.

THE ROLE OF ECONOMIC SECURITY IN THE NATIONAL SECURITY SYSTEM

Vasiltsova Natalia M., Candidate of Economic Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, Pilipenko_natali@ukr.net., tel. (044)2803016, Ukraine, 01010, Kyiv, str. M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, k. 313, https://orcid.org/0000-0002-9897-5310
Duleba Andrii D., candidate of technical sciences, associate professor, National Transport University, associate professor of the department of production, repair and materials science, e-mail: a.d.duleba@gmail.com, phone (044)2809805, Ukraine, 01010, Kyiv, str. M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, k. 104a, https://orcid.org/0000-0001-6333-1737
Duleba Nadiya V., candidate of economic sciences, associate professor, National Transport University, associate professor of the Department of Economics, e-mail: N.V.Duleba@gmail.com, tel. (044)2803016, Ukraine, 01010, Kyiv, str. M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, k. 313, https://orcid.org/0000-0002-3881-2413
Kyrychenko Anna V., Candidate of Economic Sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, anna_dazenko@ukr.net, tel. (044)2803016, Ukraine, 01010, Kyiv, str. M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, k. 313, https://orcid.org/0000-0002-3783-0804

Abstract. The article examines the factors that determine the special place of economic security among other types of the national security system. Ukraine faced a problem, which consists in a certain contradiction between the need to integrate into the world economy, on the one hand, and to ensure internal economic integration, protection of its domestic market, its own producer and national interests, on the other. At the same time, it should be taken into account that the world economy continues to be an arena of conflict between the interests of different countries. Therefore, only the creation of one's own system of economic security will make it possible to avoid the potential destructive consequences of the rapid opening of external access to the national economy, ensure its competitiveness, protect the domestic producer and effectively interact with international financial and economic institutions.

The basic requirements to which the system of ensuring economic security must meet have been revealed.

Key words: economic security, national security, national security system, economic security indicators.

References

1. Gubareva I. O. Formation of economic security of Ukraine: monograph / Gubareva I. O. - Kharkiv: Inzhek, 2015. - 443 p. [in Ukrainian].
2. Economic security of the state: educational and methodological manual / Zhivko Z.B., Cherevko O.V., Kopytko M.I., Zachosova N.V., Zhivko M.O., Sereda V.V., Zanora V. O., Bievets A.V.; under the editorship Zhivko Z.B. Cherkasy: Yu.A. Chabanenko publisher, 2019. 240 p. [in Ukrainian].
3. Zhykhor O. B. Economic security: textbook. for university students / [O. B. Zhihor and others] ; under the editorship Dr. Econ. Sciences, Prof. O. B. Zhihor, Dr. Econ. Sciences, Prof. O. I. Baranovskyi; Bank University. affairs of the National Bank of Ukraine (Kyiv). - Kyiv: UBS NBU, 2015. - 467 p. [in Ukrainian].
4. Law of Ukraine "On National Security" [Electronic resource] - https://zakon.rada.gov.ua/. [in Ukrainian].
5. Lekar S. I. Administrative and legal mechanism for ensuring the economic security of the state: monograph / Lekar S. I. - Kh.: Golden Mile, 2013. - 477 p. [in Ukrainian].
6. Shevchenko L. S. Economic security of the state: essence and directions of formation: monograph /., O. A. Hrytsenko, S. M. Makuha [and others] / edited by Dr. Econ. Sciences, Prof. L. S. Shevchenko. - Kh.: Pravo, 2019. - 321 p. [in Ukrainian].

УДК 658.3.007 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-309-315**
UDC 658.3.007

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ МЕХАНІЗМУ ПІДВИЩЕННЯ МОТИВАЦІЇ ОПЛАТИ ПРАЦІ ПРАЦІВНИКІВ ПІДПРИЄМСТВ

FEATURES OF THE FORMATION OF THE MECHANISM FOR INCREASING THE MOTIVATION OF PAYING WORK FOR EMPLOYEES OF ENTERPRISES



Гречан Алла Павлівна, *доктор економічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри економіки, e-mail: grechan.ap@gmail.com, тел. +380674494014, Україна, 01010, м. Київ, вул. М.Омельяновича-Павленка, 1.*

http://orcid.org/0000-0003-3984-9952



Коба Артем Андрійович*, аспірант, Національний транспортний університет, Київ, Україна, koba-artem@ukr.net, Україна, 01010, м. Київ, вул. М.Омельяновича-Павленка, 1.*

https://orcid.org/0000-0002-6279-0074

Анотація. Стаття аналізує особливості формування механізму підвищення мотивації оплати праці працівників підприємств. Визначено відповідність «оплатних показників» законодавчому базисові України — зокрема, Кодексу законів про працю України № 322-08 від 23.07.1996 р. (ред. від 19.08.2022 р.) та Закону України «Про оплату праці» № 108/95-ВР від 24.03.1995 р. (ред. від 19.08.2022 р.). Окреслено соціальні, гуманітарні, політико-правові орієнтири «трудової винагороди» у вітчизняній доктрині праці. Проаналізовано генезу права на працю в Україні відповідно до положень ст. 43 Основного закону — Конституції України.

Розглянуто філософсько-термінологічне підґрунтя відносин «роботодавець – працівник». Визначено позитивні та негативні аспекти оплатності трудового договору (ТД) та цивільно-правової угоди (ЦПУ) відповідно до трудового законодавства України та положень Цивільного кодексу України № 435-IV від 16.01.2003 р. (ред. від 01.08.2022 р.).

Здійснено аналіз механізмів підвищення оплати праці працівників у розвинених країнах світу – країнах ЄС, США, Великобританії та ін. Зокрема, окреслено прецеденти формування «зарплатної політики» від Європейської конфедерації профспілок (ETUC, European Trade Union Confederation) серед 27 країн-членів ЄС, механізми підвищення оплати праці та встановлення мінімальних (граничних) допустимих меж трудової винагороди відповідно політики Відділу праці США (US Department of Labor), особливості формування оплатно-зарплатної політики Великобританії, що спрямовується та координується Національною економічною радою (National Economic Council).

Виділено особливості стимулювання працівників шляхом підвищення оплати праці. Досліджено феномен «work-life balance» (баланс роботи та особистого життя) та оплатну політику підприємств як першопричину його генерації.

Узагальнено напрями профспілкового захисту зайнятої особи від систематичних порушень за трудовим законодавством — в Україні, ЄС, США та Великобританії відповідно.

В межах механізму доведено взаємозв'язок між оплатою праці та рівнем персональної мотивації працівника. Виокремлено дефініцію «шкала сатисфакції працівника» (job satisfaction scale) як психологічну константу, характерну для дослідно-управлінської доктрини США.

Ключові слова: персонал, оплата праці, мотивація працівників, механізм, соціальна політика, стимулювання, трудова політика.

Вступ. Постановка проблеми. Оплата праці зайнятої особи — економічний, політико-соціальний та культурний феномен, що визначається рівнем сталості державної політики окремих держав. Враховуючи вищезазначене, академічної вагомості набуває дослідження стратегій підвищення «економічної вимірності» фондів оплати праці відповідно реалій України та деяких розвинених держав світу (країн ЄС, США, Великобританії). Водночас, важливим видається дослідження специфіки формування механізму підвищення мотивації оплати праці працівників підприємств в контексті зарплатної політики крізь призму тенденцій оподаткування прибутку працівника та доходів компанії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Феномен стилістики підвищення мотивації плати праці зайнятих осіб є предметом наукових обговорень вітчизняних та зарубіжних науковців. Варто виділити доктринальний доробок Л. Булигіної, Д. Голосніченка, О. Івашиної, О. Колота, Ф. Уебстер, Т. Шультена, Е. Сьодіна та ін.

Мета статті — узагальнити тенденційні особливості формування механізму підвищення мотивації оплати праці працівників підприємств.

Виклад основного матеріалу. В результаті дослідження констатуємо, що вітчизняні механізми підвищення мотивації оплати праці працівників підприємств носять радше декларативно-нормативну, аніж інституційно-забезпечувальну основу (приклад країн ЄС, США, Великобританії). Так, Кодексом законів про працю України № 322-08 від 23.07.1996 р. (ред. від 19.08.2022 р.) встановлюється презумпція оплати праці як винагороди за виконану роботу (Глава VII КЗпП — ст. 94-117) [1]. В свою чергу, Законом України «Про оплату праці» № 108/95-ВР від 24.03.1995 р. (ред. від 19.08.2022 р.) [2] визначається нормативно-гарантійний ценз отримання працівником винагороди (ст.12 Закону), організаційні основи оплати праці на підприємстві (ст. 15 Закону), особливості контрактної оплати праці (ст. 20 Закону) та право працівника бути обізнаним щодо розмірів фінансової винагороди пропорційно виконаним обсягам роботи (ст. 30 Закону) тощо. В свою чергу, на інституційному рівні забезпечення прав на гідну оплату праці в Україні здійснюють Державна служба України з питань праці та частково — Комітет Верховної Ради України з питань соціальної політики та захисту прав ветеранів, що, відповідно, спрямовують та координують стилістику «зарплатної політики», сформовану вітчизняним підприємницьким сектором.

Вітчизняна доктрина праці, водночас, кореспондує та походить від гуманно-правових підходів, закладених Основним законом — Конституцією України. На переконання Д. Голосніченка, отримання прибутку підприємством — наслідок виваженої оплатної політики. Остання формується із урахуванням забезпечення прав зайнятої особи у соціально-економічному сегментах — як чинник ефективізації виробництва, дана константа відповідає ідеології «виробничих пропорцій», заснованих на відповідності грошової винагороди рівню покладених на працівників обов'язків [3]. Доцільно відзначити, що ст. 43 Конституції України, у якій проголошується право на працю як т. зв. «природний абсолют», де-факто генералізує зайнятість населення як соціально-трансформаційну структуру сучасності.

Одночасної уваги потребує стилістика відносин роботодавця та працівника — відповідно до ст.47-48 Кодексу законів про працю України обов'язками роботодавця є своєчасність розрахунків із зайнятою особою та ведення облікової діяльності щодо її трудової активності [1].

Філософський підтекст відносин «роботодавець – працівник» виявляється у взаємній вигоді від співробітництва. Досліджуючи означений корелятивний рудимент, Ф. Уебстер вбачає дивідендом роботодавця — економічну стабільність підприємства, а потребою працівника — своєчасне отримання зарплатні у повному обсязі [4]. Ринково-економічна складова виявлена у поповненні державного бюджету за рахунок податкових платежів, що стягуються із роботодавця та зайнятої особи. Підвищена оплата за виконану роботу — відтак, спосіб індивідуальної сатисфакції виконавця та «замовника», поєднаний із державно-секторальними перевагами.

Пристосовуючи дану термінологію до законодавства України, доцільно звернути увагу на «юридичну полярність» правової природи оплати праці. Так, виконання роботи за трудовим договором

(ст. 21, Глава 3 КЗпП) [1] передбачає структурований «обмін» між працівником та роботодавцем у форматі «робота – оплата»; цивільно-правова угода не окреслена КЗпП або Цивільним кодексом України, проте виходить із звичаєво-правових стандартів та концептів ділового обороту. Відповідно, встановлення нормативів підвищення оплати праці видається ускладненим — предмет реновацій у випадку ЦПД не є чітко означеним — адже робота може виконуватись одноразово, нерегулярно, несистематично і т.д.

Поруч із тим, грошово-оплатна робоча політика ЄС відзначається послідовністю та орієнтацією на результативність. Європейська конфедерація профспілок (European Trade Union Confederation, ETUC) координує колективні переговори та політику структуризації зарплатні на малих та середніх підприємствах та корпоративних господарсько-прибуткових товариствах. В межах відповідного економічного механізму підвищення заробітної плати пов'язується із інфляцією (спосіб її часткового нівелювання) та забезпечення відповідності між «активністю» та «дохідністю» працівника. Крім того, ETUC формує передумови усунення гендерних зарплатних розривів (gender pay gap), гендерної нерівності зарплатної дискримінаційності шляхом встановлення мінімальної (порогової) грошової винагороди як «відправної точки» формування оплатно-трудового ринку [5].

Таким чином, політика ETUC як юрисдикційно-робітничого органу ЄС кореспондує положенням Договору про заснування Європейської спільноти 1986 р., Лісабонській угоді 2007 р. та Хартії ЄС з прав людини 2000 р. (діє із 2009 р.), та особливо — ст. 11 Конвенції про захист прав людини і основоположних свобод 1950 р. у контексті опціональної можливості пікетувань та протестів як відповіді на порушення порядку фінансово-економічної винагороди для зайнятих осіб. Перелічені нормативні акти ЄС встановлюють прецедент демократизованого, інклюзивного та економічно організованого транснаціонального суспільства Європи.

Водночас, в США політика формування оплатно-трудової сегментації координується Відділом праці США (U. S. Department of Labor) [6]. Аспекти підвищення оплати праці та преміювання походять від мінімальної заробітної плати (у США — 7,25 $). Також існує практика прийняття федеральних законів в рамках 50 штатів, що формують мінімальні показники оплати праці на підприємствах та аспекти, за якими трудову винагороду працівника може бути збільшено. Виконання зарплатних вимог та процедура дотримання нормованого робочого часу із пропорціями «винагорода — робота» покладені на Відділ заробітної плати та робочих годин Департаменту праці (The Department of Labor`s Wage and Hour Division).

Стандарти відповідності оплати праці обсягам виконаної роботи та підстави преміювання зайнятих осіб встановлено Законом про справедливі стандарти праці (Fair Labor Standards Act, FLSA). На рівні штатів США існує опція подання позову щодо виплати та / або стягнення невиплачених заробітної плати, премії або комісійних, з урахуванням обсягів виконаної роботи [6].

Застосовним та актуальним щодо практичних механізмів підвищення мотиваційної складової заробітної плати та забезпечення робочими місцями видається приклад Великобританії. Доцільно відмітити наступну статистичну інформацію: відповідно даних Управління національної статистики Великобританії, за січень–березень 2022 р. кількість вакансій у Великобританії зросла до показника 1 288 000, із переважним розвитком сфер соціальної роботи та здоров'я. Середня зарплатня зросла на 5,4% (включно із потенційним преміюванням), а зростання фактичної зарплатні становило 4,0% за період 12.2021 — 02.2022 р. Однак, через інфляцію подібні зростання заробітної плати дозволили виключно зберегти цензи трудової винагороди, проте не підвищити їх [7].

Формування мінімального рівня заробітної плати у Великобританії як елемент структуризації оплатно-трудової політики має схожу із США концепцію. Як відзначає Дж. Уолтмен, створення у 2008 р. Національної економічної ради (National Economic Council) у Великобританії посприяло «саморегуляції» ринку оплати праці, що, водночас, спрямовується опціональною можливістю працівника захищати власні права на грошову винагороду у профспілковому та судовому порядку відповідно. Також у Великобританії існує перелік «моральних та економічних аргументів «за та проти» встановлення мінімальної заробітної плати, що формує теоретичні прецеденти підвищення граничних показників оплатно-трудової респонденції [8].

Важливого значення у контексті потенційного підвищення мотиваційності оплати праці зайнятої особи, в той же час, набуває забезпечення компанією (підприємством) обліку часу роботи та часу відпочинку. У дослідженні Deloitte щодо «work-life balance» відзначається, що понаднормова праця та низька оплата фахової роботи може призводити до вигорання працівника (burnout), що негативно впливає на його професійну ефективність та затребуваність компанії [9]. Продовжуючи дану

тематику, Дж. Біркеншоу відмітила, що за допомогою злагодженого «work-life balance», працівник та команда можуть досягти ефективного професійного та економічного (зарплатного) розвитку [10].

Оплата праці напряму залежить від політики компанії щодо стимулювання та заохочення колективу. А. Херн [11] у власному дослідженні «робочої політики» Amazon та персони Дж. Безоса зазначив, що співробітники компанії отримують належні відпочинкові терміни (т. зв. «правило двох піц» — two pizza rule), та, водночас, забезпечуються необхідними інструментами для виконання професійних завдань та галузевого розвитку, і, як підсумок, підвищення показників заробітної плати внаслідок заохочень.

Вагома роль у забезпеченні оплатно-трудових інтересів зайнятої особи (включно із підвищенням оплати праці) належить профспілковим організаціям.

В Україні, відповідно до Кодексу законів про працю України, Закону України «Про профспілки, їх права та гарантії діяльності» та Закону України «Про колективні договори та угоди», профспілки виконують функцію «представницького захисту» трудових та соціально-економічних прав зайнятих осіб відповідно.

В свою чергу, у США задля забезпечення трудових прав зайнятих осіб функціонує Національна рада з трудових відносин (National Labor Relations Board), нормативною основною діяльності котрої є Національний закон про трудові відносини (National Labor Relations Act — NLRA), що із видозмінами функціонує із 1935 р. Актом, зокрема, передбачено заохочення колективних переговорів між об'єднаннями працівників та роботодавцями щодо нормативів, строків, вимог та ін. трудової діяльності. NLRA є демократичною основою працевлаштування США, що визначає опцію пошуку кращих грошово-фінансових пропозицій як невід'ємне право трудової політики (labor policy) [12].

У Великобританії права компетентних працівників реалізуються у доктринальній та законодавчих площинах. Так, доктрина передбачає координацію роботи профспілок Конгресом профспілок (Trade Union Congress - TUC, створений у 1867 р.), а також — Конгресом профспілок Шотландії (Scottish Trades Union Congress). Доцільно відзначити, що внаслідок юридичної рецепції у Ірландії (не входить до складу Об'єднаного Королівства) створено Конгрес профспілок (Irish Congress of Trade Unions), що вирішує семантичні питання якості працевлаштування. В свою чергу, нормативна основа діяльності профспілок у Великобританії має історичну ретроспективу — у 1825 р. було прийнято Закон про об'єднання (Combination Act 1825), що легалізував статус трудових об'єднань, після чого у 1871 р. було створено профільний Закон про профспілки (Trade Union Act 1871). Законодавчу тріаду на період 1900-х років замикав Закон про трудові суперечки 1906 р. (Trade Disputes Act 1906) — варто зауважити, що означеними нормативно-правовими документами передбачалося право зайнятої особи на пікет, страйк або мирні зібрання задля реалізації власних фінансових інтересів — за умови повної або часткової несплати роботодавцем визначених договором грошових сум у якості винагороди [13].

Подальша демократизація статусу профспілок, та, відповідно, покращення становища працівників підприємств у Великобританії відбулося у 1992 р. із прийняттям оновленого Закону про профспілки та трудові відносини (Trade Union and Labor Relations (Consolidation) Act 1992), який значно розширив права працівників на звернення до виконавчого органу трудових організацій з метою захисту соціально-економічних прав. Останні видозміни до «профспілкового законодавства» Великобританії було оприлюднено консервативним урядом у 2016 р. — із прийняттям Закону про профспілки (Trade Union Act 2016), яким було унормовано питання формування належної соціальної, економічної та трудової політики держави як передумови дотримання природних та похідних прав зайнятих осіб на підприємствах Великобританії — включно із презумпцією гідної оплати праці як загальнотрудовою константою «демократичного світу» [13].

Водночас, трудова політика країни, встановлення на нормативно-офіційному рівні граничних показників оплати праці повинні враховувати рівень сатисфакції працівника. У 2007 р. американським дослідником Смітом Т. В. із Університету Чикаго (University of Chicago) було впроваджено термін «JSS» — рівень робочої сатисфакції (job satisfaction scale). Автор відмітив тенденцію — належна оплата праці стала причиною соціальної сатисфакції для 47% працівників. Для порівняння, політика деяких іменитих компаній щодо обмеження оплатних розписів у США в умовах світової економічної девальвації знизила рівень сатисфакції від зайнятості до 33% [14].

Відтак, прецедент підвищеної оплати праці — не лише економічний (боротьба із інфляцією), але й соціальний інструмент директивного державного впливу. Належний рівень оплатно-трудової

політики підвищує не тільки «JSS», проте й корелятивні зв'язки між громадянами та державою — і, як наслідок, сприяє наповненню бюджетних фондів.

Висновки. Дослідження особливостей формування механізму підвищення мотивації оплати праці зайнятих на підприємствах осіб в Україні, ЄС та США дозволило дійти наступних умовиводів.

По-перше, презумпція отримання гідної заробітної платні працівником — демократичний наратив, що реалізується на нормативному рівні (Україна — КЗпП, ЗУ «Про оплату праці»; ЄС — Договір про заснування Європейської спільноти 1986 р., Лісабонська угода 2007 р., Хартія ЄС з прав людини 2000 р. (діє із 2009 р.), Конвенція про захист прав людини і основоположних свобод 1950 р.; США — Fair Labor Standards Act — FLSA) та National Labor Relations Act — NLRA; Великобританія – – Trade Union and Labor Relations (Consolidation) Act 1992 та Trade Union Act 2016).

По-друге, забезпечення соціально-економічних прав зайнятої особи нерідко здійснюють профспілкові організації, що функціонують на демократизовано-представницьких засадах (автору вбачається застосовним приклад Великобританії та фахова робота Конгресу профспілок (Trade Union Congress — TUC).

По-третє, прослідковується взаємозв'язок між формуванням стандартів оплатно-трудової політики, дотриманням роботодавцями принципу «work-life balance» та встановленням критеріїв «JSS» (рівень робочої сатисфакції). У США подібний феномен визнається психологічним.

Перелік посилань

1.Кодекс законів про працю України № 322-08 від 23.07.1996 р. *Відомості Верховної Ради.* Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text (дата звернення 19.08.2022 р.)

2.Закон України «Про оплату праці» № 108/95-ВР від 24.03.1995 р. *Відомості Верховної Ради.* Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/108/95-%D0%B2%D1%80#Text (дата звернення 20.08.2022).

3.Голосніченко Д., Довжик А. Оплата праці: проблеми та шляхи вирішення. *Вісник НТУУ «КПІ»*, 2014. № 3 (4). с. 185-189.

4.Webster, F. Theories of information society: Routledge, 2014. — 416 p.

5.ETUC (European Trade Union Confederation): Documents // ETUC official website // Режим доступу: https://etuc.org/en/publications (дата звернення 20.08.2022).

6.U. S. Department of Labor : Minimum Wage Topic // USDL official website // Режим доступу : https://www.dol.gov/general/topic/wages/minimumwage#:~:text=The%20federal%20minimum%20wage%20for,of%20the%20two%20minimum%20wages. (дата звернення 20.08.2022).

7.Labour Market Overview : Office for National Statistics UK, April 2022 // Режим доступу: https://www.ons.gov.uk/releases/uklabourmarketapril2022. (дата звернення 20.08.2022).

8.Waltman, J. Minimum Wage Policy in Great Britain and the United States : Algora Publishing, New York, 2008. — 224 p.

9.Deloitte: Engaging the workforce, Factsheet (2016) // Deloitte official website // Режим доступу : https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/human-capital/us-cons-engaging-the-workforce.pdf (дата звернення 20.08.2022)

10.Birkinshaw, J., Cohen, J. Make time for the work that matters : Harvard Business Review, 2013 // Режим доступу : https://hbr.org/2013/09/make-time-for-the-work-that-matters (дата звернення 15.08.2022)

11.Hern, A. The two-pizza rule and the secret of Amazon's success : The Guardian, 2018 // Режим доступу: https://www.theguardian.com/technology/2018/apr/24/the-two-pizza-rule-and-the-secret-of-amazons-success (дата звернення 15.08.2022)

12. National Labor Relations Board : National Labor Relations Act // NLRB official website // Режим доступу: https://www.nlrb.gov/guidance/key-reference-materials/national-labor-relations-act (дата звернення 20.08.2022)

13.Trade Unions : the current list and schedule : GOV. UK // UK Government official website // Режим доступу: https://www.gov.uk/government/publications/public-list-of-active-trade-unions-official-list-and-schedule/trade-unions-the-current-list-and-schedule(дата звернення 20.08.2022)

14.Smith, T. W. Job Satisfaction in the United States : NORC / University of Chicago, 2007. — 7 p.

FEATURES OF THE FORMATION OF THE MECHANISM FOR INCREASING THE MOTIVATION OF PAYING WORK FOR EMPLOYEES OF ENTERPRISES

Grechan Alla P., Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Economics Department (National Transport University), e-mail: grechan.ap@gmail.com, tel. +380674494014, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovich-Pavlenko, 1. http://orcid.org/0000-0003-3984-9952

Koba Artem A., Graduate student of the Department of Economics of the Faculty of Economics and Law, National Transport University, Kyiv, Ukraine, koba-artem@ukr.net, https://orcid.org/0000-0002-6279-0074

Abstract. The article analyzes the peculiarities of remuneration of employed persons in the business sector. Compliance of "pay indicators" with the legislative basis of Ukraine - in particular, the Code of Labor Laws of Ukraine No. 322-08 dated 07.23.1996 (ed. dated 08.19.2022) and the Law of Ukraine "On Remuneration" No. 108/95 was determined - VR from 03/24/1995 (edited from 08/19/2022). The social, humanitarian, political and legal orientations of "labor remuneration" in the domestic doctrine of labor are outlined. The genesis of the right to work in Ukraine is analyzed in accordance with the provisions of Art. 43 of the Basic Law of the Constitution of Ukraine.

The philosophical and terminological context of the "employer-employee" relationship is considered. The positive and negative aspects of the payment of an employment contract (TD) and a civil law agreement (CPU) are determined in accordance with the labor legislation of Ukraine and the provisions of the Civil Code of Ukraine No. 435-IV dated 16.01.2003 (edited from 01.08.2022).

An analysis of the mechanisms for increasing the wages of workers in the developed countries of the world – the EU, the USA, Great Britain, etc. – was carried out. In particular, the precedents of the formation of "salary policy" by the ETUC (European Trade Union Confederation) among the 27 EU member states, the mechanisms for increasing wages and establishing the minimum (marginal) permissible limits of labor remuneration in accordance with the policy of the US Department of Labor (U.S. Department) are outlined. of Labor), features of the formation of the wage and salary policy of Great Britain, which is directed and coordinated by the National Economic Council (National Economic Council).

Features of employee stimulation by increasing wages are described. The phenomenon of "work-life balance" (the balance of work and personal life) and the payment policy of enterprises as the root cause of its generation have been studied.

The mechanisms of trade union protection of an employed person against systematic violations of labor legislation are outlined — in Ukraine, the EU, the USA and Great Britain, respectively.

The relationship between remuneration and the level of personal motivation of the employee has been proven. The definition of the "job satisfaction scale" (job satisfaction scale) as a psychological constant characteristic of the research-management doctrine of the USA is singled out.

Keywords: personnel, remuneration, employee motivation, mechanism, salary, social policy, incentives, labor policy.

References

1.Kodeks zakoniv pro pracju Ukraïni [The Code of Labor Laws of Ukraine]. (n.d). *zakon.rada.gov.ua* Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text [in Ukrainian]. (Last accessed: 19.08.2022)

2. Zakon Ukraïni «Pro oplatu praci» [The Law of Ukraine "On wages"]. (n.d). *zakon.rada.gov.ua* Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/108/95-%D0%B2%D1%80#Text [in Ukrainian]. (Last accessed: 20.08.2022)

3.Golosnichenko, D., Dovzhik, A. (2014). Oplata praci : problemi ta shljahi virishennja [Payment of labor: problems and solutions]. *Visnik NTUU «KPI» (Politologija, sociologija, pravo) - Bulletin of NTUU "KPI" (Political science, sociology, law),* 3 (4), 185-189 [in Ukrainian]. (Last accessed: 25.06.2022)

4.Webster, F. Theories of information society: Routledge, 2014. — 416 p. [in English].

5.ETUC (European Trade Union Confederation): Documents // ETUC official website // Rezhim dostupu : https://etuc.org/en/publications [in English]. (Last accessed: 20.08.2022)

6.U. S. Department of Labor : Minimum Wage Topic // USDL official website // Rezhim dostupu : https://www.dol.gov/general/topic/wages/minimumwage#:~:text=The%20federal%20minimum%20wage%20for,of%20the%20two%20minimum%20wages [in English]. (Last accessed: 20.08.2022)

7.Labour Market Overview : Office for National Statistics UK, April 2022 // Rezhim dostupu: https://www.ons.gov.uk/releases/uklabourmarketapril2022 [in English]. (Last accessed: 20.08.2022)

8.Waltman, J. Minimum Wage Policy in Great Britain and the United States : Algora Publishing, New York, 2008. — 224 p. [in English].

9.Deloitte : Engaging the workforce, Factsheet (2016) // Deloitte official website // Rezhim dostupu : https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/human-capital/us-cons-engaging-the-workforce.pdf [in English]. (Last accessed: 20.08.2022)

10.Birkinshaw, J., Cohen, J. Make time for the work that matters: Harvard Business Review, 2013 // Rezhim dostupu : https://hbr.org/2013/09/make-time-for-the-work-that-matters [in English]. (Last accessed: 15.08.2022)

11.Hern, A. The two-pizza rule and the secret of Amazon's success: The Guardian, 2018 // Rezhim dostupu: https://www.theguardian.com/technology/2018/apr/24/the-two-pizza-rule-and-the-secret-of-amazons-success [in English]. (Last accessed: 15.08.2022)

12. National Labor Relations Board: National Labor Relations Act // NLRB official website // Rezhim dostupu: https://www.nlrb.gov/guidance/key-reference-materials/national-labor-relations-act [in English]. (Last accessed: 20.08.2022)

13.Trade Unions : the current list and schedule: GOV. UK // UK Government official website // Rezhim dostupu : https://www.gov.uk/government/publications/public-list-of-active-trade-unions-official-list-and-schedule/trade-unions-the-current-list-and-schedule [in English]. (Last accessed: 20.08.2022)

14.Smith, T. W. Job Satisfaction in the United States: NORC / University of Chicago, 2007. — 17 p. [in English].

УДК 656.13:330.341.1
UDC 656.13:330.341.1
DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-316-321

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ НА ІННОВАЦІЙНИХ ЗАСАДАХ

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF ROAD TRANSPORT ENTERPRISES ON INNOVATIVE BASIS



Гречан Алла Павлівна, *доктор економічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри економіки, e-mail: grechan.ap@gmail.com, тел. +380674494014, Україна, 01010, м. Київ, вул. М.Омельяновича-Павленка, 1.*

http://orcid.org/0000-0003-3984-9952



Хоменко Надія Володимирівна., *аспірантка, Національний транспортний університет, Київ, Україна, nadiakhomenko2@gmail.com, Україна, 01010, м. Київ, вул. М.Омельяновича-Павленка, 1.*

https://orcid.org/0000-0001-7301-9034

Анотація. Статтю присвячено узагальненню особливостей розвитку підприємств автомобільного транспорту на засадах активізації інноваційної діяльності.

Об’єкт дослідження – розвиток підприємств автомобільного транспорту.

Мета роботи – виявлення особливостей розвитку підприємств автомобільного транспорту на засадах інноваційності.

У статті узагальнено роль та значення інновацій у розвитку підприємств автомобільного транспорту. Виділено складові інноваційного середовища підприємств, інноваційного потенціалу господарюючого суб'єкта, а також вказано на фактори, що гальмують активне впровадження інновацій на підприємствах транспортного комплексу. Наведено напрями активізації інноваційної діяльності, що надають найбільший ефект для транспортного підприємства.

Акцентовано увагу на зростанні цінності інновацій для компаній, оскільки ефективність діяльності підприємства, здатність його досягти сталого розвитку у сучасних умовах безпосередньо залежить від рівня інноваційної активності, масштабу та характеру застосування технологічних, технічних, організаційних, маркетингових інновацій у всіх сферах діяльності.

Результати дослідження можуть бути впроваджені в системі наукових засад щодо забезпечення розвитку підприємств на інноваційних засадах.

Ключові слова: транспорт, інновації, інноваційна діяльність, розвиток, інноваційний розвиток, автотранспорт, автотранспортне підприємство, конкурентоспроможність.

Вступ. Постановка проблеми. Автомобільний транспорт є важливою частиною транспортної системи країни, а ефективне функціонування цієї системи створює необхідні умови для модернізації та інноваційного розвитку національної економіки, для забезпечення задоволення транспортних потреб населення, а також для інтеграції у світову економічну систему. Розвиток автомобільного транспорту визначає також можливості держави щодо створення умов для вирівнювання соціально-економічного розвитку регіонів та забезпечення пов'язаності території держави.

Важко переоцінити роль автомобільного транспорту в транспортній системі України, оскільки він є лідером серед всіх видів транспорту за обсягами перевезень як пасажирів, так і вантажів.

Оцінка діяльності українського ринку автомобільних перевезень свідчить про те, що, незважаючи на загальне задоволення потреб національної економіки та суспільства в перевезеннях, удосконалення потребують рівень якості послуг, структура автопарку, технологічний стан транспортних засобів тощо. Усе це не найкращим чином впливає на конкурентоспроможність автомобільного транспорту України як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

З урахуванням циклічної динаміки національної та глобальної економіки, періодичності виникнення фінансової, економічної, соціальної, політичної кризи, пандемії, та навіть війни, кожному підприємству необхідно будувати власну стратегію розвитку з урахуванням індивідуальних галузевих особливостей на засадах активного використання сучасних досягнень світового суспільства. Усе це підвищує важливість дослідження особливостей розвитку підприємств автомобільного транспорту та визначальної роли при цьому активізації впровадження інновацій.

Мета і завдання дослідження: дослідити загальні особливості розвитку підприємств автомобільного транспорту на інноваційних засадах та систематизувати теоретичні підходи в контексті виявлення їх специфічних галузевих стратегій з урахуванням сучасних викликів на всіх рівнях економічної системи.

Виклад основного матеріалу. Унаслідок воєнних дій росії проти України транспортна система, як і вся економіка нашої країни зазнала значних матеріальних збитків. Враховуючи, що транспортна галузь є однією з ключових, то її відновлення та розвиток набувають першочергового значення, оскільки роль транспорту визнається надзвичайно важливою і багатогранною:

- це один з основних елементів забезпечення військового комплексу;
- це і вагоме джерело податкових надходжень у державний і місцеві бюджети;
- це значний потенціал формування робочих місць на ринку праці, як ключової складової сфери послуг;
- це базис для розвитку, передовсім, промисловості та сільського господарства через формування оптимальної логістики між ними в контексті раціонального поєднання інтересів та здійснення відповідних сполучень між багаточисленними виробниками та споживачами.

Отже, розвиток транспорту забезпечує виробничі зв'язки між головними секторами економіки України, здійснює перевезення вантажів та пасажирів, є фактором формування географічного розподілу праці, сприяючи в той же час спеціалізації і кооперації підприємств, окремих галузей і регіонів.

Автомобільний транспорт, який здійснює комплекс робіт та послуг, що пов'язані із підготовкою, організацією та здійсненням автомобільних перевезень людей та вантажів, включаючи технічну експлуатацію автотранспортних засобів, транспортно-експедиційні роботи та ін., є найбільш поширеним у галузі, що обумовлено його особливостями [1]:

− продукцією автомобільного транспорту є транспортна послуга, тобто фізичне переміщення вантажів або людей, корисний ефект від послуги і є споживча вартість транспортної продукції;

− на автомобільному транспорті процес виробництва і реалізації продукції поєднані в єдине ціле;

− вартість перевезення вантажу автомобільним транспортом додається до вартості виробництва цього вантажу, тому змінюється не тільки споживча вартість, але й вартість перевезених вантажів на величину транспортних витрат;

− в структурі витрат на виробництво транспортної продукції відсутні витрати на сировину, натомість в затратах знаходиться велика частка заробітної плати та витрати на паливо;

− надання транспортних послуг вагомо залежить від зовнішнього середовища: реальних умов експлуатації транспорту, стану дорожнього покриття, погодних умов.

Унікальність автомобільного транспорту полягає в тому, що він здатний доставити вантаж або пасажира безпосередньо швидше за інші види транспорту. По суті, можна швидше та дешевше побудувати маршрут до місця призначення.

До основних переваг автомобільного транспорту також можна віднести:

− високу мобільність (автомобільний транспорт може проводити навантаження, а також вивантаження товару практично у будь-якому місці);

− досить швидку доставку вантажу;

− можливість стежити за станом вантажу під час перевезення;

− відсутність будь-яких проміжних операцій, порівняно із залізничним транспортом;

− можливість доставки вантажу в будь-яке призначене місце (магазин, завод, залізничний вокзал тощо);

− висока ефективність на короткі дистанції.

Попит на транспортні послуги визначається вантажними та пасажирськими потоками, напрямок яких встановлюють, відповідно, вантажовласники та населення. Обсяги пасажирських перевезень мають більший ступінь стабільності, оскільки пов'язані з необхідністю переміщення громадян за різними, проте досить чітко прогнозованими причинами. Що ж до вантажних перевезень, то тут більше варіантів переміщення продукції, жорсткіше конкурентне суперництво між вантажовідправниками, транспортними підприємствами, посередниками тощо.

Слід також враховувати і основні недоліки автомобільного транспорту, серед яких:

− невелика вантажопідйомність (10-15 т), як наслідок – низький рівень продуктивності праці;

− потреба в рідкому світлому паливі (найдорожчому);

− висока собівартість перевезення (у десятки разів вища, ніж на залізничному та водному);

− великі трудовитрати на перевезення (на автотранспорті зайнято всіх, хто працює на транспорті) та ін.;

− можуть виникати складнощі в логістиці за умов зруйнованої дорожньої інфраструктури.

Усі зазначені особливості автотранспортного комплексу вимагають адаптивного їх врахування при формуванні напрямів економічного розвитку, застосуванні методів і моделей прогнозування, обґрунтуванні стратегічних альтернатив, впровадженні дієвих інновацій.

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується значними темпами та масштабами змін, що відбуваються в економічній, соціальній, екологічній сферах. Нова економічна ситуація відрізняється процесами глобалізації та турбулентності, конкуренцією, що посилюється, розвитком процесів інтернаціоналізації бізнесу, а також умовами військового стану, що ставить на порядок денний необхідність формувати стратегію розвитку підприємства базуючись на сучасних тенденціях з урахуванням всіх чинників зовнішнього впливу. Як доводить теорія і свідчить досвід, основою перетворень на всіх рівнях є активне впровадження інновацій, які забезпечують реалізацію визначених концептуальних положень [2, с.15] розвитку всього транспортного комплексу і, зокрема автомобільного (рис.1).

Стратегічний розвиток підприємства є основою його довгострокового успішного функціонування на внутрішньому та зовнішніх ринках збуту, а також запорукою досягнення достатнього рівня конкурентоспроможності чи підвищення цього рівня. При цьому важливим інструментом розвитку є інноваційна активність суб'єктів підприємницької діяльності. [3]

Конкурентоспроможність транспортних послуг під час впровадження інновацій є двигуном інноваційної діяльності. Вона дає можливість задовольнити можливості більш якісно та ефективно порівняно з іншими подібними послугами, які надають на цьому ринку. Колосальну значимість має фактор часу: несвоєчасне та із запізненням прийняте рішення про застосування інновацій може призвести до небажаних результатів та втрат [4]. Таким чином, інноваційна діяльність на транспортному підприємстві має бути орієнтована в першу чергу на вдосконалення перевезень та вантажно-розвантажувальні роботи, а також на скорочення витрат експлуатації рухомого складу.

Інноваційний процес відіграє важливу роль при приведенні та підтримці в технічно справному стані автопарку на транспортному підприємстві. Насамперед, це стосується тих підприємств транспорту, які мають власну базу для технічного обслуговування та ремонту автомобілів, а також до спеціальних підприємств автосервісу. Досягнення у сфері організації виробництва, технологій та техніки виступають у ролі інновацій та служать на розвиток транспортного підприємства.

У даний час велику роль відіграє і застосування сучасних прогресивних способів технічного обслуговування та ремонту, відновлення деталей та збільшення їх зносостійкості, управління якістю, що надаються послуг, включаючи стимулювання працівників.



Рисунок 1 – Тенденції розвитку автомобільного транспорту в контексті впровадження інновацій

Figure 1 – Road transport development trends in the context of innovation implementation

Інноваційний процес стосується також технології управління транспортною компанією. Виникнення кризи у діяльності компанії, наприклад, кризи ліквідності, неплатоспроможності, нерідко стає поштовхом до інновацій у сфері управління, змін до організаційної структури. Водночас неадекватні методи управління підприємствами нерідко спричиняють настання фінансової кризи.

Розвиток автомобільного транспорту сприяє його оснащенню сучасним рухомим складом, підвищенням питомої ваги автомобільного транспорту загального використання, концентрації автомобільного парку на великих підприємствах, удосконаленню транспортного процесу.

Зазвичай фінансування інновацій в автотранспортних підприємствах здійснюється за рахунок власних коштів, не рідко трапляється ситуація коли підприємства, особливо державні, працюють збитково і не мають можливості впроваджувати інновації. Така ситуація призводить до зменшення конкурентоспроможності не лише підприємства, а і країни в цілому[5].

Тому, з метою виправлення ситуації, важливими інноваціями автотранспортних підприємств на сучасному етапі можуть бути:

− розвиток виробничо-технічної бази з обслуговування і ремонту рухомого складу;
− «розумна навігація», яка допоможе передбачити і уникати ДТП;
− підвищення коефіцієнту інтенсивності використання автомобільного рухомого складу;
− поглиблення транспортно-експедиційного обслуговування з виконанням послуг збору і транспортування дрібних відправлень автомобільним транспортом;
− оновлення автопарку (використання автомобілів з вищим рівнем відповідності екологічним стандартам).

Водночас, широкому впровадженню інновацій на автотранспортних підприємствах перешкоджають такі чинники, як відсутність коштів у межах підприємства, недоступність пільгових кредитів або приватного капіталу, зависокі витрати на інновації, недостатня кваліфікація працівників, відсутність партнерів по співпраці, труднощі в отриманні державної допомоги або субсидій для інновацій, невизначений попит на інноваційні ідеї, занадто велика конкуренція на ринку тощо.

Висновки: Транспортне підприємство – важлива частина транспортно-логістичної системи, мета роботи якої полягає в організації доставки, переміщення товарно-матеріальних цінностей з однієї точки в іншу за найкращим і оптимальним маршрутом.

До інновацій на транспортному підприємстві можна віднести: покращення роботи систем управління, впровадження нових методів керування (складання стратегічного плану на основі впровадження різних інновацій), підвищення якості обслуговування пасажирів, удосконалення автопарку підприємства. Використання прогресивних методів технічного обслуговування автомобілів та ін.

Інноваційна діяльність на автотранспортному підприємстві має бути орієнтована насамперед на досягнення головної мети – підвищення конкурентоспроможності як самого підприємства, так і послуг.

Зрештою інноваційна діяльність на кожному автотранспортному підприємстві має бути орієнтована на досягнення головної мети – підвищення конкурентоспроможності як самого підприємства, так і наданих споживачам послуг. У сучасних умовах для перспективного розвитку галузі транспортного підприємства на основі інновацій доцільно використати ефективний інструментарій, який сприяє формуванню та реалізації інноваційної політики.

Перелік посилань

1.Маркетинг у сфері транспортних послуг [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://buklib.net/books/37186/

2. Розвиток економічних та науково-технічних основ транспорту п’ятого покоління. Монограф. / Геєць В.М., Волошин О.І., Дзензерський В.О., Никифорук О.І.– К., 2020. – 254 с.

3. Olena G. Parfentieva, Pavlo Yu. Grechan and Alla P. Grechan Stimulating innovative activity as a tool for ensuring strategic development of motor transport enterprises / Management Science Letters, Canada 2019.5.022 https://www.researchgate.net/journal/Management-Science-Letters-1923-9335/3?sortBy=hash

4.Савчук О. В., Захарова О. В. Стратегічна напрямки розвитку потенціалу національної транспортної системи України / Вісник Маріупольського державного університету. Серія: Економіка. – 2017. – Вип. 2. – С. 42-52.

5.Шатіло О. В. Вплив інновацій на розвиток автотранспортних підприємств України. Стратегія економічного розвитку України. Збірник наукових праць. -Київ: КНЕУ імені Вадима Гетьмана, 2018. – Т. 43. – С. 118-128.

FEATURES OF THE DEVELOPMENT OF ROAD TRANSPORT ENTERPRISES ON INNOVATIVE BASIS

Grechan Alla P., Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Economics Department (National Transport University), e-mail: grechan.ap@gmail.com, tel. +380674494014, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovich-Pavlenko, 1. http://orcid.org/0000-0003-3984-9952
Khomenko Nadiia V., Ph.D. student, National Transport University, Kyiv, Ukraine, nadiakhomenko2@gmail.com, https://orcid.org/0000-0001-7301-9034

Abstract. The article is devoted to the study of the features of the development of road transport enterprises on the basis of innovation.

The object of the study is the development of road transport enterprises.

The purpose of the work is to identify the features of the development of road transport enterprises based on innovativeness.

The article considers the definition of innovations, reveals their economic essence, the role and significance of innovations in the development of road transport enterprises is determined. The components of the innovative environment of organizations, the innovative potential of the economic entity, as well as the factors inhibiting the active implementation of innovations at enterprises are highlighted. The areas of innovative activity that provide the greatest financial and economic effect for transport organizations are given.

The value of innovation for companies is constantly increasing. The efficiency of the enterprise, the ability to achieve sustainable development in modern conditions depends on the level of innovative activity, the scale and nature of the application of technological innovations in all spheres of activity. innovations in transport, transport enterprise, introduction of innovations, classification of innovations

The results of the research can be implemented in the system of scientific principles for ensuring the development of enterprises on the basis of innovation.

Key words: transport, innovations, innovative activity, development, innovative development, motor transport, motor transport enterprise, competitiveness.

References

1.Marketynh u sferi transportnykh posluh URL: https://buklib.net/books/37186/ [in Ukrainian]

2.Rozvytok ekonomichnykh ta naukovo-tekhnichnykh osnov transportu p″yatoho pokolinnya. Monohraf. / Heyets′ V.M., Voloshyn O.I., Dzenzers′kyy V.O., Nykyforuk O.I.– K., 2020. – 254 s. [in Ukrainian]

3. Olena G. Parfentieva, Pavlo Yu. Grechan and Alla P. Grechan Stimulating innovative activity as a tool for ensuring strategic development of motor transport enterprises / Management Science Letters, Canada 2019.5.022 https://www.researchgate.net/journal/Management-Science-Letters-1923-9335/3?sortBy=hash

4. Savchuk O.V., Zaharova O. V. Strategichna napryamki rozvitku potencialu nacionalnoyi transportnoyi sistemi Ukrayini // Visnik Mariupolskogo derzhavnogo universitetu. Seriya: Ekonomika. – 2017. – Vip. 2. – S. 42-52.

5.Shatilo O. V. Vpliv innovacij na rozvitok avtotransportnih pidpriyemstv Ukrayini. Strategiya ekonomichnogo rozvitku Ukrayini. Zbirnik naukovih prac -Kiyiv: Kiyivskij nacionalnij ekonomichnij universitet imeni Vadima Getmana, 2018. –T. 43. – S. 118-128. [in Ukrainian]

УДК 658.3:338.1
UDC 658.3:338.1
DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-322-331

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕК ОНОМІКИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ ГОСПОДАРЮВАННЯ

CONCEPTUAL APPROACHES TO ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE NATIONAL ECONOMY IN MODERN ECONOMIC CONDITIONS



***Козак Людмила Степанівна**, кандидат економічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри «Економіка», e-mail: lskozak1@gmail.com, тел.: +380442803016, Україна, 01010, Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1,*

https://orcid.org/0000-0003-3995-172X



***Федорук Олеся Володимирівна**, кандидат економічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Економіка», e-mail: olesiavfedoruk@gmail.com, тел.: +380977487357, Україна, 01010, Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1,*

https://orcid.org/0000-0002-7402-4174

Анотація. У статті досліджено сутність та основні компоненти концепції сталого розвитку. Проаналізовано базові принципи забезпечення сталого розвитку в умовах сучасності. Обґрунтовано передумови для реалізації концепції сталого розвитку в практиці господарювання. Досліджено проблеми у сфері забезпечення сталого економічного розвитку. Сформовано загальні рекомендації щодо реалізації концепції сталого розвитку національної економіки.

Для України втілення постулатів сталого розвитку й декларування сталості як основного імперативу є необхідною умовою із соціальних, економічних, конкурентних, політичних позицій. Нині країна має широкий спектр законодавчих, нормативних і рекомендаційних документів для реалізації принципів сталості. Наразі необхідним є вдосконалення та якнайповніше використання всіх існуючих елементів механізму забезпечення соціально-економічного розвитку. Актуальним є підвищення ефективності соціально-економічної та екологічної політики держави, забезпечення їхньої взаємоузгодженості та взаємодоповнюваності. Усе це дасть змогу забезпечити економічний добробут і конкурентоспроможність країни за одночасного зниження навантаження на навколишнє середовище.

Сталий розвиток позиціонується як важливий імператив для сьогоднішнього та майбутніх поколінь, новий етап поступального розвитку людства, що потребує реформування наявних підходів на всіх рівнях. Етапи до формулювання дієвої концепції сталого розвитку потребують таких кроків: визначення наявного стану несталості, тобто шляхів і параметрів досягнення сталості й подолання відстані сталості; чіткого визначення параметрів, на яких доцільно і можливо розпочинати напрацювання та впроваджувати концепції, програми сталого розвитку; визначення взаємозв'язків між рівнями впровадження концепції сталості; зміни сприйняття багатьох економічних, виробничих, соціальних та інших процесів щодо впливу на збалансованість розвитку, тобто визначення сталого

розвитку як доктрини розвитку на всіх рівнях; створення максимально повної інформаційної бази та інфраструктури; забезпечення відповідності правового поля вимогам сталості; адаптування чинних методичних підходів до вимог сталості розвитку національної економіки.

Ключові слова: стратегія сталого розвитку, національна економіка, міжнародна безпека, економічна безпека підприємства, управлінські рішення, економічна ефективність, соціально та екологічно ефективна економіка, економічне зростання, ресурсоефективність, економіка сталого розвитку.

Вступ. З глобальної точки зору концепція сталого розвитку вважається панівною ідеологією XXI століття, що пояснюється усвідомленням світовою спільнотою необхідності забезпечити узгодження інтересів сучасності і майбутнього таким чином, щоб економічне зростання здійснювалось на раціональних засадах, з врахуванням принципової обмеженості наявних ресурсів і важливості гармонізації зв'язків між економічною, соціальною і екологічною системами.

У сучасних економічних реаліях концепція сталого розвитку починає своє існування із зустрічі двох основоположних траєкторій: економічного зростання та екологічної обізнаності. Концепція сталого розвитку набагато ширша, ніж концепція економічного зростання: вона інтегрує соціальні та культурні цінності та елементи, що не враховуються звичайними економічними розрахунками (цінність природних благ та нематеріальної спадщини). Здійснивши перехід ідеології від еко-розвитку, що включає такі компоненти як довкілля та розвиток, до сталого розвитку, що поєднує в собі екологічний, економічний та соціальний вектори, було поступово започатковано нову стратегію розвитку в усьому світі, яка дозволяє сформулювати декілька суттєвих перспективних змін у баченні зв'язків людини із навколишнім світом та проведенні політики з підтримки такого бачення світу урядами.

Цілі сталого розвитку створюють в Україні нову систему взаємоузгоджених управлінських заходів за економічним, соціальним та екологічним вимірами, спрямовану на формування суспільних відносин на засадах довіри, солідарності, рівності поколінь, безпечного навколишнього середовища. Основою сталого розвитку є невід'ємні права людини на життя та повноцінний розвиток.

Глобальний економічний розвиток призводить до екокатастроф, при цьому ставиться під загрозу не тільки задоволення життєво важливих потреб та інтересів майбутніх поколінь людей, але й сама можливість їхнього існування. Виникла ідея розв'язати цю суперечність завдяки переходу до такого цивілізаційного розвитку, що не руйнує своєї природної основи, гарантуючи людству можливість виживання та подальшого безперервного, тобто керованого сталого розвитку. У найзагальнішому сучасному розумінні, довгостроковою метою світового співтовариства є триєдність завдань економічного розвитку, сталості й справедливості. Основою формування нової моделі екологічно збалансованого розвитку поступово стає термін «сталий розвиток».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значний вплив на формування наукових уявлень про сталий розвиток, стабільність, глобалізацію формують праці класиків теорії і методології розвитку економічних систем; розробників теорії циклів та криз; представників фізико-біологічного концептуального підходу в економіці; дослідників теорії глобалізації. Проблеми сталого розвитку на глобальному рівні, а також на рівні держави, регіонів України та окремих галузей вивчали О. Амоша, Г. Брундланд, А. Вебер, В. Гарбар, Ґ. Дейлі, Д. Елкінгтон, Д. Медоус, О. Новікова, А. Назаретян, Н. Пашкова, О. Піняга, Дж. Річардсон, Р. Солоу та ін.

Попри широке вивчення сталого розвитку у вітчизняному та іноземному науковому середовищі, необхідне детальне дослідження генезису поняття сталого розвитку та його складових. З огляду на невизначеність до цього часу у вітчизняному науковому середовищі системи сталого розвитку і недостатньо повний аналіз підходів до його запровадження, необхідний огляд і систематизація цих підходів. Низка проблемних питань залишається недослідженою, зокрема, невизначеними залишаються шляхи та механізми реалізації сталого економічно безпечного розвитку в межах нестійких соціально-економічних систем в умовах глобалізації.

Аналіз наукової літератури показує наявність наступних проблем у сфері практичної реалізації засад сталого економічного розвитку:

− на сьогоднішній день на підприємствах України реалізація концепції сталого розвитку в західноєвропейському та північноамериканському форматах не набула значного поширення, що пояснюється фінансовою неспроможністю суб'єктів господарювання забезпечення реалізації

стратегічних проєктів в соціальній і екологічній сфері та відсутністю достатньої інформаційної підтримки даного процесу з боку держави та вітчизняних неурядових організацій;

− на відміну від закордонної практики, відсутні корпоративні стандарти, принципи, оцінні критерії реалізації концепції сталого розвитку, не розповсюджена відповідна нефінансова звітність;

− публікації про впровадження практик сталого розвитку на конкретних українських підприємствах практично не зустрічаються в загальному обсязі публікацій з питань сталого розвитку.

Постановка завдання. Основними цілями статті є: дослідження сутності та основних компонентів концепції сталого розвитку; аналіз базових принципів забезпечення сталого розвитку в умовах сучасності; обґрунтування передумов для реалізації концепції сталого розвитку у практиці господарювання; дослідження проблем у сфері забезпечення сталого економічного розвитку; формування загальних рекомендацій щодо реалізації концепції сталого розвитку національної економіки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Процес переходу до сталого розвитку є глобальним, і окремо взята країна не може перейти на цей шлях, доки інші країни будуть залишатись у межах старої моделі розвитку. Тому важливо використовувати процес глобалізації та спрямувати насамперед його економічний, екологічний і соціальний складник на реалізацію цілей сталого розвитку. Тим самим, процес глобалізації, що розгортається з ініціативи постіндустріальних держав, транснаціональних корпорацій і всесвітніх організацій, став би сприяти переходу світового співтовариства не до постіндустріального, а до стабільного майбутнього всієї цивілізації. ООН пов'язала розвиток з охороною навколишнього середовища, проте варто вийти на ширшу концепцію, пов'язавши розвиток з безпекою в усіх сферах. Ідеться про одночасне забезпечення економічної ефективності та економічної безпеки, соціальної справедливості та соціальної безпеки, екологічної безпеки та коеволюційного розвитку завдяки забезпеченню еколого-енергетичної безпеки як стану міжнародних відносин, що забезпечує міжнародну безпеку завдяки сталому економічному зростанню світогосподарського розвитку при зниженні негативного впливу від змін клімату та зменшення залежності від вичерпності енергетичних ресурсів за умов співпраці та взаємодопомоги між розвиненими і країнами, що розвиваються [1].

Процес глобалізації істотно впливає на постановку проблеми безпеки. Стає очевидним, що зусилля, які направляються на забезпечення безпеки окремо взятого об'єкта безпеки – держави, суспільства, особистості, підприємства, повинні одночасно сприяти і глобальній безпеці, тобто безпеці всього людства. Це означає, що безпека будь-якого об'єкта не може бути забезпечена повною мірою без забезпечення глобальної безпеки.

Систематизація праць видатних науковців дозволила узагальнити сутність поняття «сталий розвиток» та розуміти його як еволюційний процес змін при взаємозв'язку соціального, екологічного та економічного векторів. До цих трьох вихідних параметрів сталого розвитку додаються три інтерфейси: «придатність до життя», «справедливість» та «життєздатність». Оскільки сталий розвиток базується на поняттях інтеграції та пошуку балансу, вони повинні розглядатися в поєднанні з однаковою мірою і цінністю та не повинні бути ієрархічними.

Термін «сталий розвиток» є українським відповідником англійського терміну «sustainable development», дослівний переклад якого з урахуванням контексту може бути «життєздатний» або «тривкий розвиток», а розширене його тлумачення – самопідтримуваний розвиток. Стратегія сталого розвитку є альтернативою парадигмі економічного зростання, яка ігнорує екологічну небезпеку від розвитку суспільства за екстенсивною моделлю.

За визначенням Всесвітнього комітету з питань довкілля і розвитку при ООН сталий розвиток можна розглядати як зобов'язання суспільства діяти у спосіб, що підтримуватиме життя, і дозволить нащадкам жити комфортно у дружньому, чистому і здоровому світі. Тобто сталий розвиток – це розвиток суспільства без зростання, яке призводить до виходу за межі господарської ємності біосфери; під розвитком мається на увазі якісне покращення, а під зростанням – кількісне збільшення (табл. 1) [2].

Таблиця 1 – Основні властивості, притаманні феномену економічної сталості
Table 1 – The main properties inherent in the phenomenon of economic sustainability

Назва	*Характеристика*
Витривалість	Властивість системи зберігати свої функціональні особливості або можливості їх відновлення в умовах зміни чинників зовнішнього середовища від тих параметрів, що вважаються оптимальними. Тобто підприємство як система, повинне мати таку організаційну та управлінську структуру, щоб кожен елемент цієї системи самовідновлювався та виконував свої функції незалежно від змін у зовнішньому середовищі, використовував приховані можливості для запобігання негативного впливу зовнішнього середовища.
Толерантність	Характеристика системи, що показує здатність сприймати (або не сприймати) ті чи інші негативні параметри зовнішнього середовища. Тобто якщо система не може впливати або змінювати несприятливі прояви в зовнішньому середовищі, то мають вмикатися механізми, які допоможуть пережити ці впливи.
Стійкість	Властивість системи зберігати за наявності різноманітних параметрів зовнішнього середовища свою структуру і функціональні особливості, достатні для нормальної діяльності. При цьому мають місце такі закономірності: стійкість системи залежить, з одного боку, від її здатності реагувати на зовнішній вплив середовища, а з іншого – від стабільності самої системи, яка характеризується її внутрішніми чинниками. Стійкість соціально-економічної системи також пов'язується зі здатністю системи стабільно функціонувати, розвиватися, зберігати рух по наміченій траєкторії, з саморозвитком.
Опірність	Властивість системи протидіяти впливу зовнішнього середовища. Але важлива не лише протидія існуючим чинникам, а передбачення та недопущення їх проявів.
Адаптивність	Властивість системи, що використовується за умови неможливості здійснення опору зовнішньому середовищу. Елементи системи мають використовувати механізми пристосування до умов, що склалися, та можливості нейтралізації діючих чинників.

Головне завдання стратегії сталого розвитку полягає у забезпеченні умов збалансованого функціонування соціальної, економічної та екологічної складових системи «суспільство-природа» [3].

До завдань формування стратегії сталого розвитку можна віднести:

− дослідження стану соціальної, економічної, екологічної підсистем і процесів їх розвитку;

− вивчення природничо-наукових і соціально-економічних передумов прогресивного розвитку вказаних підсистем;

− оцінювання станів соціальної, економічної й екологічної підсистем в інтегрованих кількісних і якісних показниках;

− дослідження ролі інформаційних факторів в управлінні процесами переходу до сталого розвитку;

− розроблення концепцій і стратегій сталого розвитку територій, регіонів і країн;

− розроблення програм місцевих дій з охорони довкілля в контексті стратегії сталого розвитку;

− розроблення національних і місцевих планів дій з впровадження Стратегії Європейської економічної комісії ООН з освіти для сталого розвитку;

− визначення комплексу індикаторів, необхідних для достовірного оцінювання станів соціальної, економічної й екологічної підсистем;

− обґрунтування управлінських рішень і розроблення заходів для цілеспрямованої трансформації соціальної, економічної й екологічної підсистем;

− районування територій і регіонів за рівнем розвитку соціально-економічних підсистем з урахуванням екологічних обмежень;

– формування механізмів реалізації управлінських рішень для забезпечення сталого розвитку соціально-економічних систем.

Необхідною умовою переходу суспільства до сталого розвитку є виконання головних принципів (рис. 1) [4].

1. Принцип екологізації економіки. Перегляд економічної та секторальної політики з метою «інтерналізації екстерналій» – трансформування зовнішніх екологічних і соціальних факторів, пов'язаних з виснаженням природних ресурсів і забрудненням довкілля, у внутрішні витрати виробництва та їх інтеграцію в процес ринкового ціноутворення. Законодавче забезпечення інноваційної еколого-економічної політики включає торгівлю квотами на викиди, еко-трудову податкову реформу, розвиток органічного сектора.

2. Принцип еко-ресурсної ємності. Обмеження, які існують в галузі експлуатації природних ресурсів, хоча і відносні, але абсолютно реальні. Вони пов'язані в першу чергу із обмеженою здатністю біосфери до самовідновлення, а також із сучасним рівнем техніки і соціальної організації.

3. Принцип сталого споживання і виробництва. Необхідно погодити стиль життя суспільства, особливо тих, хто користується надмірними засобами, з екологічними можливостями планети, зокрема відносно використання енергії і матеріальних ресурсів – забезпечити виконання принципу самообмеження споживання і виробництва.

4. Принцип коеволюції. Коеволюційний розвиток полягає у симетричній коеволюції людських систем (цінності, знання, культура, технології і артефакти) та природних систем з їх постійною взаємодією, а також взаємним впливом і адаптацією до змін. Згідно парадигми коеволюції спроможність людства до адаптації буде завжди залишатись критично важливою. А це вимагає проведення екологобезпечної політики для збереження біологічного і ландшафтного різноманіття.

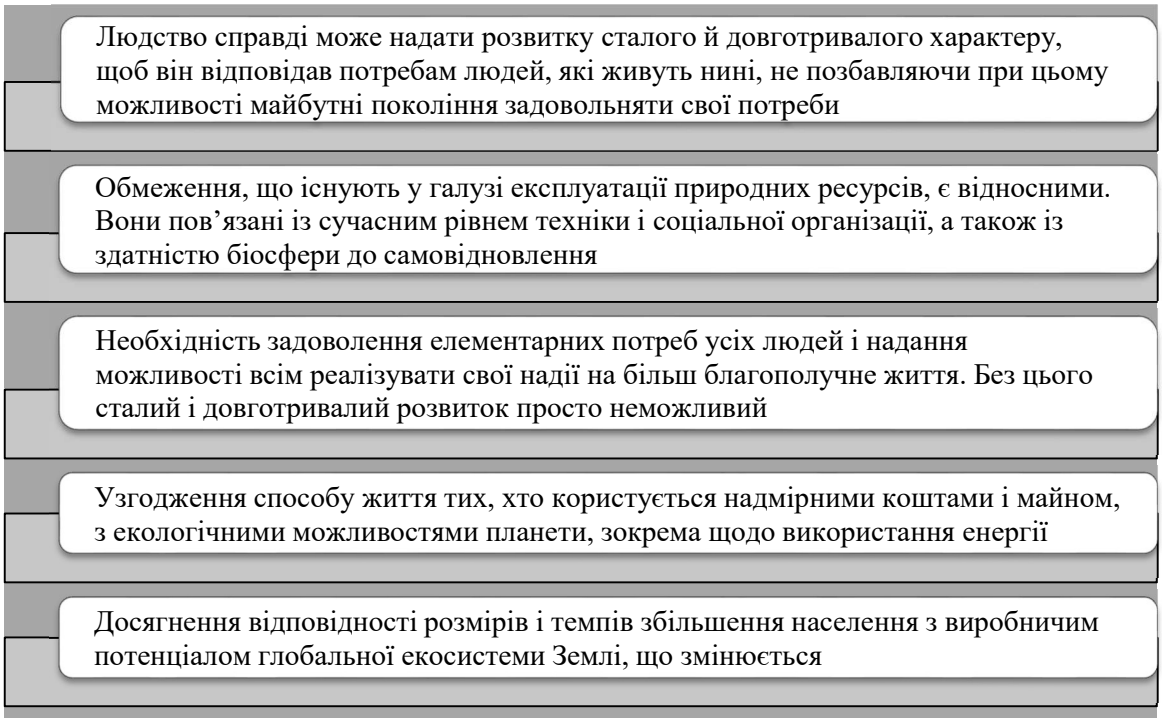


Рисунок 1 – Базові принципи концепції сталого розвитку
Figure 1 – Basic principles of the concept of sustainable development

Прикладами напрямів упровадження концепції сталого розвитку є:

– споживання ресурсів, зокрема енергетичних, має бути раціональним і повинно супроводжуватися заходами з поповнення запасів відновлюваних їх видів, а стосовно невідновлюваних – розвитком їх альтернативних джерел, новітніх ефективних способів постачання та підвищенням раціональності використання;

− будівництво доріг, будівель тощо має супроводжуватися відповідним зростанням зелених насаджень, щоб не погіршувати стан довкілля;

− зростання виробництва зерна має відбуватися не за рахунок виснаження чи будь-якого іншого погіршення якості ґрунту;

− у місцевостях видобутку корисних копалин створення підприємств, що не залежать від видобутку, щоб після вичерпання запасів майбутні покоління не мали економічних проблем;

− компенсування заробітною платою затрат на відновлення здоров'я, погіршеного через виконувану людиною роботу;

− застосування медичних препаратів і хірургічних операцій має не лише розв'язувати поточні проблеми, але й не призводити до погіршення стану здоров'я пацієнта в майбутньому, а також здоров'я наступних поколінь [5].

Стосовно поведінкових (ціннісних) особливостей резидентів України відносно аспектів сталого розвитку можна висловити певні гіпотези:

1. Резиденти України мають схильність до надмірного використання ресурсів – енергетичних, водних та інших.

2. Українському суспільству притаманний низький рівень довіри один до одного та до урядових структур, зокрема це стосується і сфери захисту навколишнього середовища.

3. Переважання відношення до природних ресурсів як до «дармового» блага, яке можна безкарно нищити та експлуатувати.

4. Високий рівень корумпованості при вирішенні питань розподілу природних ресурсів, зокрема наданні окремим особам повноважень щодо їх використання, привласнення різних видів ренти з них та ін.

5. Низький рівень сприйняття нових технологій, у т. ч. енерго-, водо- та теплозберігаючих. Передусім це стосується інформаційних технологій, які спричиняють прямий та опосередкований вплив на ці процеси.

6. Низький рівень обізнаності у сфері ресурсоефективності – галузі знань, що знаходиться на стику інженерії, економіки, юриспруденції та соціології й означає раціональне використання ресурсів, досягнення економічно доцільної ефективності використання існуючих ресурсів при дійсному рівні розвитку техніки та технологій.

7. Низький рівень доходів населення і, як наслідок, низький рівень життя і свободи вибору, що стосується і можливості обирати спосіб життя та впливає на формування поведінкових патернів, що відповідають принципам сталого розвитку.

8. Поведінкові патерни переважної більшості українців формуються в умовах орієнтованості більшою мірою на виживання, задоволення базових потреб, ніж на самореалізацію, згідно зі світовою картою цінностей Інґлхерта-Вельцеля, розробленою в рамках Світового дослідження цінностей [6].

Метою розвитку українського суспільства доцільно обрати гармонізацію суспільних відносин, що передбачає вільний розвиток і гідне існування кожного члена суспільства в гармонії із природою. Досягнення такої мети можливо такими чотирма принципово різними шляхами розвитку України:

1) продовження дії наявної власної короткострокової стратегії розвитку (із деякими вдосконаленнями), яка максимально адаптована до умов України, але далека від оптимальної;

2) копіювання неоліберально-ринкової стратегії розвитку країн ЄС та США, яка погано адаптована до умов України;

3) створення тимчасової власної неоліберально-ринкової стратегії розвитку на період до настання колапсу світового розвитку, яка добре адаптована до умов України;

4) створення власної стратегії майбутнього розвитку на довгострокову й далеку перспективу, яка ґрунтується на етиці та принципах сталого розвитку. Головними характеристиками такого шляху мають бути:

− заміна ліберально-ринкової етики й моралі на етику та мораль сталого розвитку;

− заміна ліберально-ринкової економіки на економіку сталого розвитку;

− вирівнювання споживчого, майнового та правового стану всіх верств населення;

− високі темпи розвитку людського потенціалу;

− визначення й неухильне дотримання межі експлуатації природних ресурсів України;

− максимальне збереження та рекреація природних ресурсів [7].

У короткотерміновій перспективі стратегічною метою України у процесі переходу до сталого розвитку має стати подолання наслідків криз, зокрема соціально-економічної, екологічної та

інституціональної, що розвинулися при формуванні ринкової економіки та демократичного громадянського суспільства, а також при реформуванні судової, земельної та інших інституціональних систем держави.

Щоб забезпечити рух до сталого розвитку Україні необхідно, в першу чергу, забезпечити:

1) економічну стабільність – шляхом створення соціально й екологічно ефективної економіки, яка б забезпечувала гідний рівень життя громадян і конкурентоспроможність продукції;

2) екологічну безпеку – шляхом поліпшення стану і якості навколишнього середовища, збереження і відновлення порушених природних екологічних систем та зниження рівня викидів і скидів забруднюючих речовин тощо;

3) соціальний достаток, головною метою якого є подовження середньої тривалості життя населення, забезпечення можливості отримання якісної медичної допомоги, розвиток соціальної інфраструктури, соціальний захист уразливих груп населення, планування родини та раціоналізація особистого споживання, розвиток соціальної активності людей тощо.

У довготерміновій перспективі акценти розвитку суспільства повинні зміщуватись з економічного зростання на соціально-екологічний розвиток, а з матеріальних цінностей – на морально-етичні та інформаційні.

Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року є орієнтирами для розроблення проєктів прогнозних і програмних документів, проєктів нормативно-правових актів з метою забезпечення збалансованості економічного, соціального та екологічного вимірів сталого розвитку України [8].

Стратегія сталого розвитку ЄС пропонує такий шлях прогресу, що інтегрує і збалансовує соціальні, економічні і природозахисні аспекти. Комісія виробила декілька ключових ідей, на основі яких може бути досягнуто консенсусу:

1. Увага до рівня життя – сталий розвиток має означати формування «правильного» балансу між різними факторами (економічними, соціальними і природозахисними), які впливають на загальний життєвий рівень.

2. Відповідальне ставлення до використання ресурсів – сталий розвиток також означає, що наступним поколінням необхідні ресурси, які б кількісно і якісно забезпечували можливість жити щонайменше так, як живуть сучасні суспільства.

3. Взаємозв’язаність у розробці політик. Через високий рівень внутрішньої залежності між різними секторами, вирішення деяких проблем залежить від розробників політик інших секторів. Наприклад, природозахисна політика твердо вимагає дій інших сфер, таких як підприємництво, енергетика, сільське господарство і транспорт. У свою чергу, транспортна політика залежить від оподаткування, досягнень і технологій.

До компонентів стратегії ЄС можна віднести:

1. Перелік головних завдань і особливих політичних ініціатив. Комісія запропонувала стратегію у чотирьох ключових сферах: зміни клімату, природні ресурси, громадське здоров’я і транспорт.

2. Список показників, що мають на меті покращення нових схем розробки політик – узгодження в майбутньому всіх головних пропозицій у економічних, природозахисних і соціальних аспектах.

3. Контроль за реалізацією стратегії [9].

Оцінка стану навколишнього середовища у Республіці Словаччина показує значне покращення якості повітря та води, зниження кількості відходів. Кількість звалищ сміття також значно знизилася, збільшилося використання вторинних ресурсів, було завершено створення системи національних парків. Фундаментальне спрямування Республіки Словаччина згідно з Національною стратегією сталого розвитку має бути довготривалим, систематичним та комплексним, соціально спрямованим на принципи сталого розвитку та їхнього практичного запровадження. Для цього потрібно запровадити принципи та критерії сталого розвитку і наступні довготривалі плани в сфері соціального життя:

• Розвинена демократична країна – інтеграція країни до важливих міжнародних політичних та економічних структур, використовуючи позитивні тенденції глобалізації, беручи відповідальність за глобальний розвиток світової спільноти, позитивний вплив міжнародного керування на стабільність.

• Сучасна країна та система публічного управління – розвиток плюралістичної політичної системи, формування відповідних юридичних інструментів, розбудова сучасних інституцій, якості та ефективності публічного управління від імені громадян.

• Розвинене громадянське суспільство – повна зміна ціннісних орієнтацій, формування юридичної свідомості, національної та історичної обізнаності, отримання високого рівня освіти та

інформування населення, їхня участь у прийнятті рішень, повноцінний розвиток всіх елементів суспільства.

• Соціальна солідарність та соціальний захист – соціальна політика, спрямована на підвищення персональної активності та відповідальності народу за них самих, для прийняття принципів соціальної солідарності, боротьби з бідністю та соціальною нерівністю, для підтримки процесів стимулювання державної політики щодо сім'ї та зайнятості, захисту прав населення та запобігання всім формам дискримінації.

• Збалансований територіальний розвиток – прийняття комплексу територіального планування. Переважний розвиток околиць та відстаючих регіонів, спрямування на міжрегіональні зв'язки.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напряму. Таким чином, сталий розвиток – це процес якісних змін, що передбачає збалансування інтересів підприємства в поточному і майбутньому періодах на засадах досягнення в динаміці економічної ефективності, фінансової стійкості, економічного зростання та розвитку екологічної і соціальної підсистеми підприємства та, як наслідок, макросистем вищого рівня, з урахуванням раціональних обмежень, що накладаються економічною безпекою підприємства і впливу чинників зовнішнього середовища.

Виходячи із загальної стратегії сталого розвитку і ролі кожного підприємства в життєдіяльності країни, підприємства повинні прагнути до того, щоб перетворитися на стійко функціонуючі високотехнологічні, екологічно безпечні організації, здатні забезпечувати людей необхідними благами і створювати матеріальні умови для неухильного підвищення якості їх життя в майбутньому. Для цього цілі, які ставлять перед собою підприємства, мають відповідати цілям концепції сталого розвитку.

Проведене дослідження сталого розвитку і його складових, поняття сталості та підходів до запровадження сталого розвитку дозволяє стверджувати, що сталий розвиток передбачає забезпечення сталого економічного зростання, за умови збереження стану економіки в масштабі, що не перевищує меж підтримуючої спроможності довкілля, і якщо суспільство готове нести відповідальність за збереження ресурсів для потреб майбутніх поколінь.

У сучасних економічних умовах загальними рекомендаціями щодо реалізації концепції сталого розвитку є:

− розробити стратегію, яка б забезпечувала стійке зростання підприємства на засадах дотримання оптимальних пропорцій свого внутрішнього розвитку і збалансованості з розвитком взаємодіючих із ним екологічної та соціальної систем, та, відповідно, корпоративні стандарти, принципи, оцінні критерії, форми звітності щодо впровадження концепції сталого розвитку;

− розробити систему моніторингу і контролю показників реалізації стратегії сталого розвитку за блоками: фінансова сталість, виробнича сталість, маркетингова сталість, соціально-екологічна сталість;

− вдосконалювати систему управління якістю на підприємстві;

− забезпечувати лояльність стейкхолдерів підприємства, в т. ч. шляхом здійснення благодійних заходів, реалізації інших соціальних проєктів;

− створити сприятливі умови для праці та розвитку персоналу;

− інвестувати кошти в модернізацію виробництва, застосування ресурсозберігаючих та екоефективних технологій, здійснення інноваційної діяльності.

Перелік посилань

1. Kozak L., Fedoruk O., Zaplitna T. Strategic Vectors of Sustainable Development of Ukraine's Economy in the Context of World Economic Dominants. In: Alareeni B., Hamdan A. (eds). Innovation of Businesses, and Digitalization during Covid-19 Pandemic. ICBT. Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. Volume 488. Springer, Cham. P. 319-338. [Scopus] https://doi.org/10.1007/978-3-031-08090-6_19

2. Бобух І. Поведінкова економіка та сталий розвиток: ключові аспекти взаємозв'язку // Економіст. 2016. № 6. С. 4-8. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/econ_2016_6_4

3. Жарова Л.В. Сучасні теорії менеджменту і сталий розвиток: точки перетину // Економіка та право. 2018. № 2. С. 132-139. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecpr_2018_2_16

4. Козак Л.С., Федорук О.В. «Зелений» тренд структурних змін та бізнес-ініціативи щодо сталого розвитку економіки на глобальному та національному рівнях // Науковий журнал «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво». 2022. Випуск 111. С. 298–309. Режим доступу: http://doi.org/10.33744/0365-8171-2022-111-298-309

5. Кузьміна О.С. Аналіз підходів до трактування поняття «сталий розвиток підприємства» // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. 2015. № 5 (1). С. 13-21. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchnu_ekon_2015_5%281%29__4

6. Куспляк Г.І., Куспляк І.С. Сталий розвиток: етапи становлення, сутність поняття, основні вектори та інтерфейси // Державне будівництво. 2020. № 1. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/DeBu_2020_1_11

7. Рябчин О.М. Сталий розвиток в умовах енергоефективного розвитку світової економіки // Сучасні питання економіки і права. 2011. Вип. 2. С. 81-85. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Spep_2011_2_17

8. Свистун К.О. Генезис поняття «сталий розвиток» та підходи до його запровадження // Молодий вчений. 2017. № 2. С. 326-333. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2017_2_79

9. Сморжанюк Т.П. Сталий розвиток в умовах глобалізації та його складові // Економічні інновації. 2013. Вип. 53. С. 253-260. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecinn_2013_53_29

CONCEPTUAL APPROACHES TO ENSURING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE NATIONAL ECONOMY IN MODERN ECONOMIC CONDITIONS

Kozak Liudmyla S., Ph.D., professor, National Transport University, head, department of Economics, e-mail: lskozak1@gmail.com, tel.: +380442803016, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka str., 1, https://orcid.org/0000-0003-3995-172X.

Fedoruk Olesia V., Ph.D., associate professor, National Transport University, associate professor, department of Economics, e-mail: olesiavfedoruk@gmail.com, tel.: +380977487357, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka str., 1, https://orcid.org/0000-0002-7402-4174.

Abstract. The article examines the essence and main components of the concept of sustainable development. The basic principles of ensuring sustainable development in modern conditions are analyzed. The prerequisites for implementing the concept of sustainable development in business practice are substantiated. The problems in the sphere of ensuring sustainable economic development are studied. General recommendations on the implementation of the concept of sustainable development of the national economy have been formulated.

For Ukraine, the implementation of the postulates of sustainable development and the declaration of sustainability as the main imperative is a necessary condition from the social, economic, competitive, and political points of view. Currently, the country has a wide range of legislative, regulatory and advisory documents for the implementation of sustainability principles. Currently, it is necessary to improve and make the most complete use of all existing elements of the mechanism for ensuring socio-economic development. Increasing the efficiency of the state's socio-economic and environmental policy, ensuring their mutual coherence and complementarity is urgent. All this will make it possible to ensure the economic well-being and competitiveness of the country while simultaneously reducing the burden on the environment.

Sustainable development is positioned as an important imperative for today's and future generations, a new stage in the progressive development of humanity, which requires reforming existing approaches at all levels. The steps to formulating an effective concept of sustainable development require the following steps: determination of the existing state of instability, that is, the ways and parameters of achieving sustainability and overcoming the distance of sustainability; clear definition of the parameters on which it is expedient and possible to start working on and implement concepts and programs of sustainable development; determining the relationships between the levels of implementation of the concept of sustainability; changes in the perception of many economic, industrial, social and other processes regarding the impact on balanced development, that is, the definition of sustainable development as a doctrine of development at all levels; creation of the most complete information base and infrastructure; ensuring compliance of the legal field with sustainability requirements; adaptation of current methodological approaches to the requirements of the sustainability of the development of the national economy.

Key words: strategy of sustainable development, national economy, international security, economic security of the enterprise, management decisions, economic efficiency, socially and ecologically efficient economy, economic growth, resource efficiency, economics of sustainable development.

References

1. Kozak L., Fedoruk O., Zaplitna T. Strategic Vectors of Sustainable Development of Ukraine's Economy in the Context of World Economic Dominants. In: Alareeni B., Hamdan A. (eds). Innovation of Businesses, and Digitalization during Covid-19 Pandemic. ICBT. Lecture Notes in Networks and Systems. 2023. Volume 488. Springer, Cham. P. 319-338. [Scopus] https://doi.org/10.1007/978-3-031-08090-6_19

2. Bobukh I. Povedinkova ekonomika ta stalyi rozvytok: kliuchovi aspekty vzaiemozviazku [Behavioral economics and sustainable development: key aspects of the relationship]. Ekonomist [Economist], 2016, № 6, pp. 4-8. Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/econ_2016_6_4

3. Zharova L.V. Suchasni teorii menedzhmentu i stalyi rozvytok: tochky peretynu [Modern theories of management and sustainable development: points of intersection]. Ekonomika ta parvo [Economy and law], 2018, № 2, pp. 132-139. Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecpr_2018_2_16

4. Kozak L.S., Fedoruk O.V. «Zelenyi» trend strukturnykh zmin ta biznes-initsiatyvy shchodo staloho rozvytku ekonomiky na hlobalnomu ta natsionalnomu rivniakh [Green trend of structural changes and business initiatives for the sustainable development of the economy at the global and national levels]. Naukovyi zhurnal «Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo» [Scientific and Technical Journal «Automobile Roads and Road Construction»], 2022, issue 111, pp. 298–309. Access mode: http://doi.org/10.33744/0365-8171-2022-111-298-309

5. Kuzmina O.S. Analiz pidkhodiv do traktuvannia poniattia «stalyi rozvytok pidpryiemstva» [Analysis of approaches to the interpretation of the concept of «sustainable development of the enterprise»]. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Ekonomichni nauky [Bulletin of the Khmelnytskyi National University. Economic sciences], 2015, № 5 (1), pp. 13-21. Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vchnu_ekon_2015_5%281%29__4

6. Kuspliak H.I., Kuspliak I.S. Stalyi rozvytok: etapy stanovlennia, sutnist poniattia, osnovni vektory ta interfeisy [Sustainable development: stages of formation, essence of the concept, main vectors and interfaces]. Derzhavne budivnytstvo [State construction], 2020, № 1. Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/DeBu_2020_1_11

7. Riabchyn O.M. Stalyi rozvytok v umovakh enerhoefektyvnoho rozvytku svitovoi ekonomiky [Sustainable development in the conditions of energy-efficient development of the world economy]. Suchasni pytannia ekonomiky i prava [Modern issues of economics and law], 2011, issue 2, pp. 81-85. Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Spep_2011_2_17

8. Svystun K.O. Henezys poniattia «stalyi rozvytok» ta pidkhody do yoho zaprovadzhennia [The genesis of the concept of «sustainable development» and approaches to its introduction]. Molodyi vchenyi [Young scientist], 2017, № 2, pp. 326-333. Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/molv_2017_2_79

Smorzhaniuk T.P. Stalyi rozvytok v umovakh hlobalizatsii ta yoho skladovi [Sustainable development in the conditions of globalization and its components]. Ekonomichni innovatsii [Economic innovations], 2013, issue 53, pp. 253-260. Access mode: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecinn_2013_53_29

УДК 338.47 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-332-343**
UDC 338.47

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ПЕРСОНАЛУ ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ В УМОВАХ ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ



Спіцина Ангеліна Євгенівна, *кандидат педагогічних наук, доцент кафедри економіки, Національний транспортний університет, Україна, angel7a@ukr.net, tel. +380679053181, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1*

https://orcid.org/0000-0001-9730-6249

Анотація. Конкурентоспроможність - це одна із найважливіших категорій ринкової економіки, В статті визначені поняття «конкурентоспроможність», «конкурентоспроможність підприємства», «конкурентоспроможність персоналу», а також розглянуто еволюцію поняття «конкурентоспроможність» у відповідності з основними підходами вчених-економістів. Вказані внутрішні та зовнішні фактори, що впливають на підвищення конкурентоспроможності персоналу транспортних підприємств.

Визначними для конкурентоспроможності транспортних підприємств разом з технологіями та методами організації виробництва є наявність професійних кадрів, рівень мотивації, умови праці, а також дія різних факторів, що забезпечують рівень конкурентоспроможності працівників. Обґрунтовано необхідність розвитку персоналу як чинник у підвищенні ефективності діяльності транспортних підприємств. Проведено аналіз існуючих підходів щодо визначення конкурентоспроможності персоналу.

Визначенні поняття конкурентоспроможності персоналу, виділені чіткі його характеристики і властивості, фактори формування та розвитку конкурентоспроможності персоналу, визначенні напрями його розвитку за рахунок забезпечення надійності працівників.

Європейська економічна інтеграція є одним із визначальних факторів сучасного розвитку економіки. З необхідністю переходу економіки України до постіндустріальної моделі розвитку, її цифровізації та роботизації виникає потреба у нових підходах до формування знань, вмінь, навичок, компетенцій персоналу. Зокрема у використанні компетентнісного підходу, що безпосередньо пов'язаний як зі змінами в характері та змісті праці, так і змінами в сферах освіти та професійної підготовки.

Особливо актуальним на сьогодні є виявлення і залучення незадіяних можливостей працівників (інтелектуальних, психофізіологічних, кваліфікаційних тощо), обумовлюючих ефективність діяльності підприємства і його здібність конкурувати на ринку. З урахуванням цього потрібно говорити про таку якість персоналу, як конкурентоспроможність.

Ключові слова: *конкурентоспроможність персоналу, євроінтеграція, транспортна галузь, надійність персоналу, компетентісний підхід, ціфрове робоче місце.*

Вступ. Створення конкурентоспроможної національної економіки є особливо актуальним для України. Такий рух у напрямку євроінтеграції ставить перед вітчизняною економічною наукою і практикою принципово нові завдання, серед яких важливе місце належить підвищенню конкурентоспроможності персоналу підприємств транспортної галузі.

За останні п'ять років в економіці України відзначається тенденція до перебудови сучасної економічної політики держави відповідно до умов євроінтеграції. Стратегічна мета держави полягає у підвищенні її конкурентоспроможності за рахунок збільшення частки наукоємної продукції.

Європейська економічна інтеграція є одним із визначальних факторів сучасного розвитку економіки, що на цьому етапі інтеграції проявляється у інституціональному, галузевому та

інфраструктурному реформуванні та, до того ж, сприяє ефективному використанню ресурсного потенціалу країни та дає змогу підвищити якість життя населення. Зі свого боку процес інтеграції транспортної системи України у транспортну мережу ЄС передбачає постійний пошук гнучких, дієвих і довгострокових механізмів та інструментів реалізації інтеграційної політики

Транспортний сектор є одним із ключових для співпраці між Україною та ЄС. Відповідно до Угоди про асоціацію між Україною та ЄС, – ця співпраця здійснюється шляхом сприяння реструктуризації та оновлення транспортного сектора України з метою:

- розвитку стабільних та безпечних транспортних систем;
- здійснення ефективних і безпечних транспортних перевезень;
- досягнення інтермодальності й оперативної сумісності транспортних систем України та ЄС[13].

Вільна конкуренція є однією з основ економічного розвитку країни, що стимулює суб'єктів господарювання до розвитку. В транспортній галузі України створене і функціонує достатньо розвинене конкурентне середовище. Особливо розвинений конкурентний ринок послуг з перевезень у міжміському та міжнародному сполученні, при цьому деякі види транспорту мають резерви, які можуть залучатися до активної реалізації.

Ключовий документ, який визначає стратегічні пріоритети розвитку галузі на найближчі десять років - «Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року», затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 р. № 430-р. [15], - передбачає подальший активний розвиток і підтримку транспорту.

Транспортна система України має потужний ресурс для надання значного обсягу перевезень і забезпечення зручної логістики для вантажів та пасажирів. Скорочення обсягів пасажирських перевезень, яке відбулося у 2020-2021 роках має об'єктивне підґрунтя та пов'язано з негативними наслідками впливу пандемії C0VID. За даними Держстату України [19], у 2020 році послугами пасажирського транспорту скористалося 2569 млн. пасажирів, або 60,3% від обсягу 2019 р., в тому числі автомобільним транспортом перевезено 1083 млн. пасажирів, залізницями - 68 млн. пасажирів; авіаційним транспортом- 5 млн.пас.[19].

В умовах посилення конкуренції на ринку транспортних послуг ефективність виробничо-економічної діяльності залізничного, автомобільного, повітряного, морського та річкового транспорту в значній мірі залежить від якості управління людськими ресурсами. Специфічні умови праці транспорту проявляються в усіх основних аспектах управління персоналом: виробничо-економічному, політичному, адміністративно-правовому, соціальному та психологічному. Вони ускладнюють процес управління персоналом та роблять вирішення цих питань ще важчим[17].

Визначними для конкурентоспроможності підприємств разом з технологіями та методами організації виробництва, надання послуг є наявність професійних кадрів, рівень мотивації, умови праці, а також дія різних факторів, що забезпечують рівень конкурентоспроможності та надійності працівників.

Персонал стає пріоритетним ресурсом, від якого залежить компетентність організації, її конкурентоспроможність у довгостроковому періоді. Особливістю функціональної моделі управління персоналом на підприємствах транспортної галузі є те, що сьогодні відбуваються суттєві зміни моделі відносин учасників ринку перевезень, характеру розвитку конкуренції, механізмів взаємодії транспортних підприємств з державою, суспільством і користувачами транспортних послуг[3].

Основними цілями управління персоналом транспортних підприємств є підвищення конкурентоспроможності підприємств, зростання ефективності виробництва та праці, а саме досягнення максимального прибутку та забезпечення високої соціальної ефективності функціонування колективу.

З необхідністю переходу економіки України до постіндустріальної моделі розвитку, її цифровізації та роботизації виникає потреба у нових підходах до формування знань, вмінь, навичок, компетенцій персоналу.

Мета статті полягає у визначенні поняття конкурентоспроможності персоналу, виділенні чітких його характеристик і властивостей, факторів формування та розвитку конкурентоспроможності персоналу, визначенні напрямів його розвитку за рахунок забезпечення надійності працівників.

Постановка задачі. В умовах ринкових відносин на конкурентоспроможність підприємства великий вплив справляє конкурентоспроможність персоналу, яка має вирішальне значення для успішної діяльності підприємства. Які б нові технології не впроваджувались на підприємствах, як би позитивно не впливали фактори внутрішнього і зовнішнього середовища на діяльність підприємства, без

конкурентоспроможного персоналу підприємство не може досягти бажаних результатів. Особливо актуальним на сьогодні є виявлення і залучення незадіяних можливостей працівників (інтелектуальних, психофізіологічних, кваліфікаційних тощо), обумовлюючих ефективність діяльності підприємства і його здібність конкурувати на ринку. З урахуванням цього потрібно говорити про таку якість персоналу, як конкурентоспроможність для визначення напрямів розвитку за рахунок забезпечення надійності працівників..

Аналіз основних досліджень та публікацій.

Питання конкурентоспроможності персоналу на ринку трудових ресурсів перебуває в центрі уваги як вітчизняних так і іноземних вчених. Джерелами відповідних розробок є роботи класиків економічної науки: А. Сміта, Д. Рікардо, Окремі аспекти конкурентоспроможності персоналу досліджуються в працях Я. Базилюк, Д. Богині, Н. Глевацької, О. Грішнова, Е. Лібанової, Л. Лісогор, М. Семикіної, А. Цимбала, С. Цимбалюк, В. Шаповал О.Харуна та інших.

В економічній літературі не існує єдиної думки щодо трактування сутності категорії «конкурентоспроможність персоналу», про те більшість науковців переконані, що саме конкурентоспроможність персоналу є визначальною складовою конкурентоспроможності підприємства.

Виклад основного матеріалу.

З огляду на те, що людські ресурси набувають усе більшого значення серед факторів виробництва, успіх підприємств на ринку все більшою мірою визначається конкурентоспроможністю його персоналу. Реаліями сьогодення є значне падіння здатності персоналу в Україні конкурувати, причинами чого є: низка проблем соціально-економічного характеру на рівні держави; руйнація системи середньої спеціальної освіти внаслідок перебудови 90-х рр.; падіння престижу багатьох технічних спеціальностей; втрата цілого покоління висококваліфікованих і досвідчених фахівців, які виїхали працювати за кордон; небажання чи неможливість роботодавців витрачати кошти на розвиток і підвищення кваліфікації найманих працівників тощо. Саме тому питання чинників формування та підвищення конкурентоспроможності персоналу викликають значну наукову та практичну зацікавленість та потребують ретельного вивчення[14,20].

Сучасні підходи до розуміння конкурентоспроможності персоналу грунтуються на врахуванні того, що вони є вирішальним фактором, який формує конкурентоспроможність підприємства та послуг, а також здатності конкурувати на ринку праці та реалізовувати свій потенціал на конкретному підприємстві. Аналіз літературних джерел з питань управління людськими ресурсами показав, що використання терміну "конкурентоспроможність" відносно людини як економічного суб'єкта є достатньо поширеним явищем [20, с. 72]. Однак автори, які зупиняються на аналізі конкурентоспроможності персоналу, далеко не однозначні в своїх формулюваннях:

- конкурентоспроможність персоналу Глевацька Н.М., Грошелева О.Г., Цимбал О.І., розглядають як здатність робочої сили через конкурсний вид трудової діяльності забезпечувати себе умовами для реалізації особистих економічних та соціальних інтересів - функціональний підхід [4; 6]. Недоліком підходу є неповнота характеристик, які забезпечують конкурентоспроможність;

-на думку, Грішнової О.А., конкурентоспроможність працівника - це реальна і потенційна його здатність, ділова та професійна компетентність, ініціативність, винахідливість у роботі, почуття відповідальності, які вигідно відрізняють його від інших працівників аналогічної спеціальності і дозволяють витримувати конкуренцію на ринку праці [5].

- Коломієць В.М., Шабурова А.В. відмічають конкурентоспроможність персоналу як сукупність джерел конкурентних переваг та характеристику ступеня розвитку трудового потенціалу підприємства — порівняльний підхід [10]. Цей підхід не враховує чинник часу.

-автори Богиня Д.П., Лісогор Л.С., Семикіна М.В., Цвєткова І.І. конкурентоспроможність персоналу розуміють як сукупність якісних, професійних та вартісних характеристик специфічного товару "робоча сила", що задовольняють вимоги попиту на сучасному ринку праці — змістовний підхід [1]. Підхід не є повним, лише констатує наявність характеристик;

Виходячи з тверджень, конкурентоспроможність персоналу базується на поєднанні певних ознак (природних, ділових, освітньо-професійних та моральних якостей), що відображають сукупність споживчих властивостей робочої сили до ефективної праці у певний проміжок часу, та передумов, що зумовлюють виникнення самого поняття конкурентоспроможності персоналу

Конкурентоспроможність персоналу досягається лише за умов постійного поглиблення знань, умінь, навичок, сприятливого соціально- психологічного клімату, відповідних умов праці. Конкурентоспроможність персоналу можна визначити як результат його розвитку, котрий досягається через застосування комплексу заходів.

Конкурентоспроможність персоналу – це складна економічна категорія, сутність якої розкривають такі концептуальні підходи до її визначення:

- це здатність персоналу генерувати ідеї з використанням усіх можливостей, які виникають у зовнішньому та внутрішньому середовищі; своєчасно виявляти та усувати загрози для діяльності підприємства; винаходити й швидше за конкурентів впроваджувати інновації на всіх стадіях життєвого циклу товару; забезпечувати досягнення поставлених цілей та виконання підприємством своєї місії;
- це здатність якісніше, порівняно з іншими претендентами на посаду, задовольняти вимогам роботодавців за рівнем знань, вмінь, навичок;
- це вміння проявити свої особистісні, професійні та ділові якості, швидше і краще за інших працівників реалізувати власний потенціал, що дає можливість отримувати відповідну винагороду, досягти відповідного соціального статусу та забезпечити службово-професійне зростання;
- це вміння ефективно виконувати управлінські функції та своєчасно приймати кваліфіковані рішення з метою розробки, виробництва та реалізації високоякісної з особливими споживчими властивостями продукції за умов ефективного використання всіх видів ресурсів (матеріальних, організаційних, фінансових, інформаційних, трудових).

Побудова в Україні соціально-орієнтованої ринкової економіки вимагає нових якостей від персоналу: підвищення ініціативності, креативності, відповідальності та надійності. Менеджери підприємств намагаються мати у своєму підпорядкуванні не лише вдалий склад працівників, які б максимально відповідали поставленим завданням, але й шукають можливості для його збереження, розвитку та підвищення надійності. Надійність є однією з важливих складових професійної придатності співробітників як державних, так і недержавних підприємств. Працівники, що володіють такою якістю, зберігають моральну стійкість до підприємства, відчувають себе «прив'язаними» до нього, сама робота представляє для них високу мотиваційну значимість, а її втрата оцінюється як серйозна життєва невдача[3].

Проблема забезпечення надійності персоналу виникла як об'єктивна необхідність у практичній діяльності керівників підприємств.

Трактування поняття "надійність персоналу" різними авторами та дослідження чинників, що обумовлюють недостатню надійність персоналу наступне: (О. О. Бондаренко [2]); пропозиції методики оцінки надійності управлінського персоналу (О. М. Крайнік [12]) та забезпечення надійності персоналу як фактора підвищення конкурентоспроможності (І. М. Сочинська-Сибірцева [18]).

Переважна більшість дослідників і практиків переконані, що саме надійність персоналу чи то в технічних, чи то в економічних системах є однією з складових соціально-економічної безпеки, стратегії змін та конкурентоспроможності бізнесу. Аналіз результатів наукових досліджень показав, як суттєво відрізняється бачення суті поняття "надійність персоналу" в залежності від точки зору автора та особливостей його дослідження.

Таким чином, постає питання щодо ролі і місця указаних характеристик у системоутворюючих зв'язках з управління надійністю персоналу. Задля вирішення цього питання розглянемо сутнісні характеристики, що наведені у тлумаченнях надійності персоналу різними науковцями (табл.1).

Аналіз наведених визначень дозволяє дійти до таких узагальнюючих висновків:

1. Різноманітність підходів до змістовного наповнення терміну «надійність персоналу» визначається сферою його використання, а, відтак, і його характеристиками: або це є елементом цілісної функціонуючої системи, або рукотворним об'єктом (технічними засобами) чи персоналом.
2. Дотримання визначальних параметрів надійності як технічних засобів, так і персоналу є головною умовою фукціонування будь-якої системи.
3. Можливість виконувати покладені на працівника професійні обов'язки, які є необхідними на початковому етапі формування кадрового складу підприємства - доборі персоналу та потребують участі підприємства у процесі розвитку професійних здібностей працівників.
4. Надійне функціонування системи може бути забезпечено лише ефективними діями управлінців.

Таблиця 1 – Трактування терміну «надійність персоналу»
Table 1 – Interpretation of the term "reliability of personnel"

Автор	Визначення дефініцій
Бондаренко О. О.	Надійність персоналу - це внутрішня готовність до змін, адаптація цілей компанії з власними цілями, спрямованість на інноваційне мислення та впровадження інновацій, забезпечення високої ефективності в роботі та відданості інтересам діяльності.
Никифоренко В.Г.	Надійність персоналу - властивість співробітників організації зберігати й розбудовувати в часі у встановлених межах значення всіх параметрів їхнього трудового потенціалу, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих умовах і з максимальною ефективністюпроміжку часу.
Цільмак О. М.	Надійність персоналу - це здатність зберігати високу працездатність, дисциплінованість, принциповість й морально- психологічну стійкість, відданість справі, працювати ефективно, лояльно ставитися до колег та керівництва.
Крайнік О. М.	Показник надійності управлінського персоналу характеризує його здатність виконувати задані управлінські функції протягом необхідного проміжку часу
Шипілов А. І., Шипілова О. А.	Надійність персоналу є однією з важливих складових професійної придатності співробітників як державних, так і недержавних підприємств. Працівники, що володіють такою якістю, зберігають моральну стійкість і лояльність до підприємства, відчувають себе «прив'язаними» до нього, сама робота має для них високу моральну значущість, а її втрата оцінюється як серйозна життєва невдача.
Сочинська-Сибірцева І. М.	Ступінь надійності персоналу значною мірою залежить від обраної технології професійного відбору працівників. Одним із шляхів удосконалення системи професійного відбору є впровадження спеціальних психофізіологічних технологій,
Качан Н.С.	Надійність персоналу - це формальні ознаки можливості виконувати покладені на працівника професійні обов'язки, які є необхідними на початковому етапі формування кадрового складу підприємства - доборі персоналу та потребують участі підприємства у процесі розвитку професійних здібностей працівників
Колонтаєвський О.П.	Для визначення професійної надійності виробничого персоналу пропонується використовувати показники: коефіцієнти загального здоров'я робітника, фізичного розвитку й витривалості; розвитку моральних якостей робітника й розвитку вольових якостей; розвитку інтелектуальних якостей і наявності професійних знань.
ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення	Надійність - це властивість об'єкта зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, які характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, технічного обслуговування, зберігання і транспорту-вання. Об'єктами можуть бути технічні засоби, технічний персонал, або їх поєднання. Отже поняття «надійність» стосується не тільки рукотворних об'єктів, але й виконавців - операторів, слюсарів- ремонтників, інженерно-технічного персоналу
Енциклопедії маркетингу	У широкому розумінні надійність - це «можливість системи виконувати покладені на неї функції впродовж визначеного проміжку часу за певних умов експлуатації.

Надійність персоналу багато в чому залежить від виконання менеджментом підприємства основних функцій: адміністративної, інформативної, мотиваційної, орієнтуючої, контрольної. В умовах загострення конкуренції, фінансової кризи, зниження моральної стійкості та витривалості працівників, байдужість або недостатня увага керівників чи власників до інтересів працюючих, неадекватна винагорода за працю при зростанні безробіття, комунальних платежів, цін на товари та послуги, відсутність бажання власників витрачати кошти на підвищення кваліфікації та навчання працівників обумовлюють особливість поведінки персоналу щодо підприємства, де реалізуються його професійні знання та компетентність. Відтак, психологічний аспект прихильності персоналу до підприємства набуває не менш важливої ролі, ніж формальні ознаки здатності працівника виконувати свої обов'язки[11].

Слід мати на увазі, що ступінь надійності залежить від різних причин і може змінюватися у людей у зв'язку зі зміною умов, виникненням нестандартних і особливо екстремальних (надзвичайних), кризових ситуацій. У цих ситуаціях дуже ймовірний прояв ненадійності у тих людей, які не вважають себе зобов'язаними по відношенню до моральних вимог або ж володіють деякими особистісними недоліками.

Одним із ключових елементів системи управління персоналом, який сприяє підвищенню надійності персоналу є проведення якісного відбору кадрів. Під професійним відбором розуміється процес виокремлення з кандидатів осіб, відповідно до їх індивідуально-типологічних та особистісних якостей, потенційно здатних забезпечити ефективне виконання функціональних обов'язків працівників транспортних підприємств (рис. 1).

Завданням професійного відбору є визначення придатності працівника до виконання того чи іншого виду роботи. Під професійним відбором розуміється процес вибору з групи кандидатів на певну посаду тих, від кого можна чекати успішного освоєння і наступного ефективного виконання функцій. Професійно придатними вважаються особи, які успішно оволодівають професією в процесі навчання, вдосконалюються в цій діяльності, а в сприятливих умовах вдосконалюють саму професію. Професійний відбір персоналу і розподіл між працівниками функцій здійснюються за принципом індивідуального підходу. Всебічне вивчення і оцінка персоналу на основі особових справ, бесід, спостережень, тестів дозволяє врахувати не тільки рівень професійно-кваліфікаційної підготовки і виробничий досвід, а й фізичні, психофізіологічні та інтелектуальні характеристики[3].

Головним принципом підбору персоналу є принцип планування кадрової політики підприємства, яка відповідає його стратегічним цілям.

Широкого розповсюдження набули методики: 1) скринінг - спосіб відбору претендентів на посаду, при якому кандидат оцінюється тільки по деяких формальних ознаках, а особистісні якості та психологічні особливості претендентів на посаду не досліджуються; 2) «Executive Search» - підбирається персонал на керівні посади та фахівці рідкісних професій, передбачає ініціативний пошук кандидатів, навіть якщо вони на даний час не зайняті активним пошуком роботи.[20].

Планування рекрутингу. Рекрутинг - це діяльність, спрямована на підбір персоналу до штату підприємства чи на замовлення клієнта. Тому рекрутингом займаються не лише рекрутингові агентства, а й безпосередньо самі роботодавці (їхні відповідні працівники - зазвичай, менеджери з персоналу), коли підшукують співробітників на вакантні посади.

Застосування хедхантингу. Хедхантинг (*від англ. Headhunting - полювання за головами*) - це один з напрямків пошуку персоналу, спрямований на підбір або кандидатів високого рівня професіоналізму на ключові посади, або рідкісних за фахом спеціалістів.

Стресові методики підбору персоналу набувають з часом усе більшої популярності серед роботодавців. Найбільш відомим із подібних методів є стрес-інтерв'ю. Стрес-інтерв'ю – це опитування, при якому інтерв'юер навмисно створює обстановку нервозності і бентежить здобувача.

Одним із критеріїв, що ілюструє реальний стан професійної відповідності та надійності персоналу, є плинність кадрів. Плинність працівників і стабільність кадрового складу є формами прояву двох найважливіших взаємопов'язаних і взаємодоповнюючих характеристик - рухливості і стійкості, об'єктивно необхідних підприємству в конкурентних умовах функціонування[16].

Плинність персоналу спричиняє чимало економічних втрат, серед яких можна виділити прямі втрати, викликані неукомплектованістю робочих місць виконавцями. Крім того, як правило, продуктивність праці працівників, що мають намір покинути підприємство, знижується у зв'язку зі зміною їх ціннісних орієнтацій. Продуктивність праці в групі працівників, що нещодавно прийшли на підприємство, також нижча, ніж у середньому на підприємстві, через тимчасову непристосованість до нової робочої ситуації й у зв'язку з проблемами соціальної адаптації[3].

Стан плинності кадрів аналізується на підприємстві і підрозділах: оцінюється динаміка коефіцієнта плинності в порівнянні з попередніми періодами; виділяються підрозділи або категорії працівників із найбільшим значенням коефіцієнта плинності кадрів; виявляються умови, які зумовлюють високий рівень плинності; визначаються професіональні, статевовікові та інші групи робітників, які схильні до високої плинності кадрів.

Моральна надійність є однією з важливих складових професійної придатності співробітників як державних, так і недержавних підприємств. Особи, що володіють надійністю, зберігають лояльність до підприємства, в якому працюють, відчувають себе "прив'язаними" до нього, сама »робота представляє для них високу мотиваційну значимість, а її втрата оцінюється як серйозна життєва невдача. Ступінь надійності залежить від різних причин і може змінюватися у людей у зв'язку із зміною життєвих умов, зіткненням з нестандартними і особливо екстремальними (надзвичайними), кризовими ситуаціями. У таких ситуаціях буває вельми важливо попередити ненадійну поведінку осіб, що вже

володіють для цього деякими суб'єктивними передумовами, - моральними пороками чи іншими особистісними недоліками[2].

Адаптація персоналу означає включення особи в нове для неї предметно-речове та соціальне середовище, тобто це процес пізнання норм і традицій, прийнятих на підприємстві, процес професійного навчання та перепідготовки, усвідомлення того, що є важливим на даному підприємстві або на робочому місці.

Підвищена плинність персоналу призводить до економічних втрат особливо на тих підприємствах, які приділяють увагу розвитку своїх кадрів і спрямовують кошти на навчання, перепідготовку, підвищення кваліфікації працівників. Тому питання стабілізації колективу набувають особливої актуальності при визначенні шляхів забезпечення надійності персоналу.

На наш погляд, ефективним інструментом підвищення конкурентоспроможності персоналу має слугувати компетентнісний підхід. Компетентнісний підхід безпосередньо пов'язаний із змінами в характері та змісті праці, професійному навчанні і освіті.

Стабільність персоналу полягає у підтримці його потенціалу (як у кількісному, так і в якісному відношенні) на рівні, що відповідає потребам підприємства, соціального розвитку колективу й особистості [12].

Можна виділити перелік основних задач стабілізації персоналу транспортного підприємства:

- забезпечення закріплення працівників за визначеними ділянками підприємства в тій мірі, у якій це обумовлено виробничими потребами й інтересами особистості;
- якісний розвиток працівника і використання його потенційних можливостей повною мірою;
- поліпшення соціально-психологічного клімату колективу;
- скорочення плинності кадрів;
- регулювання соціальної структури персоналу.

Розширення, модернізація і відновлення виробництва вимагають мобільних працівників, здатних вчасно задовольняти потреби підприємства у фахівцях відповідних напрямків. З урахуванням того, що процес змінюваності (обороту) кадрів є перманентним у силу причин як об’єктивного (відхід на пенсію, призов на військову службу), так і суб’єктивного (по особистих або сімейних причинах) характеру, відновлення персоналу повинне бути планомірним. Це пов’язано з тим, що вивільнення повинне враховувати необхідність дотримання динамічної стабільності, тому що у противному випадку трудовий потенціал підприємства може бути знижений через порушення цієї стабільності, і процес стане некерованим.

Для визначення надійності персоналу періодично проводиться атестація працівників підприємства. Атестація значною мірою пов’язана з оцінкою персоналу. Підсумкові дані атестації слугують важелем реалізації потенційних можливостей працівника, зміни ставлення до своїх обов’язків, зміни трудової поведінки. Підсумкові дані атестації використовуються для просування по службі та підвищення заробітної плати, розвитку робочої сили, прийняття дисциплінарних заходів. Від підсумкових даних атестації залежать соціальний статус працівника, його матеріальне становище, задоволення роботою[3].

Головними завданнями підвищення конкурентоздатності економіки та досягнення успіху України у цифровізаційному розвитку є формування ефективної моделі інноваційного розвитку щодо гармонізації законодавства та створення дієвої системи управління інноваційним розвитком на національному рівні.

Розвиток та ефективне управління інноваційною діяльністю на сучасному етапі є необхідною умовою перспективного розвитку інноваційних підприємств. Стратегією розвитку науки та інновацій в Україні на період до 2030 р. визначено завдання інноваційної політики, які полягають у створенні ефективної інноваційної системи та розвитку інститутів використання і правової охорони результатів досліджень та розробок, що мають пряме і безпосереднє відношення до сфери інтелектуальної власності [14].

Важливим фактором, що впливає на конкурентоспроможність персоналу, є готовність працівників до інновацій. Сучасні тенденції розвитку транспортних засобів, транспортних технологій, транспортного менеджменту дають можливість істотно розширити географію перевезень, нарощувати обсяги транспортних послуг та інноваційно підходити до розвитку власне транспортної інфраструктури. Саме інноваційні технології у сфері транспорту сприяють кардинальним змінам не лише поглядів тенденцій розвитку новітніх технологій, але й реального створення нових транспортних засобів, або ж втілення давніх мрій людства пересуватися наземними засобами на великі відстані при великих швидкостях.

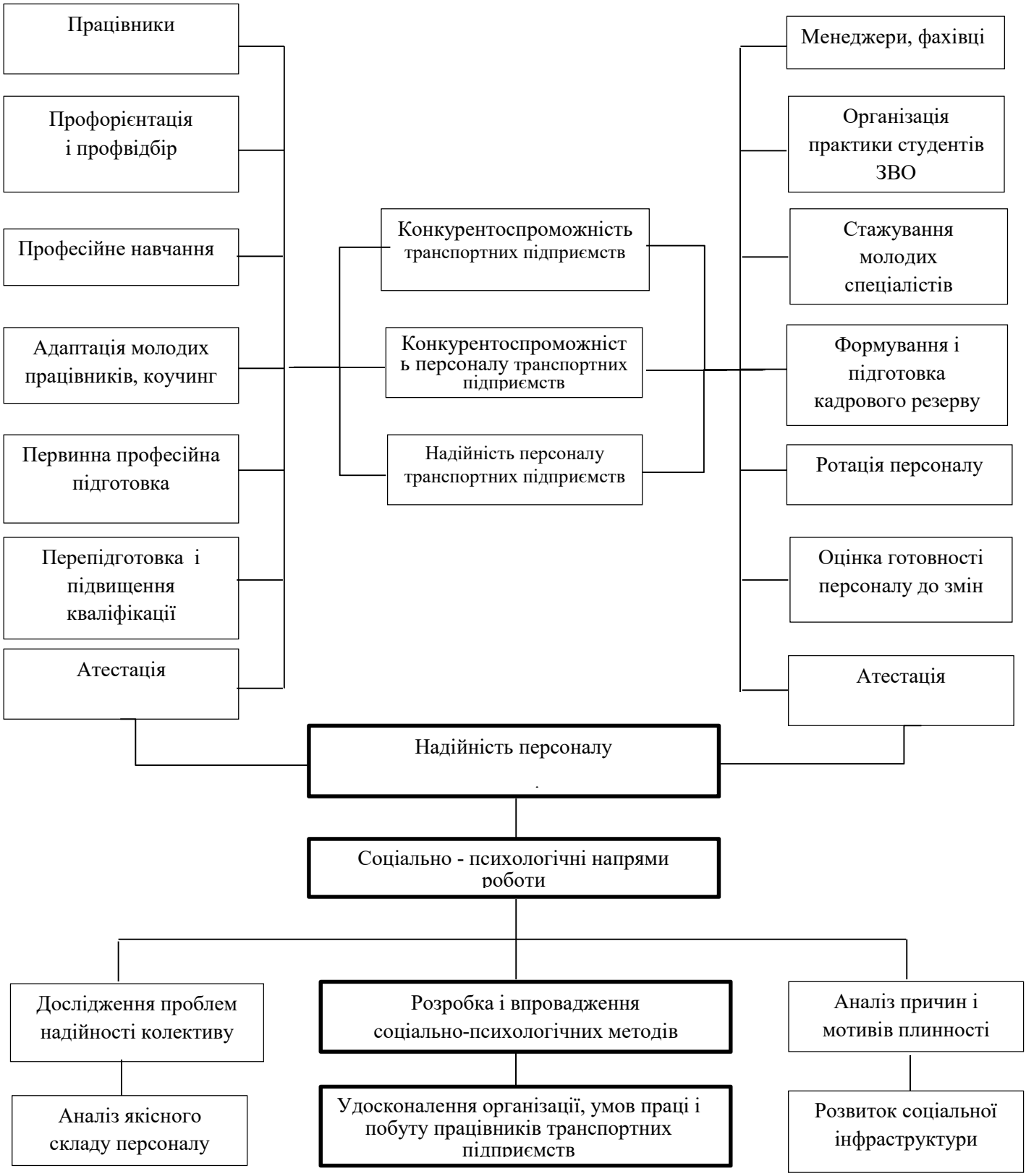


Рисунок 1 – Шляхи забезпечення надійності персоналу
Figure 1 – Ways to ensure personnel reliability

Питання управління організаційними змінами активно досліджуються вітчизняними і зарубіжними вченими. Як показують результати досліджень, серед основних причин невдач у впровадженні нововведень перше місце зазвичай посідає людський фактор, тобто нерозуміння, небажання або навіть опір з боку персоналу. Така ситуація актуалізує питання оцінки готовності персоналу до змін на підприємстві. Найпоширенішою моделлю, що описує і дозволяє провести оцінку персоналу підприємства з точки зору готовності до змін, є модель ADKAR, запропонована Д. Хайятом [21]. Ключова ідея, закладена в основу зазначеної моделі, полягає у тому, що для успішного впровадження будь-яких змін необхідно управляти не тільки організацією як знеособленою системою, а й необхідними змінами персоналу цієї організації як суб'єктів, які володіють важливою частиною інтелектуального капіталу і є безпосередніми учасниками та реалізаторами майбутніх змін. Д. Хайят визначив п'ять основних етапів, які проходять працівники підприємства в процесі адаптації до нової ситуації, що виникла внаслідок нововведень. Назва моделі ADKAR сформована з перших літер назв відповідних етапів (фаз змін):

A - Awareness - обізнаність про зміни, усвідомлення їх необхідності, розуміння сутності;

D - Desire - бажання підтримати зміни, взяти участь у їх проведенні;

K - Knowledge - знання, інформація про способи здійснення змін, їх результати;

A - Ability - здатність до втілення змін, упровадження нововведень, постійної підтримки;

R - Reinforcement - закріплення перших результатів змін, підтримка подальшого їх упровадження.

Аналізуючи характеристики кожного з описаних вище етапів, проводять комплексну оцінку готовності персоналу підприємства до майбутніх змін (рис. 1).

Відзнакою сьогодення є цифрова трансформація економіки. Для виробництва її проявом є четверта промислова революція, яка за рахунок впровадження новітніх інструментів та сервісів (зокрема IoT&S) спричинено трансформацію традиційного робочого місця в «цифрове робоче місце». Цифрове робоче місце дозволяє працівникам досягти найбільшої продуктивності, сприяє забезпеченню гнучкості у виконанні роботи, дає можливість підтримувати диверсифікацію праці, виявляти та використовувати унікальні здібності, збільшує мотивацію шляхом балансу між робочим та особистим часом, створює середовище для пропонування інновації, Конкурентоспроможність персоналу збільшиться за умов розробки та реалізації заходів, які будуть спрямовані на забезпечення сприятливих умов праці, соціально-економічних умов, трудової та інноваційної активності[14].

Саме в розвитку персоналу вбачають можливий прорив підприємств на ринку у порівнянні з конкурентами. Серед всіх різновидів ресурсів, які використовує підприємство для отримання конкурентної переваги над конкурентами, саме персонал має той необмежений та важко оцінюваний потенціал. Завдання працівників підрозділів, що займаються управлінням персоналом підприємства полягає в тому, щоб максимально розкрити потенціал працівника та використати всі його можливості та переваги для досягнення цілей, що ставить перед собою керівництво підприємства.

Висновки

Конкурентоспроможним персоналом є результативна взаємодія природних, ділових, освітньо-професійних, моральних та соціальних якостей працівників для наповнення потреб ринку якісними послугами та товарами, що впливають на ефективну діяльність підприємств. Тому підвищення конкурентоспроможності персоналу має бути головною метою, до якої повинні прагнути і працівники, і підприємства.

Успішний розвиток персоналу потребує використання результативних заходів, направлених на формування та активізацію знань і можливостей, які необхідно враховувати у разі планування кадрової стратегії та обгрунтуванні кадрової політики.

Забезпечити надійність персоналу можливо шляхом використання сучасних технологій професійного підбору працівників, задоволення основних потреб персоналу (умови праці, оплата, соціальні програми) та подальшого впливу на морально-психологічний клімат у колективі.

У подальшому наукові інтереси будуть зорієнтовані на формуванні критеріїв надійності персоналу, методики визначення потенційної лояльності працівників на етапі добору; побудови стратегії підвищення надійності персоналу підприємства; розробку методики оцінювання надійності персоналу та реалізацію результатів такого оцінювання в процесі прийняття управлінських рішень.

Перелік посилань

1.Богиня Д.П. Конкурентоспроможність робочої сили в системі соціально-трудових відносин: [монографія] / Д.П. Богиня, Г.Т. Куліков, Л.С. Лісогор; НАН України, Ін-т економіки. – К.: Ін-т економіки, 2003. – 213 с

2.Бондаренко О. О. *Окремі аспекти забезпечення надійності персоналу // Агросвіт*. 2015. № 10. С. 49-52.

3.Гавкалова Н. Л. Організаційно-економічне забезпечення ефективності менеджменту персоналу підприємства [Електронний ресурс] : монографія / Н. Л. Гавкалова, О. О. Болотова. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2020. – 252 с.

4.Глевацька Н.М. Стратегія забезпечення зростання конкурентоспроможності робочої сили на підприємстві / Н.М. Глевацька // *Управління людськими ресурсами: проблеми теорії та практики*. – К.: КНЕУ, 2005. – С. 25–30.

5.Грішнова, О. А. Конкурентоспроможність персоналу підприємства [Текст] / О. А. Грішнова //*Україна: аспекти праці*. – 2005. – №3. – С. 3–9.

6.Грошелева О. Г., Рябцева О. Є. Нові підходи до оцінки конкурентоспроможності управлінського персоналу. *Економічний вісник Національного гірничого університету*. 2007. № 1. С. 103–110.

7.ДСТУ 2860-94. *Надійність техніки. Терміни та визначення.* URL: http://document.ua (дата звернення: 20.08.2022).

8.Энциклопедии маркетинга. URL: http://www.proexport.ru/ru/02esencn.htm (дата звернення: 23.08.2022).

9.Качан Н.С.Формування понятийного апарату в системі кадрової бкзпеки падприємства. *Проблеми інноваційно-інвестиційного розвитку*. — 2017. — № 12.С.130-139

10.Коломієць В. М. Місце конкурентоспроможності персоналу в системі трудових відносин підприємства. *Економіка та підприємництво. Держава та регіони*. 2006. № 4. С. 169–172.

11. Колонтаєвський О. П. Теоретико-методичні аспекти оцінки професійної надійності виробничого персоналу дорожно-будівельних підприємств/IV Міжнародна науково-практична інтернет-конференція «ФОРМУВАННЯ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ПУБЛІЧНОГО АДМІНІСТРУВАННЯ В УМОВАХ ТРАНЗИТИВНОЇ ЕКОНОМІКИ» Харків, 21.09.2022

12.Крайнік О. М. Оцінка надійності управлінського персоналу [Електронний ресурс] / О. М. Крайнік. - Режим доступу: http://archive.nbuv.gov.ua/ portal/ soc_gum/sre/2012 1/62.pdf.

13.Моніторинг реалізації плану заходів з виконання Угоди. *Євроінтеграційний портал*. 2022. URL: https://pulse.kmu.gov.ua/ (дата звернення: 23.08.2022).

14.Національна економічна стратегія на період до 2030 року: Постанова Кабінету Міністрів України від 03.03.2021 № 179/ https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/179-2021-%D0%BF#n25 (дата звернення: 07.08.2022).

15.Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 30.05.2018 р. № 430-р/ https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text (датазвернення: 07.08.2022).

16.Никифоренко, В. Г., Кравченко, В. О. Взаємозв'язок надійності персоналу та кадрової безпеки в системі управління організацією // *Вісник соціально-економічних досліджень* : зб. наук. праць (ISSN 2313-4569); за ред. : М. І. Звєрякова (голов. ред.) та ін. Одеса : Одеський національний економічний університет. 2018. № 3 (67). С. 174-183.

17.Семикіна, М. В. Конкуренція і конкурентоспроможність на ринку праці : методологія визначення [Текст] / М. В. Семикіна // *Демографія та соціальна економіка*. – 2008. – № 2. – С. 94–103.

18.Сочинська-Сибірцева І. М. Оцінка надійності персоналу як фактор підвищення конкурентоспроможності [Електронний ресурс] / І. М. Сочинська- Сибірцева // Проблеми економіки. - 2013. - № 4. - С. 299-304. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pekon_2013_4_40.

19.Статистична інформація. Офіційний сайт Державної служби статистики України. Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/ (дата звернення 07.08.2022 р.).

20.Харун О. Конкурентоспроможність персоналу підприємства в контексті розвитку трудового потенціалу. Міжнародний науковий журнал. *Економіка суб'єктів господарювання. 2016. № 4. С. 62—73.*

21.Hiatt Jeffrey M. ADKAR: a model for change in business, government and our community. [Електронний ресурс] / Jeffrey M. Hiatt. - Режим доступу: http: www.change-management. com

22. Цвєткова, І.І. Конкурентоспроможність персоналу: сутність та місце у забезпеченні конкурентоспроможності підприємств [Текст] / І.І. Цвєткова // *Культура народов Причерноморья.* – 2006. – №88.– С. 119–125.

23.Цільмак О. М., Яковенко С. І. *Соціально-правова надійність персоналу ОВС як підґрунтя ефективної професійної діяльності* / *Наука і освіта* : наук.-практ. журн. Південного наукового Центру АПН України. 2010. № 4/5. С. 59-62

24.Шипілов А. І., Шипілова О. А. *Як забезпечити надійність персоналу?* URL: http://alls.in.ua/50241 yak-zabezpechiti-nadijjnist-personalu.html (дата звернення: 15.08.2022).

ENSURING PERSONNEL RELIABILITY AS A FACTOR INCREASING COMPETITIVENESS IN THE CONDITIONS OF EUROINTEGRATION

Spitsyna Anhelina Ye., Ph.D., Associate Professor of the Department of Economics National Transport University, Kyiv, Ukraine, angel7a@ukr.net, tel. +380679053181, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovich-Pavlenko, 1, https:// orcid.org/ 0000-0001-9730-6249

Abstract. Competitiveness is one of the most important categories of the market economy. The article defines the concepts of "competitiveness", "competitiveness of the enterprise", "competitiveness of personnel", and also considers the evolution of the concept of "competitiveness" in accordance with the main approaches of economists. The internal and external factors influencing the increase in the competitiveness of the personnel of transport enterprises are indicated. Important for the competitiveness of transport enterprises, together with the technologies and methods of production organization, are the availability of professional personnel, the level of motivation, working conditions, as well as the effect of various factors that ensure the level of competitiveness of employees. The need for personnel development as a factor in increasing the efficiency of transport enterprises is substantiated. An analysis of existing approaches to determining the competitiveness of personnel was carried out. Defining the concept of personnel competitiveness, highlighting its clear characteristics and properties, factors of formation and development of personnel competitiveness, determining the directions of its development at the expense of ensuring the reliability of employees. European economic integration is one of the determining factors of modern economic development. With the need for the transition of Ukraine's economy to a post-industrial development model, its digitization and robotization, there is a need for new approaches to the formation of knowledge, abilities, skills, and competencies of personnel. In particular, in the use of the competence approach, which is directly related to changes in the nature and content of work, as well as changes in the spheres of education and professional training. Especially relevant today is the identification and involvement of the unused capabilities of employees (intellectual, psychophysiological, qualification, etc.), determining the efficiency of the enterprise and its ability to compete on the market. Taking this into account, it is necessary to talk about such quality of personnel as competitiveness.

Key words: staff competitiveness, European integration, transport industry, staff reliability, competent approach, digital workplace.

References

1. Goddess D.P. Competitiveness of the workforce in the system of social and labor relations: [monograph] / D.P. Boginya, G.T. Kulikov, L.S. Lisogor; NAS of Ukraine, Institute of Economics. - K.: Institute of Economics, 2003. - 213 c. [in Ukrainian].

2. Bondarenko O. O. Individual aspects of ensuring personnel reliability // Agrosvit. 2015. No. 10. P. 49-52. [in Ukrainian].

3. Havkalova N. L.Organizational and economic management effectiveness of enterprise personnel [Electronic resource]: monograph / N. L. Gavkalova, O. O. Bolotova. – Kharkiv: KHNEU named after S. Kuznetsia, 2020. – 252 p. [in Ukrainian].

4. Hlevatska N.M. The strategy of ensuring the growth of the competitiveness of the workforce at the enterprise / N.M. Hlevatska // Management of human resources: problems of theory and practice. - K.: KNEU, 2005. - P. 25–30. [in Ukrainian].

5. Grishnova, O. A. Competitiveness of enterprise personnel [Text] / O. A. Grishnova //Ukraine: aspects of work. – 2005. – No. 3. – pp. 3–9. [in Ukrainian].

6. Grosheleva O. G., Ryabtseva O. E. New approaches to assessing the competitiveness of management personnel. Economic Bulletin of the National Mining University. 2007. No. 1. P. 103–110.

7. DSTU 2860-94. Reliability of equipment. Terms and definitions. URL:http://document.ua(date of application: 20.08.2022).

*8.Marketing encyclopedias.*URL:http://www.proexport.ru/ru/02esencn.htm(date of application: 23.08.2022).

9. Kachan N.S. Formation of the conceptual apparatus in the system of personnel management of the enterprise. Problems of innovation and investment development. — 2017. — No. 12. P. 130-139. [in Ukrainian].

10. Kolomiets V. M. The place of competitiveness of personnel in the system of labor relations of the enterprise. Economy and entrepreneurship. State and regions. 2006. No. 4. P. 169–172. [in Ukrainian].

11. Kolontaevsky O. P. Theoretical and methodological aspects of assessing the professional reliability of production personnel of road construction enterprises/IV International Scientific and Practical Internet conference "FORMATION OF AN EFFICIENT SYSTEM OF MANAGEMENT AND PUBLIC ADMINISTRATION IN THE CONDITIONS OF A TRANSITIVE ECONOMY» Kharkiv, 09/21/2022. [in Ukrainian].

12. Kraynik O. M. Evaluation of the reliability of management personnel [Electronic resource] / O. M. Kraynik. - Access mode:http://archive.nbuv.gov.ua/portal/ soc_gum/sre/2012 1/62.pdf. [in Ukrainian].

13. Monitoring of the implementation of the plan of measures for the implementation of the Agreement. European integration portal. 2022. URL: https://pulse.kmu.gov.ua/ (date of application: 08/23/2022). [in Ukrainian].

14. National economic strategy for the period until 2030: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 03.03.2021 No. 179/ https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/179-2021-%D0%BF#n25 (date application: 07.08.2022). [in Ukrainian].

15. National transport strategy of Ukraine for the period until 2030: Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 30.05.2018 No. 430-p/ https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1% 80#Text (date of reference: 07.08.2022). [in Ukrainian].

16. Nikiforenko, V. G., Kravchenko, V. O. Interrelationship of personnel reliability and personnel security in the organization management system // Bulletin of social and economic research: coll. of science works (ISSN 2313-4569); under the editorship : M. I. Zveryakova (chief editor) and others. Odesa: Odesa National University of Economics. 2018. No. 3 (67). P. 174-183. [in Ukrainian].

17. Semikina, M. V. Competition and competitiveness in the labor market: methodology of definition [Text] / M. V. Semikina // Demography and social economy. – 2008. – No. 2. – P. 94–103. [in Ukrainian].

18. Sochinska-Sybirtseva I.M. Assessment of personnel reliability as a factor in increasing competitiveness [Electronic resource] / I.M. Sochinska-Sybirtseva //Problems of the economy. - 2013. - No. 4. - P. 299-304. - Access mode:http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pekon_2013_4_40. [in Ukrainian].

19. Statistical information. Official website of the State Statistics Service of Ukraine. Access mode:http://www.ukrstat.gov.ua/(date of application 07.08.2022). [in Ukrainian].

20. Harun O. Competitiveness of enterprise personnel in the context of labor potential development. International scientific journal. Economics of economic entities. 2016. No. 4. P. 62—73. [in Ukrainian].

21. Hiatt Jeffrey M. ADKAR: a model for change in business, government and our community. [Electronic resource] / Jeffrey M. Hiatt. - Access mode: http:www.change-management. com

22. Tsvetkova, I.I. Personnel competitiveness: essence and place in ensuring the competitiveness of enterprises [Text] / I.I. Tsvetkova // Culture of the peoples of the Black Sea region. – 2006. – No. 88. – P. 119–125. [in Ukrainian].

23. O. M. Tsilmak, S. I. Yakovenko.*Socio-legal reliability of the staff of the OVS as a basis for effective professional activity* / Science and education: science and practice. journal Southern Scientific Center of the National Academy of Sciences of Ukraine. 2010. No. 4/5. P. 59-62. [in Ukrainian].

24. Shypilov A. I., Shypilova O. A. How to ensure personnel reliability? URL:http://alls.in.ua/50241yak-zabezpechiti-nadijjnist-personalu.html (access date: 15.08.2022).

УДК 005.8:658.7 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-344-354**
UDC 005.8:658.7

ЛОГІСТИКА ТА УПРАВЛІННЯ ЛАНЦЮГАМИ ПОСТАЧАНЬ В ПРОЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОМУ КОНТЕКСТІ

LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN A PROJECT-ORIENTED CONTEXT



***Галак Ірина Іванівна**, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Транспортного права та логістики", e-mail: i.halak@ntu.edu.ua, тел. +380978459880,*

https://orcid.org/ 0000-0002-5038-7771



***Добровольський Олександр Сергійович**, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Двигунів і теплотехніки", e-mail: dobrovolskiy@ukr.net , тел. +380632977210,*
https://orcid.org/0000-0003-0048-1388



***Овчар Денис Олександрович**, аспірант кафедри «Транспортного права та логістики", e-mail: pitosha29@gmail.com , тел. +380673547595,*

https://orcid.org/0000-0002-9359-2206



***Чечет Анна Михайлівна**, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Транспортного права та логістики", e-mail: anet_chechet@ukr.net , тел. +380634321538,*

https://orcid.org/0000-0002-5912-0678

Анотація. Більшість проєктів вимагають звичайних і витратних матеріалів від третіх сторін, а планування, замовлення, транспортування, зберігання, відстеження та контроль цих матеріальних ресурсів може зайняти багато часу та зусиль, тому належна логістична підтримка є важливою необхідністю в управлінні проєктами. Тому у статті проведено аналіз ключових змін у 7-му виданні PMBOK (Project Management Body of Knowledge). Визначено, що гнучкі підходи до управління проєктами перестали бути доповненням до стандарту, вони стали його частиною, в тому числі і в

питаннях управління ланцюгами постачання і логістикою проєкту. Проаналізовані основні сфери виконання проєктами, які чітко підкреслюють важливість управління матеріалами, обладнанням, постачанням та логістикою в проєктно-орієнтованому контексті та важливість роботи з підрядниками та постачальниками для планування та управління закупівлями та контрактами. Здійснено короткий огляд тих галузей, для яких, управління логістикою проєкту є одним із основних напрямків для отримання конкурентної переваги та завершення проєкту вчасно. Розглянуто підхід до планування доставки матеріалів та обладнання в проєктах, що є необхідними для будівництва доріг, мостів та іншої інфраструктури, з огляду забезпечення безперервності робіт в процесі управління проєктом. Модель оцінює кількість матеріалів, які повинні бути доступні в певний час на будівництві, щоб гарантувати бажаний рівень захисту від змін у графіку доставки та швидкості ходу виконання етапів проєкту.

Ключові слова: управління проєктами, логістика, ланцюг постачань, управління закупівлями, хід виконання проєктом, страховий запас і доступна кількість матеріалів, безперебійний процес будівництва, своєчасність доставки, фізичні ресурси.

Вступ. У наш час такі сфери діяльності як логістика та управління проєктами змінюються дуже динамічно. Нові виклики (пандемія, війна, світова криза) виникають у компаній під час повсякденного ведення бізнесу і щоб підтримувати свою конкурентоспроможність, компаніям необхідно застосовувати нові інструменти та методи управління. Впровадження ефективних рішень в процесі управління проєктами вимагає не тільки компетенцій, пов'язаних суто з проєктами, але й таких, що пов'язані з іншими сферами діяльності, в тому числі і з логістикою та управління ланцюгами постачань.

Управління логістикою проєкту є одним із основних напрямків для отримання конкурентної переваги та завершення проєкту вчасно. У набагато ширшому розумінні логістика включає фізичне планування, розташування заводу, закупівлі та навіть утилізацію відходів. Ефективна логістика передбачає належне управління та планування, точне прогнозування, управління запасами, транспортування, завантаженням і розвантаженням, митне очищення, страхування вантажів, нагляд за розміщенням і складуванням [1]. Отже, логістика в проєкті – це точна, ефективна доставка потрібних матеріалів та обладнання у визначений час до місця й до відповідальної особи, для якої вони призначені, в контексті етапів виконання проєкту.

Мета і методи. Будь-який проєкт – це завдання, обмежене часом. Затримки, спричинені неправильною логістикою, спричиняють не лише втрату прибутку, але й призводять до втрати репутації та задоволеності клієнтів. Це безцінні активи, які майже неможливо відшкодувати після втрати. Саме тому експерти вказують на те, що правильне планування є ключем до чудової логістики.

Метою дослідження є аналіз теоретичних методів і стратегій логістичного управління у проєктно-орієнтованому контексті як особливу область знань в управлінні проєктами, дослідження концепцій, які підходять для проєктів та управління ними з точки зору логістики, а також окреслення того, що є важливим/специфічним для проєкту в контексті логістичного управління.

В роботі проведено теоретичний аналіз для вивчення літератури та узагальнення літературних джерел, використано метод порівняння для встановлення змін в PMBOK стандартах, а також, методи вимірювання та моделювання для планування доставки матеріалів та обладнання в прєктах, що є необхідними для будівництва та проведена класифікація галузей, для яких, управління логістикою проєкту є одним із основних напрямків.

Необхідно відзначити, що українські науковці, враховуючи новизну цієї теми, саме такому виду взаємодії логістики та управління проєктами, приділяли недостатньо уваги, але серед вітчизняних науковців, у теоретичному контексті досліджували цю тему, зокрема, Т.А. Воркут, Ю.В. Лущай, В.С. Харута, А.М. Чечет [2] розглядають регулярний та одноразовий логістичний аутсорсинг і партнерство, що являється основою для побудови моделі взаємодії логістики та управління проєктами, Черчата А.О. та Погорела Г.О. [1, 3] підкреслюють значущість поєднання таких потужних методологій, як управління проектами і логістика, а також описують перспективи розвитку такої тенденції. В інших своїх роботах, Черчета А.О. та інші [4, 5] обґрунтовують формування ефективної організаційної структури, що забезпечує реалізацію логістичного підходу в проєктній діяльності будівельних підприємств.

Закордонні науковці більш детально досліджували тему взаємодії логістики та управління проєктами. B.E. Asbjørnslett [6] та James B. Ayers [7, 8] фокусують свої дослідження на ланцюгах попиту та постачання проєкту в галузі як на етапах розробки проєктів, так і на етапах експлуатації.

Вони підходять до цього питання відповідно до характеристик контексту галузевого проєкту. Amrita Ashok, в своїй роботі [9], досліджує системи закупівлі та управління поставками в проєтному середовище і обґрунтовує позитивний вплив використання логістичних методологій на ефективність виконання проєкту. Jurie Steyn & Dirk Lourens [10] підкреслюють важливість аутсорсингу логістики проєкту стороннім постачальникам логістичних послуг (3PL і 4PL), може допомогти власнику та підрядникам проєкту досягти скорочення витрат і підвищити ймовірність успішного виконання. Guido JL Micheli та Enrico Cagno [11] досліджують використання різних модифікованих стратегій та процесів в компаніях з проєктування, постачання та будівництва, які пов'язані з відхиленням від бажаного з точки зору часу, вартості та якості виконання проєкту. Alessandro Perego [12] в своєму досліджені робить акцент не тільки на процес закупівлі, а і на процес доставки фізичних ресурсів від третіх осіб.

Результати і пояснення. У 6-й і попередніх версіях PMBOK [13] фокусувався на галузях знань і структурі процесів для кожної галузі знань. У 7-й версії [14] на перше місце вийшли навички поведінки і принципи, яким повинен слідувати керівник проєкту для створення цінності. Формальні результати поступилися місцем задоволеності ключових стейкголдерів від реалізації проєкту і доданої вартості в очах замовника і організації.

Мова не йде про те, щоб повністю відмовитися від використання процесного підходу. Там де він доречний – типові повторювані набори активностей, – керівник проєкту повинен прагнути до його використання [15]. На рисунку (див. рис 1.) представлені основні зміни в структурі PMBOK 7 версії саме з точки зору взаємодії управління проєктами з логістикою. В даному стандарті чітко підкреслено важливість логістичного аутсорсингу для різних прєктіві в таких сферах виконання проєкту, як планування, проєктна робота та постачання. Основні задачі, які виникають в процесі проєктної роботи, заключаються в управлінні матеріалами, обладнанням, постачанням та логістикою, а також робота з підрядниками та постачальниками для планування та управління закупівлями та контрактами.



Рисунок 1 – Взаємозв'язок логістики та управління проєктами
Figure 1 – Relationship of logistics and project management

В новому стандарті з'явився термін «фізичні ресурси», який застосовний до будь-якого ресурсу, який не є людиною. Відповідно до фізичних ресурсів належать матеріали, обладнання, програмне забезпечення, середовища тестування, ліцензії тощо. Планування фізичних ресурсів передбачає оцінювання, а також ланцюг постачання, логістику та управління. Проєкти зі значними фізичними

ресурсами, такі як інженерні та будівельні проєкти, повинні будуть планувати закупівельну діяльність для придбання ресурсів. Це може бути настільки просто, як укладання стандартної угоди про замовлення, або дуже складно, як управління, координація та інтеграція кількох великих закупівельних заходів.

Планування фізичних ресурсів охоплює облік часу виконання доставки, переміщення, зберігання та утилізації матеріалів, а також засоби відстеження запасів матеріалів від прибуття на місце до доставки цілого продукту. Команди проєктів, чиї проєкти потребують значних фізичних матеріалів, продумують та стратегічно планують час від замовлення до доставки та використання. Сюди можна віднести оцінку оптового замовлення порівняно з вартістю зберігання, глобальною логістикою, стійкістю та інтеграцією управління фізичними активами з рештою проекту [14].

Великі обсяги фізичних ресурсів вимагають інтегрованої системи логістики. Зазвичай, це прописано в політиках компанії, які потім реалізують в проєктах. План логістики описує як політика компанії буде реалізована у проєкті. Супровідна документація містить оцінки типу матеріалу, основу для оцінок, очікуване використання з часом, специфікація ґатунку, а також час та місце доставок.

Цілі з точки зору фізичних ресурсів полягають у тому, щоб скоротити або виключити обробку та зберігання матеріалу на місці, усунути час очікування матеріалів, звести до мінімум брак та витрати.

Відповідно зазначена робота інтегрована з генеральним графіком проєкту, щоб забезпечити чіткі очікування та комунікації для всіх залучених сторін.

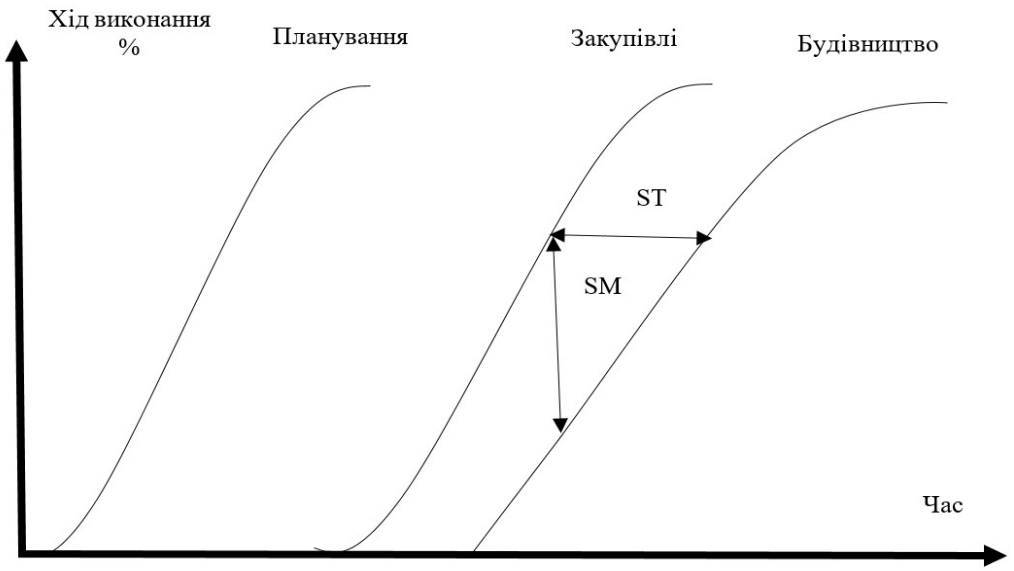
Будь-який бізнес з проєктами, що вимагають сторонніх матеріалів або послуг, виграє від найму менеджера із закупівель. Приклади галузей, які можуть найняти когось для управління закупівлями для завершення проєктів або досягнення цілей і термінів:

- ✓ Виробництво. Включає в себе закупівлі для проєктів основних матеріалів та обладнання, а також планування, замовлення, транспортування, зберігання, відстеження та контроль цих фізичних ресурсів.
- ✓ Інженерія. Інженерні проєкти різного розміру залучають менеджерів із закупівель для забезпечення спеціалізованих товарів і обладнання.
- ✓ Охорона здоров'я. Закупівлі в галузі охорони здоров’я часто передбачають транспортування основних товарів для лікарень або медичних закладів і забезпечення безпеки певного обладнання, наприклад вентиляторів чи рентгенівського обладнання.
- ✓ Фінанси. Менеджери з фінансових закупівель переважно працюють над пошуком фінансування для проєктів за допомогою грантів або інших засобів.
- ✓ Технології. Менеджери із закупівель у галузі технологій займаються встановленням або модернізацією поточних комп’ютерних систем і обладнання.
- ✓ Будівництво. Це включає забезпечення товарів і послуг, необхідних для будівництва доріг, мостів та іншої інфраструктури [16].

Основні дослідження статті побудовані на аналізі проєктної діяльність на загальному рівні етапу закупівлі матеріалів для будівництва.

Згідно логістичному підходу, будівельний проєкт може бути представлений у вигляді послідовності фаз (планування, закупівлі, будівництво тощо).

Планування проєкту – це послідовність більш детальних етапів, що переходять від загального плану проєкту до більш точних специфікацій для кожної фази. Загальний план проєкту вказує на етапи, які представляють систему відліку для подальшої розробки детальних графіків. Загалом процес планування проєкту базується на зворотному підході: кінцеві терміни будівельних робіт впливають на доставку та закупівлі, які, у свою чергу, впливають на графік проєктування. З точки зору логістики, контроль за проєктом можна описати як процес «підштовхування», спрямований на дотримання термінів планування, визначених загальним і детальним планами проєкту. Управління взаємодією двох послідовних фаз має вирішальне значення для забезпечення інтеграції всього проєкту. Цей зв’язок можна аналізувати або на загальному, або на детальному рівні. На загальному рівні життєвий цикл проєкту може бути представлений послідовністю S-кривих, що описують очікуваний хід виконання кожної фази як функцію часу (див. рис. 2).



SM - страховий запас матеріалів, а ST – резервний час виконання замовлення

Рисунок 2 – Очікуваний хід виконання проєкту для етапів планування, закупівлі та будівництва протягом життєвого циклу проєкту [12]
Figure 2 – Expected progress for planning, procurement and construction during the project life-cycle

Зв'язок між будь-якими двома послідовними фазами можна описати шляхом порівняння відповідних кривих прогресу та виділення наступних двох параметрів:

- ✓ різниця між двома кривими в процесі виконання проєктних дій на певну дату – SM;
- ✓ час виконання основних дій на різних етапах проєкту (час випередження) ST, що забезпечує рівність в процесі виконання послідовних етапів.

На детальному рівні час виконання, який гарантує, що кожна діяльність на початковій фазі передбачає наступні дії на наступній фазі (таб. 1), може бути оцінений точніше, коли стане доступною мережева модель проєкту.

Таблиця 1 – Закупівельний процес та хід його виконання
Table 1 – The procurement process and progress of its execution

Основні дії учасників процесу	**Планування (керівник проєкту)**	**Постачання (адміністратор у продавця)**	**Закупівля (керівник відділу)**	**Проєктна робота (покупець)**
1. Керівник проєкту готує та звітує про запит на закупівлю для передачі матеріалів постачальнику. 2. Адміністратор повідомляє про заявку керівника відділу закупівлі 3. Керівник відділу закупівлі затверджує заявку та надсилає покупцю назад. 4. Кінець процесу	1. Перевірка графіку проєкту 2. Підготовка проєктної заявки (ПЗ) 3. Передача ПЗ	1. Отримання ПЗ 2. Перевірка ПЗ 3. Підтвердження ПЗ 4. Передача ПЗ	1. Перевірка ПЗ 2. Схвалення ПЗ 3. Передача ПЗ	1. Отримання узгодженої ПЗ

Початок будівельної діяльності на певній ділянці будівельного майданчика вимагає наявності необхідних матеріалів. Для цього потрібно враховувати терміни закупівлі, транспортування та виявити всі можливі джерела невизначеності в графіку будівництва. З одного боку, повинен бути доступний страховий запас, щоб запобігти переривання процесу будівництва на об'єкті, в той же час, потрібно обмежити фінансові ризики та витрати, пов'язані зі зберіганням та обробкою цього запасу. Таким чином, у керівника проєкту на етапі планування виникає задача щодо розрахунку запасу матеріалів, який гарантує безперебійний процес виконання всіх етапів проєкту вчасно [16].

Отже, на основі статистичних та зпрогнозованих даних, пропонується побудувати криву ходу виконання етапу закупівлі, з урахування дотримання умови «доступна кількість», яка представляє фундаментальний орієнтир щодо планування поставок для проєкту. Для кожного періоду планування рівень «фактична кількість», що забезпечується процесом доставки, ніколи не повинен бути нижчим за рівень «доступна кількість». Залежність між функціями представлена на рисунку 2.

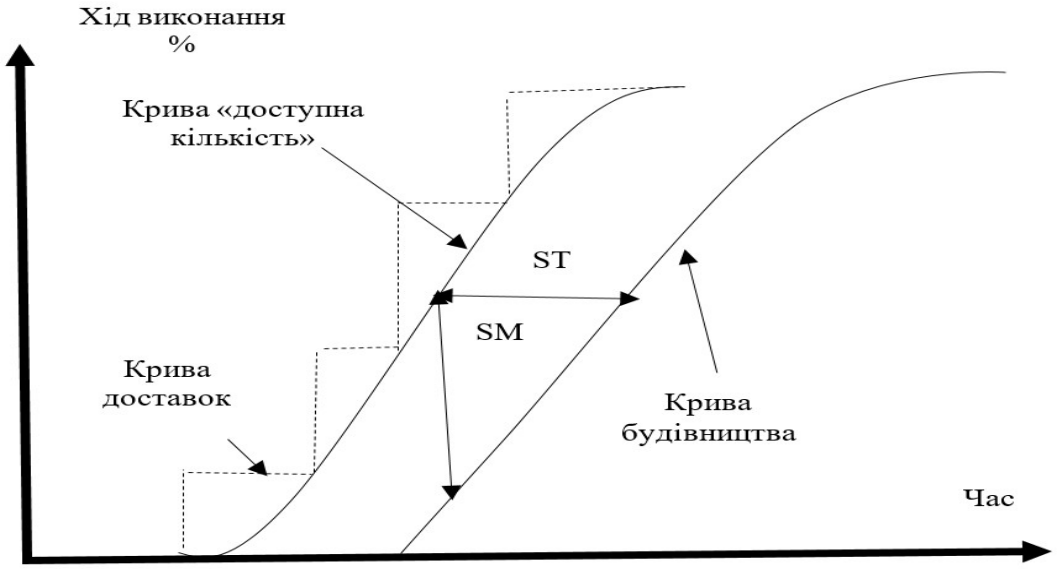


Рисунок 2 – Залежність між функціями забезпечення достатньої кількості матеріалів, своєчасної доставки та безперервного процесу будівництва [12]
Figure 2 – Relationship between construction, «availability» and delivery progress curves

Взаємозв'язок між процесом закупівлі та будівництва можна проаналізувати, виразивши обидва значення ходу виконання проєкту в однаковій одиниці вимірювання. З цією метою, пропонується, сукупна кількість матеріалів, що поступово доставляються на об'єкт, буде оцінюватися в еквіваленті стандартних людино-годин будівництва (SMh). Розрахунок людино-година використовують до процесів, які є багатоетапними і вимагають обов'язкового спостереження заздалегідь встановлених термінів виконання [16].

Таким чином, кожна доставка матеріалів та обладнання буде переведена в еквівалентну кількість SMh, використовуючи стандартні норми, які перетворюють фізичні одиниці в стандартні людино-години. Розглянемо наступні «ідеальні» припущення щодо пакету будівельних робіт (WP):

- ✓ швидкість будівництва визначена;
- ✓ доставка матеріалів на об'єкт з дотриманням послідовності будівництва;
- ✓ матеріали доставляються на об'єкт відповідно до встановлених термінів доставки;
- ✓ доставлені на об'єкт матеріали відразу готові для будівництва.

Якщо вище описані припущення виконуються, немає потреби в резервному часі для доставки, а запас матеріалів, які очікують використання на будівництві, визначається заштрихованою областю на рисунку 3, де:

- L – розмір партії матеріалів, доставлених на будівництві у відповідний період (SMh);
- r – темп ходу будівництва (SMh «отримана» за одиницю часу);
- $D = L/r$ – час, необхідний для використання всієї партії.

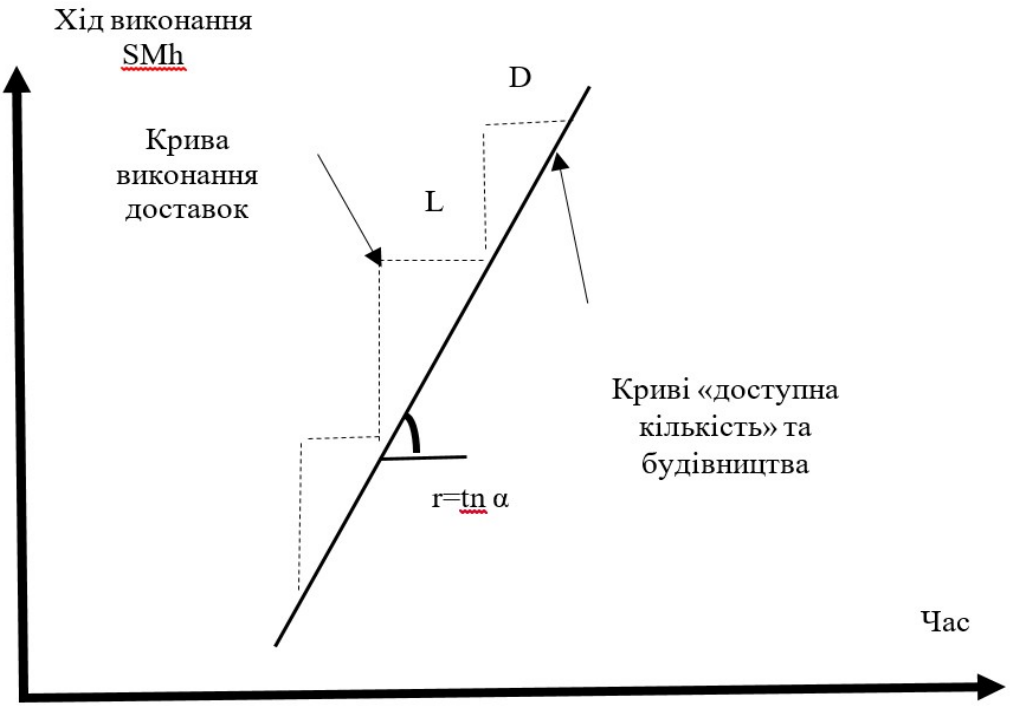


Рисунок 3 – Запас матеріалів на об'єкті за умови, що доставка синхронізована з будівництвом. L вказує на розмір партії, D – час вичерпання партії, а r – швидкість будівництва [12].

Figure 3 – Stock of materials at the site assuming delivery synchronised with construction. L indicates the lot size, D the lot depletion time and r the construction progress rate.

Приймаючи до уваги типовість робочого проєкту будівництва, очікуваний рівень ходу виконання в даний період, може бути виражений в термінах SMh, отриманих з моменту запуску до моменту, що розглядується. Нехай p_i буде очікуваним значенням продуктивності в період i:

$$p_i = \frac{\mathrm{SM}h_i}{\mathrm{EM}h_i} \tag{1}$$

де, SMh_i – показник людино-годин отриманий в i-му періоді;

EMh_i – фактична кількість годин, які необхідно витратити в i-му періоді, як функцію наявних людських ресурсів за період та відповідно робочим годинам.

Згідно з попередніми припущеннями, швидкість процесу будівництва r_i в i-му періоді вважається нормально-розподіленою випадковою величиною, середнє значення та стандартне відхилення якої можна визначити за формулами 2 і 3:

$$r_i = SMh_i = p_i \cdot EMh_i \tag{2}$$

$$\sigma_{r_i} = \sigma_{p_i} \cdot EMh_i = \frac{\sigma_{p_i}}{p_i} \cdot r_i \tag{3}$$

Для всіх матеріалів замовлення на закупівлю повинно бути оформлено до початку процесу будівництва. Згодом процес закупівлі керується відповідно до push-підходу (що штовхає), щоб доставити матеріали на об’єкт відповідно до термінів, встановлених очікуваним графіком будівництва. Отже, запас матеріалів SMi, який повинен бути доступний наприкінці i-го періоду, повинен бути достатнім для покриття всіх змін від початку процесу будівництва до кінця i-го періоду.

Таким чином, страховий запас матеріалів можна оцінити за наступним добре відомим співвідношенням, яке широко застосовується в логістиці у випадках мінливості попиту протягом часу виконання робіт:

$$SM_i = k \cdot \sigma_{c,i} \quad (4)$$

де, $\sigma_{c,i}$ – є сукупним стандартним відхиленням загальної потреби в матеріалах від початку процесу будівництва до кінця і-го періоду. Він враховує як мінливість темпів ходу виконання (від періоду 1 до періоду і), так і мінливість дат доставки;

k – визначений менеджером коефіцієнт, що відображає рівень страхового запасу (LS), який необхідно мати, щоб уникнути ризик переривання (або уповільнення) процесу будівництва через брак матеріалів.

Рівняння (4) виконується до тих пір, поки крива ходу виконання проєкту «доступна кількості» не дорівнюватиме загальній кількості матеріалів, необхідних для завершення WP. З цього моменту більше не потрібно доставляти матеріал на об'єкт, і концепція запасу матеріалу втрачає значення (оскільки проєкт забезпечений запасом матеріалів на 100%). Запас матеріалів зменшується, досягаючи нуля в кінці етапу будівництва.

Припускаючи, що показники ходу виконання проєкту не є автокорельованими та не залежать від дат доставки, значення $\sigma_{c,i}$, і можна розрахувати за таким співвідношенням:

$$\sigma_{c,i} = \sqrt{\sigma_{R_i}^2 + r_{i+1}^2 \cdot \sigma_T^2} = \sqrt{\left(\sum_{j=1}^{i} \sigma_{rj}^2\right) + r_{i+1}^2 \cdot \sigma_T^2} \quad (5)$$

де $\sigma_{R_i} = \sqrt{\sum_{j=1}^{i} \sigma_{r_j}^2}$ – середнє значення та стандартне відхилення від ходу виконання будівництва на кінець *i*-го планового періоду;

$\sigma_т$ – вказує на стандартне відхилення дат доставки по відношенню до запланованих дат.

Згідно з визначенням швидкості ходу будівництва (формули (2) і (3)) і прогнозуючі постійні значення як для очікуваної продуктивності, так і для стандартних відхилень у кожному періоді планування (pi =p та $\sigma_{\text{pi}} = \sigma_{\text{p}}$), співвідношення (5) змінюється таким чином:

$$\sigma_{c,i} = \sqrt{\gamma_p^2 \cdot \left(\sum_{j=1}^{i} r_j^2\right) + r_{i+1}^2 \cdot \sigma_T^2} \quad (6)$$

де $\gamma_{\text{p}} = \sigma_{\text{p}}/\text{p}$ – індекс дисперсії продуктивності.

Остаточне значення «доступна кількість» запасів (Ai) розраховується таким чином:

$$A_i = R_i + SM_i \quad (7)$$

де $R_i = \sum_{j=1}^{i} r_j$ – сумарна кількість страхових запасів.

Точне значення страхового запасу потрібних матеріалів (SMi) в *i*-му плановому періоді (STi) можна отримати, розділивши запас матеріалів (SMi) на швидкість будівництва. Якщо темпи ходу будівництва слідують запланованій тенденції, то співвідношення для STi, яке передбачає, що середній темп ходу будівництва протягом STi дорівнює значенню r_{i+1}:

$$ST_i = \frac{SM_i}{r_{i+1}} \cdot t_u \quad (8)$$

де t_u – тривалість планового періоду.

Співвідношення (8) виконується лише до тих пір, поки крива «доступна кількість» не буде нижче свого максимального значення, тобто загальної кількості матеріалу, необхідного для завершення робіт. Коли всі матеріали доставлено, концепція «безпечного» часу виконання більше не потрібна. Значення STi відповідно до (8) може бути збільшена на час, необхідний для управління матеріалами на місці, наприклад для контролю якості, обробки та складування [12].

Висновки та рекомендації. В роботі проведено аналіз ключових моментів, описаних у 7-ій версії PMBOK, які пов'язані із стратегією логістичного управління у проєктно-орієнтованому контексті. Якщо попередні стандарти акцентували увагу на галузях знань і структурі процесів для кожної з них, то у 7-й версії на перше місце вийшли навички поведінки і принципи, яким повинен

слідувати керівник проєкту для створення цінності. Описано важливість та специфіку процесу управління матеріалами, обладнанням, постачаннями та логістикою, а також роботи з підрядниками та постачальниками для планування та управління закупівлями за контрактами. У зв'язку з тим, що планування, замовлення, транспортування, зберігання, відстеження та контроль фізичних ресурсів можуть зайняти багато часу та зусиль, процес управління проєктами вимагає інтегрованої системи логістики, а сам проєкт виграє від найму менеджерів із закупівлі.

Розглянуто модель планування доставки матеріалів та обладнання в прєктах, що є необхідними для будівництва доріг, мостів та іншої інфраструктури, з огляду забезпечення безперервності робіт в процесі управління проєктом. Модель оцінює кількість матеріалів, які повинні бути доступні в певний час на будівництві, щоб гарантувати бажаний рівень захисту від змін у датах доставки та швидкості ходу виконання етапів проєкту. Модель може бути використана на ранніх стадіях планування проєкту, коли детальний аналіз на основі мережевих методів ще недоступний, і являє собою базовим інструментом для загального управління закупівлею та транспортуванням матеріалів на об'єкт.

Перелік посилань

1. Черчата А.О., Погоріла А.О. Логістичні аспекти в управлінні проектами. Економічний простір: зб. наук. праць. Дніпро: ДВНЗ, № 119. 2016. С. 215-221.

2. Стратегічне управління проєктами логістичного аутсорсингу. Монографія / Т.А. Воркут, Ю.В. Лущай, В.С. Харута, А.М. Чечет – Київ: Міленіум, 2021. – 156 с.

3. Черчата А.О., Погоріла А.О. Логістичні аспекти в управління проектами. Економічний простір, № 119. 2017. С.215 – 221.

4. Черчата А.О. Логістизація бізнес-процесів на будівельних підприємствах в умовах процесного підходу. Економічний простір: зб. наук. праць. Дніпро: ДВНЗ, № 92. 2014. С. 249-258.

5. Cherchata A., Popovychenko I., Andrusiv U., Gryn V., Shevchenko N., Shkuropatsky O. Innovations in logistics management as a direction for improving the logistics activities of enterprises. Management Systems in Production Engineering. Volume 30, Issue 1, 2022. P. 9-17.

6. Bjørn Egil Asbjørnslett Project supply chain management: From agile to lean. Trondheim, Norway, 2003. 271 p.

7. James B. Ayers. Supply Chain Project Management: A Structured Collaborative and Measurable Approach. Published by CRC Press. Second Edition. October 20, 2009. 428 p.

8. James B. Ayers, Mary Ann Odegaard. Retail Supply Chain Management. CRC Press Published September 30, 2021. 464 p.

9. Amrita Ashok. Procurement in project management: a collaborative perspective. Heriot-Watt University, 2013.

10. Jurie Steyn, Dirk Lourens. An Introduction to Project Logistics Management.OTC. May, 2017. P. 1-8.

11. Guido J.L. Micheli, Enrico Cagno. The role of procurement in performance deviation recovery in large EPC projects // International Journal of Engineering Business Management, Volume 8, 2016. P. 1-17.

12. F. Caron, G. Marchet, A. Perego.Project logistics: integrating the procurement and construction processes // International Journal of Project Management: Great Britain, Vol. 16, №. 5, 1998. P. 311-319.

13. Project Management Institute, A Guide to the Project Management Body of Knowledge – Seventh Edition, Project Management Institute Inc, 2021. 370 p.

14. Project Management Institute, A Guide to the Project Management Body of Knowledge – Sixth Edition, Project Management Institute Inc, 2017. 537 p.

15. Project Management Bureau: веб-сайт. URL: https://pmb.com.ua/uk/blog/oglyad-pmbok-7-shho-zminylosya-v-standarti/

16. Поповиченко І.В. Підходи до оцінки ефективності логістики для підприємства з урахуванням специфіки будівельної галузі. Науковий журнал «Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля». №4 (211), частина 1. Луганськ, 2014. С.43-48.

LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT IN A PROJECT-ORIENTED CONTEXT

Halak Iryna I., Ph.D., associate professor, National Transport University, associate professor of Department of transport Law and Logistics, e-mail: 1017imiia@gmail.com, tel. +380978459880, https://orcid.org/0000-0002-5038-7771
Dobrovolskiy Oleksandr S., Ph.D., associate professor, National Transport University, associate professor of Department of Engines and Heating Engineering, e-mail: dobrovolskiy@ukr.net, tel. +380632977210, https://orcid.org/0000-0003-0048-1388
Ovchar Denys O., Ph.D student., National Transport University, Department of transport Law and Logistics, e-mail: pitosha29@gmail.com, tel. +380673547595, https://orcid.org/0000-0002-9359-2206
Chechet Anna M., Ph.D., associate professor, National Transport University, associate professor of Department of transport Law and Logistics, e-mail: anet_chechet@ukr.ne, tel. +380634321538, https://orcid.org/0000-0002-5912-0678

Abstract. Most projects require routine and consumable materials from third parties, and planning, ordering, transporting, storing, tracking, and controlling these material resources can take a lot of time and effort, so proper logistics support is a critical necessity in project management. Therefore, the article analyzes the key changes in the 7-th edition of Project Management Body of Knowledge. It was determined that flexible approaches to project management ceased to be an addition to the standard, they became part of it, including in matters of supply chain management and project logistics. Key areas of project execution are analyzed that clearly emphasize the importance of materials, equipment, supply and logistics management in a project-oriented context and the importance of working with contractors and suppliers to plan and manage procurement and contracts. A brief overview of those industries for which project logistics management is one of the main directions for obtaining a competitive advantage and completing the project on time. The approach to planning the delivery of materials and equipment in projects, which are necessary for the construction of roads, bridges and other infrastructure, with a view to ensuring the continuity of work in the process of project management. The model estimates the amount of materials that must be available at a given time on the construction site to ensure the desired level of protection against changes in delivery dates and project progress.
Keywords: project management, logistics, supply chain, procurement management, project progress, insurance stock and available amount of materials, uninterrupted construction process, timeliness of delivery, physical resources.

References

1. Cherchata A.O., Pohorila A.O. Lohistychni aspekty v upravlinni proektamy. Ekonomichnyi prostir: zb. nauk. prats. Dnipro: DVNZ, № 119. 2016. S. 215-221. [in Ukrainian]
2. Stratehichne upravlinnia proiektamy lohistychnoho autsorsynhu. Monohrafiia / T.A. Vorkut, Yu.V. Lushchai, V.S. Kharuta, A.M. Chechet – Kyiv: Milenium, 2021. – 156 s. [in Ukrainian]
3. Cherchata A.O., Pohorila A.O. Lohistychni aspekty v upravlinnia proektamy. Ekonomichnyi prostir, № 119. 2017. S.215 – 221. [in Ukrainian]
4. Cherchata A.O. Lohistyzatsiia biznes-protsesiv na budivelnykh pidpryiemstvakh v umovakh protsesnoho pidkhodu. Ekonomichnyi prostir: zb. nauk. prats. Dnipro: DVNZ, № 92. 2014. S. 249-258. . [in Ukrainian]
5. Cherchata A., Popovychenko I., Andrusiv U., Gryn V., Shevchenko N., Shkuropatsky O. Innovations in logistics management as a direction for improving the logistics activities of enterprises. Management Systems in Production Engineering. Volume 30, Issue 1, 2022. P. 9-17. [in English]
6. Bjørn Egil Asbjørnslett Project supply chain management: From agile to lean. Trondheim, Norway, 2003. 271 r. [in English]
7. James B. Ayers. Supply Chain Project Management: A Structured Collaborative and Measurable Approach. Published by CRC Press. Second Edition. October 20, 2009. 428 p. [in English]
8. James B. Ayers, Mary Ann Odegaard. Retail Supply Chain Management. CRC Press Published September 30, 2021. 464 p. [in English]
9. Amrita Ashok. Rrocurement in project management: a collaborative perspective. Heriot-Watt University, 2013. [in English]
10. Jurie Steyn, Dirk Lourens. An Introduction to Project Logistics Management.OTC. May, 2017. P. 1-8. [in English]

11. Guido J.L. Micheli, Enrico Cagno. The role of procurement in performance deviation recovery in large EPC projects // International Journal of Engineering Business Management, Volume 8, 2016. P. 1-17. [in English]

12. F. Caron, G. Marchet, A. Perego.Project logistics: integrating the procurement and construction processes // International Journal of Project Management: Great Britain, Vol. 16, №. 5, 1998. P. 311-319. [in English]

13. Project Management Institute, A Guide to the Project Management Body of Knowledge – Seventh Edition, Project Management Institute Inc, 2021. 370 p. [in English]

14. Project Management Institute, A Guide to the Project Management Body of Knowledge – Sixth Edition, Project Management Institute Inc, 2017. 537 p. [in English]

15. Project Management Bureau: veb-sait. URL: https://pmb.com.ua/uk/blog/oglyad-pmbok-7-shho-zminylosya-v-standarti/ [in English]

16. Popovychenko I.V. Pidkhody do otsinky efektyvnosti lohistyky dlia pidpryiemstva z urakhuvanniam spetsyfiky budivelnoi haluzi.. Naukovyi zhurnal «Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu im. V. Dalia». №4 (211), chastyna 1. Luhansk, 2014. S.43-48. . [in Ukrainian]

УДК 338.5:658.5 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-355-363**
UDC 338.5:658.5

МОНІТОРИНГ ФЛУКТУАЦІЇ В СИСТЕМІ ІНТРАМЕНЕДЖМЕНТУ

FLUCTUATION MONITORING IN THE INTRAMANAGEMENT SYSTEM



***Дяченко Тетяна Олексіївна**, кандидат економічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри менеджменту, e-mail: mart_09@i.ua, тел. +380503523552, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 241,*

https://orcid.org/0000-0002-3774-2396

Анотація. Визначено типи управління, що засновані на інфра- та інтраменеджменті; розглянуто поняття флуктуації та управлінського моніторингу в організації. Досліджено зміст поняття моніторинг, флуктуація, розглянуто специфічні закони функціонування організації, а саме: своєрідності, соціальної гармонії, стабільності. Зауважено, що для підвищення ефективності системи управлінського планування організації, поряд зі стандартним моніторингом та «моніторинг-аналізом», необхідно використовувати систему «моніторинг-критерій», що дозволить користувачеві, залежно від встановлених ним критеріїв , отримувати набір управлінських впливів та вибирати з них найбільш оптимальні. Означено, що моніторинг інтраменеджменту необхідний для виявлення значень (факторів) показників, що відображають стан організації, у яких спостерігаються флуктуації аналізованої системи. Існують певні задачі, вирішення яких можливе при використанні моніторингу флуктуації. Запропоновано алгоритм моніторингу флуктуації в системі інтраменеджменту, який дозволяє приймати більш ефективні управлінські рішення в процесі функціонування організації. Визначено, що даний алгоритм носить універсальний характер та пропонується його застосовувати до будь-яких управлінських процесів організації.

Ключові слова: інтраменеджмент, флуктуація, управлінський моніторинг, організація, алгоритм.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Сучасний менеджмент характеризується орієнтацією на ефективне господарювання в умовах дефіциту ресурсів, поступовим скороченням регулювання виробництва адміністративними методами та інтенсифікацією виробництва. Це має сприяти розвитку ринку, товарно-грошових відносин в оптовій торгівлі засобами виробництва, конвертованості грошей, стабілізації ринкових цін. Слід зазначити, що менеджмент в організації передбачає управління процесами, не всіма з яких можна керувати. Це стосується як внутрішніх, так і зовнішніх процесів функціонування та розвитку організації (наприклад, маркетинг продукту, формування громадської думки про компанію та її продукт тощо). Необхідно керувати внутрішніми процесами та враховувати більшість зовнішніх процесів. З точки зору різних процесів управління управління можна розглядати двояко - управління внутрішніми (інтраменеджмент) і зовнішніми (інфраменеджмент) процесами. В практичній діяльності відбувається поєднання інтра- і інфраменеджменту через вплив різних факторів внутрішнього та зовнішнього середовища функціонування організацій.

Аналіз і огляд останніх досліджень. Теоретичні та практичні аспекти дослідження моніторингу діяльності компаній в конкурентному середовищі відображені в працях вітчизняних та зарубіжних дослідників. Хелбінг і Баюмі [3] приділили увагу питанню макроекономічних коливань. У статті Калінкова І.Ю. встановлено, що як глобальні, так і часткові внутрішньокраїнні коливання значно більш синхронізовані під час скорочення (контракції), ніж фази розширення ділової активності.

Теоретико-методологічним засадам розвитку еколого-економічних систем в умовах флуктуації було присвячено дисертаційне дослідження Кубатка О.В. у 2018 році; Щебель А.І. проводив дослідження моніторингу і регулюванню управлінських рішень щодо реалізації потенціалу підприємства [1]; Калінкова І.Ю. розглядала макроекономічні флуктуації в динаміці розвинених ринкових систем [4]; Т. Маршалок, І. Мороз приділили увагу шляхам подолання економічних коливань та досягнення економічного розвитку [5]; Петрова О.А. пропонувала запровадження моніторингу як маркетингової технології в діяльності органів державної влади з управління соціально-економічним розвитком регіону[7].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Незважаючи на достатньо вагомий внесок вчених та практиків у висвітленні питань моніторингу, у працях науковців мало приділено уваги вивченню флуктуації в системі інтраменеджменту, що і визначило напрям даної статті.

Мета дослідження. Метою даної наукової статті є обґрунтування задач та методики проведення моніторингу флуктуації в системі інтраменеджменту організації.

Основна частина. Кожна організація має зовнішнє і внутрішнє середовище, взаємозв'язок яких можна спостерігати через її внутрішню адаптацію до зовнішніх змін і викликів. При цьому важлива не пасивна адаптація, а бажання максимально впливати на зміни зовнішнього середовища. Цього можна досягти за допомогою процесів управління, що визначають поведінку організації, реалізація яких може мати різні варіації.

Флуктуація — це випадкове відхилення деякої величини (фізичної, біологічної, соціально-економічної тощо) від її середнього значення. Серед різноманітних властивостей системи керування (когерентність, дискретність, інертність, тривалість у часі) флуктуація також може бути інтерпретована таким чином: 1) значення, величини, що змінюються кілька разів; 2) величина коливання значення відбувається через відхилення від середнього значення.

Внутрішнє середовище організації може бути охарактеризоване сукупністю факторів, які описують стан організації та його потенційні зміни, в тому числі.

- цілі організації;
- організаційну структуру організації;
- комунікація, що відображає всі зв'язки між ланками, каналами надходження інформації;
- персонал організації, кваліфікація та досвід якого є основою для функціонування та розвитку організації;
- корпоративна складова (корпоративна культура організації, система інтересів та цінностей);
- ресурсний потенціал організації;
- методи управління, притаманні організації;
- фінансова складова організації.

В процесі функціонування організації на рівні управління відбувається поєднання інфра- та інтраменеджменту, що дозволяє встановлювати та оцінювати її загрози та можливості. Існують певні типи управління, засновані на поєднанні інфра- та інтраменеджменту, серед яких слід виділити очікуване, кризове, превентивне та реактивне (Рис.1).

Звертаючись до наукових шкіл та сучасних концепцій менеджменту крізь призму внутрішнього менеджменту, включаючи процесний, системний та ситуаційний підходи, особливого значення набуває нова школа менеджменту, яка спирається на дослідження операцій та розробку ефективних моделей менеджменту для різних ситуацій на кількісній основі факторного аналізу.

У функціонуванні організацій використовуються різноманітні методи проведення управлінських операцій та їх елементи в оптимальній послідовності та з раціональним розподілом між виконавцями з урахуванням їх кваліфікації та витрат часу з використанням різноманітних управлінських технологій, у тому числі:

-лінійна - характеризується суворою послідовністю окремих фаз управління, які виникають одна з одної і змінюються заздалегідь наміченого плану;

-управління через відхилення виникає внаслідок того, що незначні відхилення не потребують коригування процесу управління і незначні відхилення можна подолати зусиллями самих виконавців; менеджер при значних відхиленнях коригує процес управління;

- управління за результатами характеризується тим, що в залежності від ступеня досягнення запланованих результатів на попередньому етапі конкретизуються подальші заходи управління;

-управління за цілями;
-управління відповідно до ситуації;
-пошукове управління.

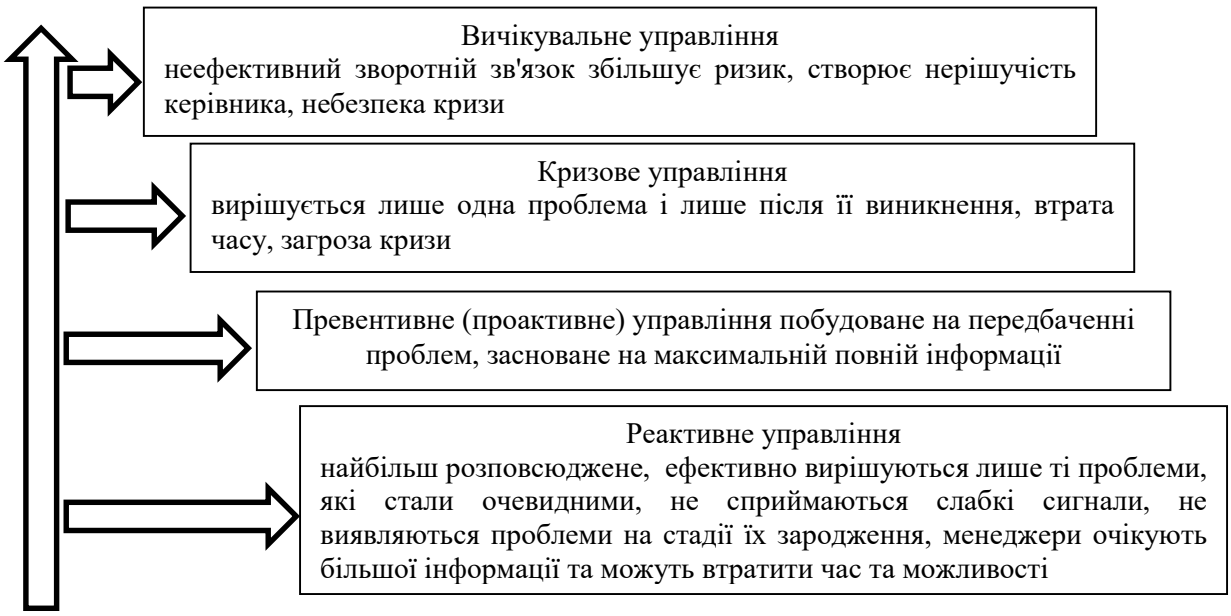


Рисунок 1 – Типи управління, що засновані на інфра- та інтраменеджменті
Picture 1 – Types of management based on infra- and intra-management

Специфіка процесів управління в організаційній системі насамперед пов'язана з комплексом унікальних факторів зовнішнього і внутрішнього середовища. Якщо функціональне призначення організаційних систем, як правило, носить ідентичний (однаковий) характер, то методи механізми реалізації завжди мають особливий, специфічний характер. Діяльність організації здійснюється відповідно до чинного законодавства, серед яких можна виділити наступні характеристики: самобутність, соціальна гармонія, стабільність.

Для кожної організаційної системи існує найкраща та унікальна організаційна структура виробництва та управління. Кожна компанія має свої особливості використання технологічних пристроїв, професіоналізму та особистісних характеристик персоналу, організаційної культури та характеру взаємовідносин (клімату). При цьому завданням інтраменеджменту є використання ресурсів організації для досягнення основних стратегічних функцій.

Закон своєрідності свідчить про те, що для досягнення оптимальності результату менеджмент має:

1) отримувати достовірну інформацію про діяльність цієї організації;
2) визначити існуючі фактори впливу;
3) визначити шляхи управління наявними ресурсами;
4) здійснювати процеси управлінського впливу для моніторингу цих факторів.

Закон соціальної гармонії ґрунтується на тому, що в будь-якій організаційній системі розвиток соціальної сфери з урахуванням людського фактора впливає на ефективність функціонування організаційної системи. Основними механізмами цього закону є наступні:

1) зменшення конфліктів;
2) співвідношення рівня задоволеності роботою (працівників);
3) підвищення трудової активності;
4) участь працівників в управлінні;
5) удосконалення інформаційних (комунікаційних) зв'язків як у вертикальній, так і в горизонтальній системах організаційної структури;
6) підвищення загального потенціалу організації за рахунок більш високого рівня комплаєнс-менеджменту.

Дія закону стабільності простежується в тому, що для кожної організаційної системи вибираються такі рівні динамічного стану, які забезпечують максимальне значення ефективності організації за її часовими, виробничими, фінансовими та іншими характеристиками.

Моніторинг діяльності організації здійснюватиметься у світлі законодавства, яким вона керується у своїй роботі. Моніторинг - це стандартизований набір заходів, який може бути застосований до будь-якої управлінської проблеми. Моніторинг, як і планування, організація, мотивація, контроль, є специфічною функцією, необхідною для кожного об'єкта управління. Для цього створюється певний алгоритм реалізації контрольної функції управління, за яким будується вся його система. Систематично організований моніторинг є основою для застосування методу екстраполяції для прогнозування діяльності організації. Таким чином, можна стверджувати, що управлінський моніторинг визначає передбачуваність результатів при його здійсненні як функції управління та розвитку об'єкта, а також загальних функцій управління.

Управлінський моніторинг відноситься до загальних функцій системи управління. Налагоджений управлінський моніторинг вимагає високої ефективності інформаційних потоків. При цьому управління є системоутворюючим фактором системи, який спрямований на контроль за створенням об'єкта в цілому. Моніторинг реалізації функції планування створює необхідну інформаційну базу для проведення детального аналізу еволюції об'єкта, порівняння планових показників з історичними та виявлення проблем, які потребують стратегічних і тактичних рішень. Для забезпечення ефективності планування керівництву установки необхідна інформація про динаміку зовнішнього середовища, яку також надає моніторинг. Дані моніторингу можуть потім допомогти обґрунтувати прийняті плани і терміни.

Система управлінського моніторингу, заснована на узгодженості показників на всіх рівнях процесу планування, виконує координуючу роль для координації всіх рівнів планування. Використання системи індикаторів моніторингу створить умови для того, щоб планування (від стратегічного до оперативного) було взаємозалежним, наочним, забезпечувало достатньо ґрунтовний аналіз ситуації та, за необхідності, своєчасну адаптацію існуючих планів. При виконанні організаційної функції відбувається процес створення (удосконалення) організаційної структури об'єкта, яка об'єднує всі ресурси організації для досягнення поставлених цілей і створює умови для досягнення цілей. У зв'язку з динамічним характером зовнішнього середовища та його швидкими змінами, організаційні структури потребують перебудови та проектування нових. Моніторинг є важливим фактором у визначенні ситуації, необхідної для такої реструктуризації. Управлінський моніторинг допомагає виявити ефективність реалізації тих чи інших взаємовідносин та вказати на ймовірнісні можливості для організаційного розвитку.

Оскільки сутність моніторингу інтраменеджменту організації ґрунтується на повторюваності спостереження за показниками, він необхідний для вдосконалення самої управлінської діяльності і водночас є ланкою самого процесу управління, яка має певні можливості, а саме:

- дає можливість визначити зміну стану об'єкта управління за певний проміжок часу і в цьому контексті визначити динаміку та напрям його еволюції; розкриває причинно-наслідкові зв'язки між об'єктом або явищами, що спостерігаються, а також суперечності, які виникають під час їх еволюції; - допомагає забезпечити інформацією керівництво об’єкта для постановки управлінських завдань і прийняття запобіжних та адекватних рішень;
- сприяє забезпеченню керівництва об'єкта інформацією для постановки управлінських завдань та прийняття випереджувальних і адекватних рішень;
- у перебігу його проведення здійснюється систематичний контроль за розвитком процесів та відповідності їх бажаним для керівної системи тенденціям розвитку;
- інформація, отримана в результаті його застосування, дозволяє організувати прогнозування розвитку об'єктів, явищ, процесів; його застосування дає можливість діагностувати поточний стан об'єкта і виявляти причини можливих відхилень;
- сприяє демократизації управління в частині залучення працівників до прийняття рішень, розвитку самоврядування, поєднання централізації та децентралізації у виконанні управлінських функцій;
- створена система моніторингу забезпечує зворотній зв'язок між керівництвом об'єкта та керованими підсистемами.

Моніторинг інтраменеджменту необхідний для того, щоб виявити значення (фактори) показників, що відображають стан організації, при яких спостерігаються флуктуації аналізованої системи. При цьому об'єктом дослідження є як бажані, так і небажані зміни значень обраних для моніторингового аналізу показників. Основною функцією управлінського моніторингу є виявлення негативних і позитивних тенденцій у процесі діяльності організації; забезпечення ефективного функціонування всіх підсистем і системи в цілому; довгострокове та поточне планування і прогнозування; організація, координація, інформування суспільства; перевірка виконання управлінських рішень. Існують певні завдання, які слід вирішувати шляхом моніторингу флуктуації в системі інтраменеджменту організації.

Першим завданням є початкова та постійна ідентифікація організаційно-економічних процесів, тобто моніторинг повинен базуватися на систематичній класифікації цих процесів як основи для ідентифікації. Водночас, оскільки склад та номінальні характеристики організаційно-економічних процесів змінюються, особливо під час організаційних змін, моніторинг дозволяє зібрати дані для перегляду та адаптації структурної схеми таких процесів.

Друге завдання - проаналізувати взаємозв'язки між процесами та визначити набір факторів, що підлягають контролю. Процеси, що динамічно розвиваються, характеризуються не тільки кількісною зміною виходів і входів, але й зміною переліку факторів. Цей факт надзвичайно ускладнює управління в перехідні періоди, і єдиним варіантом в такій ситуації є збір даних, що відображають вплив тих чи інших факторів на процес.

Третє завдання - спрогнозувати процес на найближчу перспективу. Під прогнозуванням зазвичай розуміють визначення майбутнього стану об'єкта за певних умов. Однак, у випадку динамічних процесів, що швидко розвиваються, немає чіткої межі між поняттями майбутнього і теперішнього. На відміну від об'єкта, процес, як правило, не має чітких просторових меж і описується функціональними характеристиками. Також неможливо чітко визначити часові межі процесу.

У будь-якому випадку, для реалізації цільового підходу до моніторингу необхідно враховувати, що інтерпретація поточного значення спостереження можлива лише за умови, що воно розглядається не просто як кінцевий елемент минулого періоду, а як сполучна ланка між минулим і майбутнім. Це свідчить про необхідність застосування "прогностичного набору спостережень". Це вказує що найближче майбутнє процесу є невід'ємною частиною його ідентифікації. Визначення стану процесу в такому найближчому майбутньому, хоча формально і є частиною процесу прогнозування, насправді є конкретною специфічною операцією.

Є можливість задавати (виявляти) тренди для вибраних показників (індикаторів), що дає можливість передбачити значення індикаторів і визначити стан системи наперед, замість того, щоб намагатися привести її в більш стабільний стан за допомогою характеристика відставання. Таку принципово нову думку щодо поняття моніторингу запропонував зарубіжний автор Чарльз З. Вессон [6]. Вессон вважає, що такий підхід дозволить підвищити ефективність системи моніторингу в організації за рахунок механізму випереджаючих впливів і перевести впливи управління в розряд «інтелектуальних» вже на етапі формування вихідних даних. Саме тут вступає в дію «моніторинговий аналіз». Суттєво обрати якісний показник, який має враховувати специфіку об’єкта при аналізі економічної ситуації.

Різні об’єкти, маючи різні цілі, повинні порівнюватись із подібними рівнями та різними економічними можливостями. Такий розумний підхід придатний для спостереження за роботою окремих об'єктів і для довгострокового прогнозування просторових параметрів. Це означає, що організація повинна розробити власну систему показників, яка відображатиме її характеристики та може бути нею застосована.

Якщо при управлінні змінюються значення показників ефективності і система відхиляється від наміченої стратегічної мети, деякі показники здатні повернути систему на обраний напрям за допомогою інтелектуальних агентів, які автоматично рекомендують або самостійно застосовують необхідні корегування заходів. У цьому випадку моніторинг переходить до категорії контролінгу.

Щоб підвищити ефективність системи планування управління організацією, необхідно, поряд із стандартним моніторингом та «моніторинг-аналізом», використовувати систему «моніторинг-критерій», що дозволяє користувачам, залежно від обраних критеріїв, отримувати певний набір управлінських впливів та вибирати найбільш оптимальні. Крім того, моніторинг-критерій пов'язаний з індикативним аналізом через те, що індикатор відображає реакцію системи на заданий критерій.

Таким чином, відбувається інтегрування систем моніторингу та контролінгу у момент прийняття рішень. Оцінюючи ефективність системи управлінського планування організації автоматично генеруються варіанти управлінських впливів за заданими алгоритмами з допомогою інтелектуального агента. Зміна локальних станів системи призводить до зміщення стану у бік балансу. Перехід у стан нестійкого дисбалансу можливий за допомогою коригування величини довірчих інтервалів щодо кожного з показників ефективності збалансованої системи у бік їхнього зменшення. Далі, вибудовуючи отримані взаємозв'язки між системою моніторингу та системою прийняття рішень, отримаємо складові інтегрованої системи моніторингу з метою побудови ефективної системи управління організацією:

-моніторинг критеріїв за групами показників;

-моніторинг керуючих впливів за групами показників;

-моніторинг управлінських рішень за групами показників.

Процес моніторингу флуктуації в системі інтраменеджменту можна розглядати як сукупність трьох складників, які об'єднані спільним середовищем (рис.2).

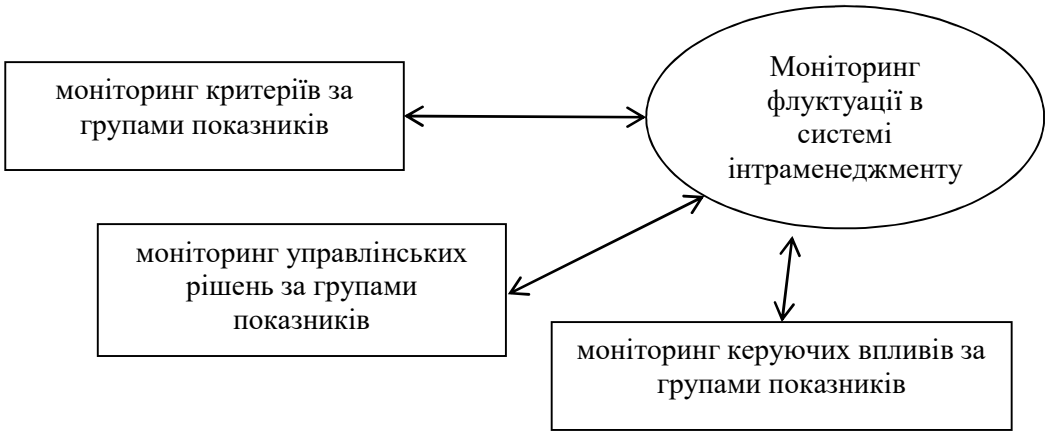


Рисунок 2 – Складові моніторингу флуктуації в системі інтраменеджменту
Picture 2 – Warehouse monitoring of fluctuations in the system of intramanagement

Отже, представлена основа системи моніторингу дозволяє підвищити ефективність управління на етапі формування управлінських рішень за рахунок використання методик «моніторинг-аналіз» та «моніторинг-критерій». Таким чином можна сформувати універсальний алгоритм моніторингу флуктуації в системі інтраменеджменту (рис.3).

Алгоритм моніторингу має включати наступні блоки, кожен з яких представлятиме відповідну підсистему.

1) Визначення цілей і завдань моніторингу та врахування специфіки об'єкта. Для різних об'єктів слід обирати різні цілі, а порівнянню підлягають об'єкти, схожі за рівнем і можливостями економічного розвитку.

2) Обґрунтування контрольних періодів. Робоча група з моніторингу або комісія має обґрунтувати можливі періоди контролю згідно календарного плану.

3) Формування вихідних даних відбувається у відповідності до специфіки об'єкта. Обирається система індикаторів, що дозволяє відслідковувати їх динаміку із заданою періодичністю.

4) Розробка системи показників та критеріїв у відповідності до заданих стандартів. Для забезпечення моніторингу необхідно планувати заздалегідь належну та ефективну систему показників та критеріїв. А також методику їх розрахунку.

5) Визначення флуктуації в системі моніторингу.

6) «Моніторинг-аналіз» та «Моніторинг-критерій» проводиться для отримання набір управлінських впливів та вибору з них найбільш оптимальних. Практично, це діагностика основних причин, які призвели до відхилення фактичних результатів від встановлених стандартів.

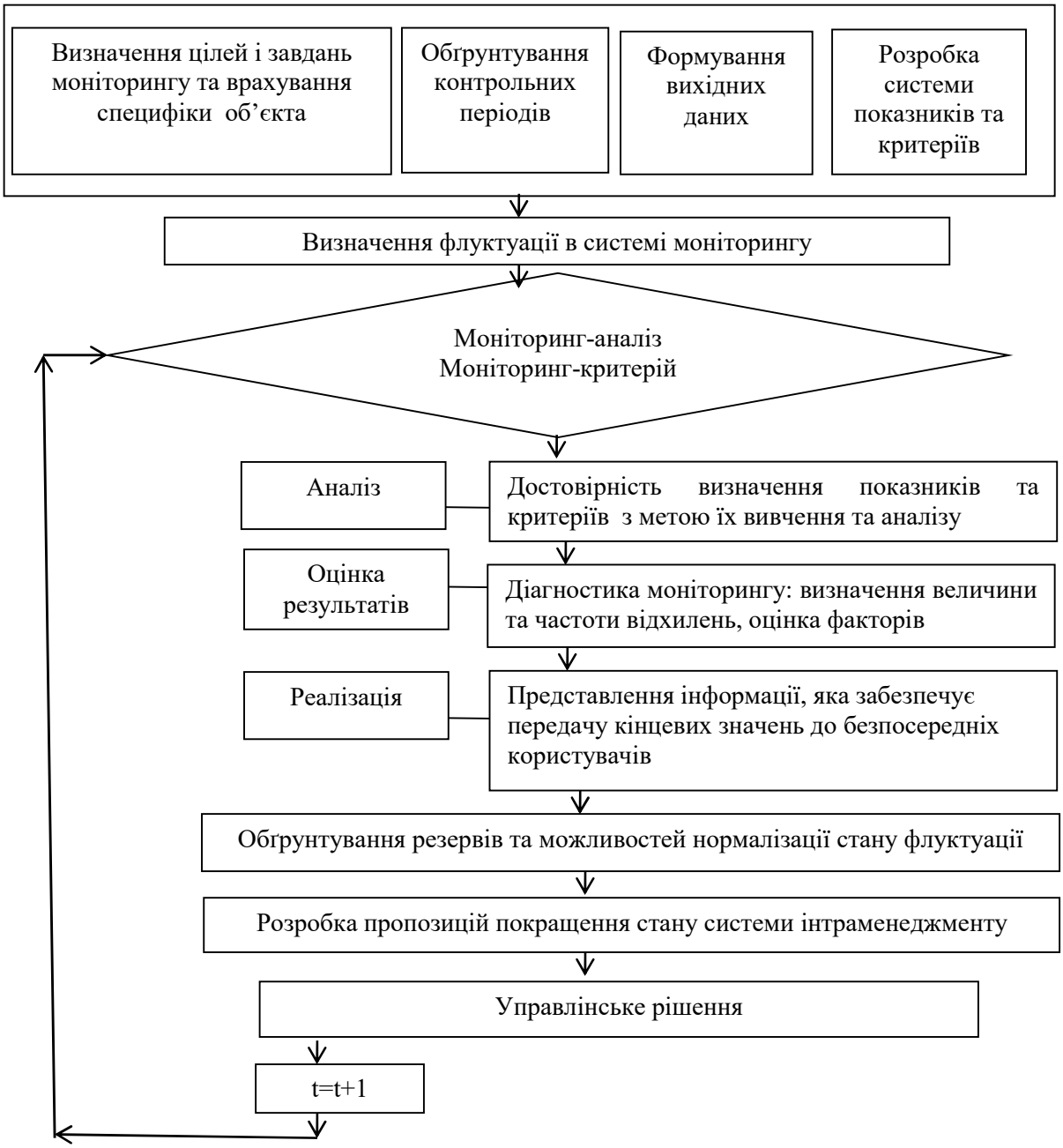


Рисунок 3 – Алгоритм моніторингу флуктуації в системі інтраменеджменту
Picture 3 – The intramanagement fluctuation monitoring algorithm

При проведенні аналізу визначається достовірність показників та критеріїв з метою їх вивчення. Оцінка результатів пов'язана з діагностикою моніторингу, тобто обґрунтуванням величини та частоти відхилень, оцінки факторів. Реалізація представляє надання інформації, яка забезпечує передачу кінцевих значень до безпосередніх користувачів.

7) Обґрунтування резервів та можливостей нормалізації стану системи інтраменеджменту можливе після проведення аналізу, оцінки результатів та реалізації отриманої інформації.

8) Розробка пропозицій покращення стану системи. Результат діагностики стану інтраменеджменту організації представляє розробку та запровадження пропозицій щодо зміни в системі і, за необхідністю, корегування стратегії.

9) Управлінське рішення є заключним блоком даного алгоритму і має бути своєчасним й оперативним інструментом коригування стану організації.

Необхідно відзначити, що цикл моніторингу завжди замкнутий, при настанні встановлених часових термінів (t=t+1) цикл повторюється, і результати вимірювання показників процесів піддаються контролю, діагностиці та надходять до системи моніторингу процесів менеджменту якості, забезпечуючи інформацію для прийняття управлінських рішень.

Ефективна система моніторингу характеризується актуальною, повною інформацією загального стану інтраменеджменту організації, його оптимізацією, результативним управлінням ризиками, що дозволить успішно і вчасно реалізувати поставлені задачі, та у кінцевому підсумку забезпечить фінансову стійкість.

Висновки

Для кожної організаційної системи існує найкраща і лише їй властива організаційна структура виробництва та управління. Будь-яке підприємство має деякі особливості у використанні технологічного обладнання, професіоналізму та особистісних якостей персоналу, особливості організаційної культури та характеру взаємин (клімату). Завдання інтраменеджменту при цьому полягає у використанні організаційних ресурсів з метою досягнення головних стратегічних функцій. Управлінський моніторинг допомагає контролювати не тільки організаційні ресурси, але й дотримання стратегічних цілей діяльності, що може обумовлювати його відношення до загальних функцій системи управління.

Моніторинг інтраменеджменту необхідний для виявлення значень (факторів) показників, що відображають стан організації, у яких спостерігаються флуктуації аналізованої системи. Існують певні задачі, вирішення яких можливе при використанні моніторингу флуктуації. Серед яких початкова і поточна ідентифікація організаційно-економічних процесів, аналіз взаємозв'язків і виявлення кола керованих чинників, прогнозування перебігу досліджуваних завдань. Запропонований алгоритм моніторингу флуктуації в системі інтраменеджменту дозволяє приймати більш ефективні управлінські рішення в процесі функціонування організації. Даний алгоритм носить універсальний характер та дозволяє його застосовувати до будь-яких управлінських процесів, що мають місце в організації та її підрозділах.

Перелік посилань

1. Щебель А.І. Моніторинг і регулювання управлінських рішень щодо реалізації потенціалу підприємства [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: https://www.ukrlogos.in.ua/10.11232-2663-4139.09.27.html

2. Якість управління: флуктуація, безперервність, дискретність, інерційність, часова протяжність [Електронний ресурс] - Режим доступу до ресурсу: https://studwood.net/744495/menedzhment/svoystva_upravleniya_fluktuatsiya_nepreryvnost_diskretnost_inertsionnost_vremennaya_protyazhennost

3. Canova F. Similarities and Convergence in G-7 Cycles / F. Canova, M. Ciccarelli, E. Ortega // CEPR Discussion Paper. – September 2004. – № 4534. – P. 1–28.

4. Калінкова І.Ю. Макроекономічні флуктуації: загальне і часткове в динаміці розвинених ринкових систем //Економічний часопис XXI. Вип.9-10, 2012.- С.25-28.

5. Маршалок Т., Мороз І. Шляхи досягнення економічної рівноваги через забезпечення фіскальної стійкості в країні [Електронний ресурс] //Економічний аналіз. 2019 рік. Том 29. № 3.- Режим доступу до ресурсу: https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/934040.pdf

6. Charles S. Wasson. System Analysis, Design, and Development: Concepts, Principles, and Practices, Vol. 1. -Wiley, John & Sons, Incorporated, 2005. - 818 pp.

7. Петрова О.А. Запровадження моніторингу як маркетингової технології в діяльності органів державної влади з управління соціально-економічним розвитком регіону [Електронний ресурс]. Режим доступу : https://krs.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1289/1/%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B5%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%20%D0%9F%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0.pdf.

8. Helbling T. Do credit shocks matter? A global perspective [Electronic resource] / Helbling Thomas, Huidrom Raju, Kose M. Ayhan, Otrok Christopher // European Economic Review. – April 2011. – Vol. 55(3). – P. 340–353. – Access mode : http://ideas.repec.org/e/pot2.html

9. Doyle B. M. Breaks in the variability and co-movement of G-7 economic growth [Electronic resource] / Brian M. Doyle, Jon Faust ; Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.) // International Finance Discussion. – 2003. – Papers 786. – Access mode : http://ideas.repec.org/e/pot2.html

FLUCTUATION MONITORING IN THE INTRAMANAGEMENT SYSTEM

Diachenko Tetiana O., candidate of economic sciences, National Transport University, Associate Professor of the Department of Management, e-mail: mart_09@i.ua, tel. +380503523552, Ukraine, 01010, Kyiv, ul. Omelyanovich-Pavlenko, 1, of. 207, https://orcid.org/0000-0002-3774-2396.

Abstract. Management types that is based on an internal management is an external management; the concept of fluctuation and administrative monitoring is considered in organization. Maintenance of concept is investigational monitoring, fluctuation, the specific laws of functioning of організації are considered, namely: originality, social harmony, stability. It is noticed that for the increase of efficiency of the system of the administrative planning of organization, next to the standard monitoring and "analysis" of monitoring, it is necessary to use the system "monitoring-criterion", that will allow to the user, depending on the criteria, set by him get the set of administrative influences and choose most optimal from them. Marked, that monitoring of internal management is needed for the exposure of values(factors) of indexes, that represent the state organizations there are fluctuations of the analysable system in that. Exist задачи is certain, the decision of that is possible at the use of monitoring of fluctuation. The algorithm of monitoring of fluctuation offers in the system of internal management, that allows to accept more effective administrative decisions in the process of functioning of organization. Certainly, that this algorithm carries universal character and it is suggested to apply him to any administrative processes to organization.
Keywords: internal management, fluctuation, administrative monitoring, organization, algorithm.

References

1. Shchebel A.I. Monitorynh i rehuliuvannia upravlinskykh rishen shchodo realizatsii potentsialu pidpryiemstva [Elektronnyi resurs] - Rezhym dostupu do resursu: https://www.ukrlogos.in.ua/10.11232-2663-4139.09.27.html

2. Iakist upravlinnia: fluktuatsiia, bezperervnist, dyskretnist, inertsiinist, chasova protiazhnist [Elektronnyi resurs] - Rezhym dostupu do resursu: https://studwood.net/744495/menedzhment/svoystva_upravleniya_fluktuatsiya_nepreryvnost_diskretnost_inertsionnost_vremennaya_protyazhennost

3. Canova F. Similarities and Convergence in G-7 Cycles / F. Canova, M. Ciccarelli, E. Ortega // CEPR Discussion Paper. – September 2004. – № 4534. – P. 1–28. [in English].

4. Kalinkova I.Iu. Makroekonomichni fluktuatsii: zahalne i chastkove v dynamitsi rozvynenykh rynkovykh system //Ekonomichnyi chasopys KhKhI. Vyp.9-10, 2012.- S.25-28. [in Ukrainian].

5. Marshalok T., Moroz I. Shliakhy dosiahnennia ekonomichnoi rivnovahy cherez zabezpechennia fiskalnoi stiikosti v kraini [Elektronnyi resurs] //Ekonomichnyi analiz. 2019 rik. Tom 29. № 3.- Rezhym dostupu do resursu: https://journals.indexcopernicus.com/api/file/viewByFileId/934040.pdf. [in Ukrainian].

6. Charles S. Wasson. System Analysis, Design, and Development: Concepts, Principles, and Practices, Vol. 1. -Wiley, John & Sons, Incorporated, 2005. - 818 pp. [in English].

7. Petrova O.A. Zaprovadzhennia monitorynhu yak marketynhovoi tekhnolohii v diialnosti orhaniv derzhavnoi vlady z upravlinnia sotsialno-ekonomichnym rozvytkom rehionu [Elektronnyi resurs]. Rezhym dostupu : https://krs.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/1289/1/%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B5%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%20%D0%9F%D0%B5%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0.pdf

8. Helbling T. Do credit shocks matter? A global perspective [Electronic resource] / Helbling Thomas, Huidrom Raju, Kose M. Ayhan, Otrok Christopher // European Economic Review. – April 2011. – Vol. 55(3). – P. 340–353. – Access mode : http://ideas.repec.org/e/pot2.html

9. Doyle B. M. Breaks in the variability and co-movement of G-7 economic growth [Electronic resource] / Brian M. Doyle, Jon Faust ; Board of Governors of the Federal Reserve System (U.S.) // International Finance Discussion. – 2003. – Papers 786. – Access mode : http://ideas.repec.org/e/pot2.html. [in English].

УДК 658.64 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-364-370**
UDC 658.64

СИСТЕМА SMM - МЕНЕДЖМЕНТУ В УПРАВЛІННІ ПІДПРИЄМСТВ

SMM SYSTEM - MANAGEMENT IN ENTERPRISE MANAGEMENT



***Ігнатюк Вікторія Василівна**, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри менеджменту, Nikushek@ukr.net, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1.*

https://orcid.org/0000-0002-7189-2355

Анотація. В статті досліджується сучасний стан роботи підприємств сфери послуг. Представлені прогнози, щодо користувачів соціальних медіа. Так за даними Statista прогнозується, що в 2023 році підвищення споживачів на 22% порівняні з 2017році. Тобто, соціальні мережі є незамінною частиною життя більшості людей і багато компаній успішно користуються цим для взаємодії зі своїми споживачами.

В статті визначаються основні види соціальних мереж та надається їх характеристика та відмінності. Крім видів та характерних ознак надається класифікація соціальних мереж та представлені головні напрямки використання кожної із груп. Представлено понятійний апарат "Маркетинг у Соціальних Мережах".

Визначені переваги та недоліки використання SMM є швидкий зворотний зв'язок, що налагоджується. Запустивши продукт у "маси", можна отримати відгуки про нього вже протягом кількох секунд. Настільки швидкий контакт з клієнтом дозволяє моментально реагувати на зауваження щодо продукту. На даний момент аудиторія соціальних мереж вважається самою об'ємною та сегментованою, що дозволяє швидко знайти свого «глядача» та працювати з конкретною цільовою аудиторією. Соціальні мережі є унікальним майданчиком, як користувачів мережі Інтернет, так різних компаній, які отримують унікальну можливість знайти свою аудиторію. Споживачі щодня шукають цікаву для них інформацію в соціальних мережах та обмінюються думками щодо різних товарів та послуг, а також своїх побажань. Всі ці дії, безперечно, впливають на репутацію базисних суб'єктів, саме тому компаніям важливо перебувати у цьому середовищі, відстежувати відгуки та взаємодіяти зі споживачами. Тобто SMM – ефективний маркетинговий інструмент для просування бізнесу та залучення лояльної цільової аудиторії.

Ключові слова: SMM, менеджмент, управління персоналом, поведінка споживачів, транспортні послуги.

Постановка проблеми. Сучасний світ надає людині нові можливості для взаємодії, щороку з'являються нові технологічні ресурси для електронної комунікації, яка, по суті, стала атрибутом для інформаційної епохи. Всі процеси суспільного життя сьогодні нерозривно пов'язані саме з розвитком комп'ютерів та технологій, обробкою та зберіганням інформації, а також комунікацій за допомогою засобів нових технологій. Взаємодія за допомогою комп'ютерів, смартфонів та мережі Інтернет здається невід'ємною частиною життя, і особистість неухильно занурюється у віртуальне середовище. Інтернет сприймається не як засіб передачі, а як найважливіший засіб міжособистісного взаємодії. Окреме місце у системі масової комунікації зайняли соціальні мережі. Соціальні медіа включають всю сукупність засобів комунікації на основі інформаційних ресурсів, Інтернету та мобільного зв'язку, через які здійснюється створення спільного змісту. Сьогодні соціальні мережі є незамінною частиною життя більшості людей і багато компаній успішно користуються цим для взаємодії зі своїми споживачами. Перший і суттєвий повитух розвитку діджеталізованого суспільства стали логдауни та

карантині обмеження через пандемію Covid 19. Наразі під час війни України з РФ досвід інтернет технологій допомагає вирішенню багатьох проблем.

Активність, яку демонструють користувачі соціальних мереж, вражає. Користувачі можуть переглядати до ста сторінок на день у соціальних мережах. Різні компанії, які шукають своїх клієнтів, усвідомлюють обсяг цієї соціальної аудиторії та намагаються створювати свої представництва у соціальних мережах, тим самим безпосередньо взаємодіють із споживачами. Потрібно бути там, де є аудиторія і це основне завдання маркетингу і звичайно ж таке активне середовище, що швидко розвивається, як соціальні мережі не могло не залучити маркетологів. Тож незабаром після появи перших соціальних мереж там активно почали розвиватися рекламні кампанії. З погляду маркетингу, SMM може вирішувати різні завдання, починаючи з продажу, закінчуючи брендингом. У соціальних мережах є всі можливості для збільшення в пізнаваності бренду, інформування користувача про акції компанії та збільшення лояльності. Таким чином, SMM, під яким мається на увазі сукупність заходів, спрямованих на використання соціальних медіа, таких як соціальні мережі, блоги, форуми, фото- та відеохостинги тощо, як канали просування, дозволяє компаніям виділитися з великої кількості конкурентів, залучити потенційних споживачів, підвищити рівень лояльності клієнтів, а також помітно зменшити витрати на інтернет-рекламу.

Наразі керівники підприємств ставлять перед операційним менеджментом цілий ряд проблем, які або занадто складно вирішуються, або є несуттєвими в умовах виробничої діяльності. Ці проблеми пов'язані в основному з присутністю в операційному процесі самого клієнта. Для транспортної сфери притаманна висока ступінь взаємодії зі споживачем. Крім того, послуги надаються в присутності клієнта, який миттєво може відкоригувати їх у відповідності зі своїми потребами. Це висуває особливі вимоги до формування системи операційного менеджменту підприємства, що підтверджує актуальність дослідження.

Аналіз і огляд останніх досліджень. Останні роки стали переломними в суспільстві. Наразі проблемами формування тісних взаємозв'язків з споживачами, пошуку нових маркетингових методів впливу є досить оглядовим питанням в науковій літературі. Так особливу увагу приділяється інформаційним маркетинговим прийомам, що висвітлено в працях авторів, а саме: Бай С.І.[1], Гайдай Ю.В.[1], Городецькій М.Я.[5], Даниленко М.І.[3], Компанець К.А.[5], Литвишко Л.О.[5], Микитенко Н.В.[1], Михайловська О.В.[6], Суровцев О. О.[7] та інші.

Головним характеристикам «Соціальний медіа-маркетинг як маркетингова комунікація підприємств під час виходу на зовнішні ринки» [7] висвітлено в праці Суровцев О. О.. Компанець К.А., Литвишко Л.О., Городецькій М.Я. в статті «Діджиталізація суспільства під впливом детермінантів пандемії Covid19» [5] - розкриті проблеми формування нових споживачів, що формують своє представлення про підприємств в просторі інтернет – технологій. Даниленко М.І. - Інтернет-маркетинг у готельному бізнесі: адаптація інструментів та їх впровадження[3]

Автори: С.І. Бай, Ю.В. Гайдай, Н.В. Микитенко, Михайловська О.В. роблять акцент на операційному менеджменті в управлінні підприємством, що базується на застосуванні SMM – менеджменті.

Незважаючи на таку велику кількість наукових робіт не достатньо освітленні питанню системи SMM - менеджменту в управлінні підприємством в сучасних умовах. Тому і стало за необхідне провести додаткове дослідження і виявити сучасні види, класифікації та типи SMM – систем та особливості правильного використання кожної з них в управлінні підприємством.

Мета дослідження. Метою статті є аналіз можливості використання соціальних медіа у підприємствах з використанням системи SMM - менеджменту

Основна частина.

Однією з особливостей сучасного етапу діяльності підприємств сфери освіти, науки, культури, мистецтва, економіки, бізнесу та послуг є підвищення ролі й удосконалення інформаційного обслуговування. Інформаційне обслуговування на підприємстві, в умовах ринку, є смисловим аспектом соціальної взаємодії, однією з найбільших загальних характеристик будь-якої діяльності, включаючи управлінську. Однак, освоєння інтернет-простору є важливим стратегічним кроком для підприємств сьогодення[5]. Так за рік, як показують дослідження Інформаційного порталу електронної комерції та за даними Statista [4], поточний відсоток роздрібних продажів в електронній комерції складає близько 15%. Це число зростає з кожним роком, і Statista прогнозує, що воно досягне 17,5% в 2021 році і 22%

в 2023 році. З огляду на те, що чверть населення світу в даний час здійснює покупки через Інтернет мережу, ці прогнози здаються обґрунтованими і навіть трохи консервативними.

Термін "соціальна мережа" виник ще до появи інтернету. Вперше визначення соціальної мережі було запроваджено 1954 року соціологом Джеймсом Барнсом. З його погляду соціальна мережа – це соціальна структура, що складається з вузлів (ними можуть бути люди, групи людей, спільноти та організації), пов'язаних між собою тим чи іншим способом у вигляді соціальних взаємовідносин[6]. У загальному вигляді соціальна мережа є коло знайомств людини, де сама людина знаходиться в центрі кола, а різні відгалуження – це його знайомі. Отже, соціальна мережа – це соціальна структура, має певну спрямованість (однокласники, друзі, колеги)[10]. Головною причиною через яку розвинулися соціальні мережі є бажання людей спілкуватися між собою. З допомогою Інтернету вдалося стерти територіальні межі спілкування. У сучасному форматі соціальна мережа – це віртуальна соціальна мережа, яка є майданчиком для соціальної взаємодії людей, груп покупців, безліч організацій, де зв'язок між цими вузлами забезпечує програмна складова [6].

У сучасних умовах до соціальних медіа відносять соціальні мережі, відеохостинги, месенджери, форуми, ігрові портали, блоги, файлообмінні системи та багато іншого, що дозволяє людині брати участь у створенні сукупного інформаційного контенту. Їх призначення та соціальні функції можуть бути різні: від пошуку знайомств до створення нових наукових знань. Проте вони сприяють появі єдиного інформаційного простору, у якому сучасна людина реалізує свої можливості [1].

Сьогодні крім широко відомих соціальних мереж існує величезна кількість ресурсів вужчої спрямованості, так як постійно створюються нові соціальні мережі об'єднання певних груп користувачів. У цілому нині, можна назвати такі види соціальних мереж [7]:

- універсальні соціальні мережі. Наприклад, Facebook, Instagram тощо. Вони є соціальні послуги публікації фотографій, тобто їхній основний контент – це зображення. Як і в інших соціальних мережах, тут існує можливість коментування, лайків, додавання в друзі сподобалися користувачів, репостів;

- соціальна мережа в Інтернеті - це віртуальна мережа, що є засобом забезпечення сервісів, пов'язаних із встановленням зв'язків між його користувачами, а також різними користувачами та відповідними інтересами, інформаційними ресурсами, встановленими на сайтах глобальної мережі;

- ділові соціальні мережі. Використовуються в основному для встановлення та підтримки ділових контактів. До таких мереж можна віднести LinkedIn;

- тематичні соціальні мережі. Тут відбувається об'єднання користувачів за інтересами, наприклад мережі веб-майстрів, програмістів, фанатів ігор і т.д. ;

- геосоціальні мережі. Налагоджують соціальні зв'язки між учасниками виходячи з фізичного становища користувача, надаючи можливість створювати профілі місць, де він був. Наприклад, AlterGeo, Foursquare;

- вікові та гендерні мережі. Створюються для спілкування однієї вікової чи гендерної групи. Наприклад, жіночі соціальні мережі myJulia, Як самої.ru і т.д. Tagged – мережа, спеціально розроблена для підлітків.

В літератури визначають наступну класифікацію соціальних мереж:

а) за аудиторією:

- широкі соцмережі приймають усіх користувачів, незалежно від їхнього походження. Facebook почався як мережа для студентів, але зараз це основна мережа для дружби. Більше того, у Facebook є спільноти та групи, сформовані навколо брендів та інтересів;

- нішеві соцмережі мають на меті об’єднати людей, які походять із конкретної ніші та мають спільну мету. Наприклад, The-Dots – це спільнота для творців, які хочуть співпрацювати та ділитися своїми навичками.

б) за призначення:

- інформаційні соціальні мережі інформують громади про новини та акції та вирішують повсякденні проблеми. Вони включають дискусійні форуми та соцмережі огляду споживачів, такі як Yelp, Zomato, TripAdvisor та Reddit;

- освітні соціальні мережі дозволяють студентам комунікувати. Деякі популярні приклади – Pinterest (певною мірою) та ResearchGate;

- соціальні мережі знайомств підходять людям, які хочуть налагодити стосунки. Приклади включають Badoo, How About We і Tinder;

- мультимедійні та соціальні мережі обміну контентом дозволяють користувачам ділитися своїм унікальним контентом (статтями, фотографіями тощо) через блоги та публікації;

- мережі соціальних зв'язків дозволяють людям підтримувати зв'язок один з одним. Такі мережі, як Twitter і Facebook, об'єднують людей;

- платформи, що базуються на роботі, включають економічні платформи (TaskRabbit, Airbnb) та платформи огляду споживачів (Zomato, Foursquare). Люди можуть шукати інформацію про бренди, продукти та послуги, а також здійснювати покупки;

- торговельні мережі дозволяють користувачам робити покупки в Інтернеті.

в) за платформою:

- до веб-мереж можна отримати доступ лише з настільних комп'ютерів. Facebook, YouTube та Twitter – одні з найпопулярніших соціальних мереж сьогодні – розпочалися як веб соціальні мережі;

- гібридні мережі поєднують в собі Інтернет та мобільні можливості, і до них можна отримати доступ з будь-якого пристрою. Вони оптимізовані для мобільних пристроїв та мають мобільні додатки для iOS та Android. Візьміть Facebook та LinkedIn в якості прикладів. Ви можете отримати доступ до цих платформ зі свого ноутбука, ПК, планшета та мобільного телефону;

- чисті мобільні мережі – це програми, призначені для роботи на мобільних пристроях, таких як смартфони, планшети та смарт-годинники. Деякі популярні приклади включають Telegram та Snapchat.[6]

SMM отримав свою назву від скорочення "Social Media Marketing" і означає буквально "Маркетинг у Соціальних Мережах". Основна мета SMM – залучення клієнтів до профілю, продукту, просування бренду. Для повноцінного ведення бізнесу онлайн потрібне грамотне просування у соцмережах. SMM-просування у соціальних мережах поряд з іншими видами реклами, найчастіше таргентованою та контекстною рекламою, становить основу багатьох маркетингових стратегій.

Таргетована реклама - це спосіб онлайн реклами та один з інструментів маркетингу, коли оголошення, розміщені в соціальних мережах, потрапляють точно в цільову аудиторію (за віком, інтересами, місцезнаходженням та багатьма іншими параметрами)

Контекстна реклама — маркетинговий онлайн-канал, у якому рекламні оголошення показуються аудиторії з урахуванням їх пошукових запитів чи інтересів. Основні сервіси з розміщення контекстної реклами – Яндекс, Google. SMM-менеджер (англ. Social Media Manager) – це людина, яка займається просуванням бренду, компанії, продукту в соціальних мережах. Його основні обов'язки: складання стратегії просування; регулярне наповнення контентом клієнтських груп і пабліків; постійне відстежування та модерація сторінок; організація та реалізація рекламних кампаній в соціальних мережах. Менеджер соцмереж залучає підписників, стимулює людей до спілкування, організовує і проводить конкурси, вміє грамотно відповісти на критику, а також працювати з таргетованою рекламою.

Нерідко маркетологи приймають рішення на користь одного тільки SMM - для деяких брендів роботи з соцмережами, прямих комунікацій з клієнтом буває більш ніж достатньо. По суті, SMM це комплекс дій, що складається з управління спільнотами та передплатою. Це історія про контент та активну взаємодію з людьми.

Виділяють такі засоби для просування у соціальних мережах:

- контент-маркетинг – це основа SMM. Чим кращий текст або візуальний контент, тим ефективніша робота інших інструментів;

- робота із блогерами.

Для цього треба вміти домовлятися про рекламу. Шукати блогерів краще самостійно, щоб заощаджувати на послугах агенції чи посередника;

- оффер у Facebook - у стрічці новин розміщуються купони з акціями, знижками на продукти, якими можуть користуватися передплатники групи. Важливо встановити термін дії акції;

- кругове просування. Оголошення про запуск нового каналу в популярному обліковому записі. Наприклад, у вас є готова база для e-mail розсилки, і ви повідомляєте у форматі розсилки про відкриття нового представництва;

- конкурси - проводяться з метою залучення передплатників;

- хештеги - залучають лише цільову аудиторію;

- відеотрансляції - це хороший контент, який дозволяє донести до передплатників важливу інформацію, підвищити рівень довіри. [11]

SMM-стратегія необхідна для того, щоб бачити, в якому напрямку ведеться робота і розуміти, над чим працювати. SMM-стратегію складають перед тим, як розпочати роботу: аналізують профіль, цільову аудиторію, роблять аудит сторінки в одній або відразу кількох соцмережах, аналізуються і потенційні конкуренти. Стратегії включають завдання з просування та цілі, яких потрібно досягти. Вказується формат контенту, рубрики, оформлення візуалу, розрахунок таргетованої реклами та цільової аудиторії, налагодження комунікаційної стратегії, проведення конкурсів. Наголошується на параметрах, які відстежують ефективність просування.

Для просування послуг перед SMM фахівцями ставляться такі задачі:

- просування товару;
- підвищення впізнаваності та популярності;
- формування суспільної думки про товар чи послугу.

Етапи впровадження SMM-стратегії просування послуг у соціальних мережах:

а) визначення цілей. Передбачається, що до SMM вдаються, переслідуючи кілька основних цілей:

- збільшити продажі;
- створити спільноту;
- провести дослідження;
- організувати захід;
- поділитись своєю творчістю.

Цілей може бути багато, і для коректної їх постановки рекомендується використовувати систему SMART.

б) вибір соціальної мережі. [9]

Соціальних мереж та платформ, які теж можна вважати соцмережами, існує безліч. У тому числі є як глобальні, відомі практично кожному, і специфічні, орієнтовані більш вузьке коло людей. При виборі соціальної мережі для SMM просування важливо враховувати:

- вашу аудиторію;
- типи контенту, які ви маєте намір найчастіше використовувати;

в) графічне оформлення груп. Обліковий запис повинен виглядати професійно. Для цього потрібно попрацювати над аватаром, обкладинкою та контентом;

г) створення спільноти. Для того, щоб створити спільноту слід:

- вибрати назву. За формулою: найменування бренду та основний запит. Прописати адресу групи. Назва бренду в різних соцмережах має бути однаковою. Якщо одна з адрес зайнята, то змінюються абсолютно всі назви;
- скласти опис групи. Викладіть, хто ви та що робите, кому пропонуєте;
- створити обговорення. Щоб ваші клієнти могли ставити запитання, писати відгуки, брати участь у будь-яких чатах;.
- зробити групу відкритою.

Щоб вступити до неї міг будь-хто;. - налаштувати оповіщення; - зробити вітрину, яка пропонує ваші продукти та послуги; - зробити розпізнавальні знаки: хештеги чи геотеги;

е) створення контент-стратегії. Контент-стратегія відповідає на важливі питання: що ми хочемо продемонструвати своїй аудиторії, як часто ми будемо про себе нагадувати, в якій стилістиці та в якому форматі ми це робитимемо.

ж) аналіз аудиторії та конкурентів Фундаментом просування SMM є попередня аналітична робота. Потрібно провести дослідження, під час якого максимально детально потрібно визначити соціальні та демографічні критерії ваших потенційних цільових аудиторій та їх сегментів. Це дасть чітке розуміння того, як часто і якими соціальними мережами користуються люди, які вас цікавлять, який контент і в якому вигляді їх цікавить, які канали комунікацій вони віддають перевагу.

Конкурентний аналіз також дуже корисний. Досить подивитися, хто з ваших колег у сфері діяльності успішно просувається, в яких соціальних мережах вони це роблять і яким чином. Зробіть висновки у тому, що роблять добре, постарайтеся зрозуміти рахунок чого виходять такі результати. Також зверніть увагу на те, що можна покращити та подумайте як саме це можна зробити. д) вибір інструментів просування сторінки у соціальній мережі.[3]

На специфіку SMM просування впливає те, які саме соціальні мережі ви вибираєте. Від цього залежатиме конкретний інструментарій, який можна використовувати. Важливо розуміти, що способи просування можуть бути офіційними, сірими і чорними.

Висновки. Комунікаційна сучасна політика відзначається як ефективний важіль комунікації з споживачем транспортних послуг. В процесі формування маркетингової політики важливо не тільки створити конкурентоспроможний продукт, встановити на нього ціни, що відповідають потребам ринку, а й донести детальну і глибоку інформацію про продукт, його цінності та споживчі властивості до кінцевого споживача вчасно та швидко. В даний час SMM стає найбільш популярним способом просування товарів і послуг і це не дивно, адже цей спосіб просування є ефективним інструментом залучення споживачів. Існує величезна кількість різних соціальних мереж і сервісів: новинних, комунікаційних, блогових, відео і так далі. Тобто правильне використання SMM систем допоможе підприємствам ефективно розвиватись та впливати на поведінку споживачів, залучати нову цільову аудиторію та закріплювати стосунку з постійними клієнтами.

Перелік посилань

1. Бай С.І. Гайдай Ю.В., Микитенко Н.В. Операційний менеджмент: електрон. підруч. Київ. КНТЕУ, 2012 р.

2. Готельно-ресторанний та туристичний бізнес: реалії і перспективи: тези доповідей VI Всеукр. студ. наук. конф. (Київ, 25 березня 2020 р.). відп. ред. А. А. Мазаракі. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2020. С.318. Укр. та англ. мовами.

3. Даниленко М.І. Інтернет-маркетинг у готельному бізнесі: адаптація інструментів та їх впровадження. Економічний простір . 2016. № 112. С. 140-149.

4. Інформаційний портал електронної комерції URL: https://ecomhub.ru/samyj-polnyj-obzor-statistiki-jelektronnoj-torg

5. Компанець К.А., Литвишко Л.О., Городецькій М.Я. Діджіталізація суспільства під впливом детермінантів пандемії Covid19. Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 22–23 квітня 2021 р. Київ. С. 259 - 261 URL: http://knukim.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/ZBIRNYK_TEZ_ITKM_2021_CH2_na-sajt.pdf

6. Михайловська О.В. Операційний менеджмент: [начальний посібник] Київ. Кондор, 2008. – 550 с.

7. Суровцев О. О. Соціальний медіа-маркетинг як маркетингова комунікація підприємств під час виходу на зовнішні ринки. Науковий вісник Ужгородського Національного Університету. Серія: Міжнародні економічні відносини та світове господарство. Ужгород. 2016. №9 с.145-148.

8. Що таке соціальні мережі?(види, класифікація, безпека…) URL: https://futurenow.com.ua/shho-take-sotsialni-merezhi-vydyklasyfikatsiya-bezpeka/

9. Як українці використовують Facebook і Instagram – дослідження. Ліга. URL: https://tech.liga.net/technology/novosti/kak-ukraintsy-polzuyutsyafacebook-iinstagram---issledovanie.

10.SMM // iGroup. – 2018 URL: http://igroup.com.ua/seoarticles/smm/.

11.SMM-менеджер: хто це, які його обов’язки : URL: https://lanet.click/smm-manager

SMM SYSTEM - MANAGEMENT IN ENTERPRISE MANAGEMENT

Ignatiuk Viktoriya V., candidate of technical sciences, National Transport University, Associate Professor of the Department of Management, Ukraine, 01010, Kyiv, ul. Omelyanovich-Pavlenko, 1. https://orcid.org/0000-0002-7189-2355

Abstract. The article examines the current state of work of enterprises in the service sector. Forecasts for social media users are presented. Thus, according to Statista, it is predicted that in 2023 the increase of consumers will be 22% compared to 2017. That is, social networks are an indispensable part of most people's lives and many companies successfully use it to interact with their consumers.

The article defines the main types of social networks and provides their characteristics and differences. In addition to the types and characteristics, a classification of social networks is provided and the main directions of use of each of the groups are presented. The conceptual apparatus "Marketing in Social Networks" is presented.

Identified advantages and disadvantages of using SMM are fast feedback, adjustable. After launching a product to the "masses", you can get feedback about it within seconds. Such quick contact with the client allows you to immediately respond to comments about the product. At the moment, the audience of social networks is considered the most voluminous and segmented, which allows you to quickly find your "viewer" and work with a specific target audience. Social networks are a unique platform for both Internet users and various companies that get a unique opportunity to find their audience. Every day, consumers look for information of interest to them in social networks and exchange opinions about various goods and services, as well as their wishes. All these actions undoubtedly affect the reputation of the basic entities, which is why it is important for companies to be in this environment, monitor feedback and interact with consumers. That is, SMM is an effective marketing tool for promoting business and attracting a loyal target audience.

References

1. Bai S.I., Gaidai Yu.V., Mykytenko N.V.(2012) Operatsiinyi menedzhment [Operational management: electronic. Handyman.] Kyiv. KNTEU, 2012. [in Ukrainian].

2. Hotelno-restorannyi ta turystychnyi biznes [Hotel-restaurant and tourist business: realities and prospects] theses of reports of VI All-Ukrainian. study of science conf. (Kyiv, March 25, 2020)/ resp. ed. A. A. Mazaraki. – Kyiv: Kyiv. national trade and economy University, 2020. 318 p. Ukr. and English languages [in Ukrainian].

3. Danylenko M.I.(2016) Internet-marketynh u hotelnomu biznesi: adaptatsiia instrumentiv ta yikh vprovadzhennia. [Internet marketing in the hotel business: adaptation of tools and their implementation]. Economic space. No. 112. P. 140-149. [in Ukrainian].

4. Informatsiinyi portal elektronnoi komertsii [Information portal of electronic commerce] Retrieved from: https://ecomhub.ru/samyj-polnyj-obzor-statistiki-jelektronnoj-torg [in Ukrainian].

5. Kompanets K.A., Litvyshko L.O., Horodetskyi M.Ya. (2021) Didzhitalizatsiia suspilstva pid vplyvom determinantiv pandemii Sovid19 [Digitalization of society under the influence of the determinants of the Covid19 pandemic.] Information technologies in culture, art, education, science, economy and business: materials of the International Scientific and Practical Conference, April 22-23, 2021, Kyiv. P. 259-261 Retrieved from: http://knukim.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/ZBIRNYK_TEZ_ITKM_2021_CH2_na-sajt.pdf [in Ukrainian].

6. Mykhaylovska O.V. (2008) Operatsiinyi menedzhment [Operational management]: [initial guide] Kyiv. Condor, 2008. - 550 p. [in Ukrainian].

7. Surovtsev O. O. (2016) Sotsialnyi media-marketynh yak marketynhova komunikatsiia pidpryiemstv pid chas vykhodu na zovnishni rynky. [Social media marketing as marketing communication of enterprises when entering foreign markets]. Scientific Bulletin of the Uzhhorod National University. Series: International economic relations and world economy - Uzhhorod. - 2016. - Kyiv. No. 9 - pp. 145-148. [in Ukrainian].

8. Shcho take sotsialni merezhi?(vydy, klasyfikatsiia, bezpeka…) [What are social networks? (types, classification, security...)] Retrieved from: https://futurenow.com.ua/shho-take-sotsialni-merezhi-vydyklasyfikatsiya-bezpeka/[in Ukrainian].

9. Iak ukraintsi vykorystovuiut Facebook i Instagram – doslidzhennia. Liha. [How Ukrainians use Facebook and Instagram - research. League.] Retrieved from: https://tech.liga.net/technology/novosti/kak-ukraintsy-polzuyutsyafacebook-iinstagram---issledovanie. [in Ukrainian].

10. SMM // iGroup. [SMM // iGroup]. 2018 : Retrieved from: http://igroup.com.ua/seoarticles/smm/.[in English].

11. SMM-menedzher: khto tse, yaki yoho oboviazky : [SMM manager: who is he and what are his responsibilities]/ Retrieved from: https://lanet.click/smm-manager[in English].

УДК 316.46 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-371-379**
UDC 316.46

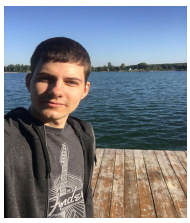
ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ КАР'ЄРИ ПРАЦІВНИКІВ НА ВІТЧИЗНЯНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

TENDENTIONS OF WORKERS CAREER DEVELOPMENT ON NATIONAL FACILITIES



***Ільченко Вікторія Юліанівна**, кандидат економічних наук, доцент кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, e-mail: nika-ivg@ukr.net, тел. +380674795543,*

https://orcid.org/0000-0003-4318-0999



***Олексієнко Олександр Олександрович**, магістр, Національний транспортний університет, e-mail: olexiyenko2@gmail.com, тел. +380633498056,*

https://orcid.org/0000-0003-4318-0999



***Смагін Володимир Леонтійович**, доктор економічних наук, професор кафедри менеджменту Національний транспортний університет, e-mail: vlsmagin50@gmail.com, тел. +380672362722,*

https://orcid.org/0000-0002--9292-6892

Анотація. У статті проведено аналіз рівня зайнятості населення країни та встановлені особливості кадрової політики на вітчизняних підприємствах. Зазначено, що українські компанії працюють в режимі збереження конкуренції за рахунок зниження собівартості та з дотриманням балансу між недостатнім наповненням штату і незбалансованими витратами на оплату праці. Досліджено фактори, що впливають на професійне становлення працівника та його кар'єрний розвиток.

Проаналізовано зміни уявлень про кар'єру та її значимість для індивіда. В сучасних умовах на перше місце виходить потреба забезпечення можливості самовираження за допомогою кар'єри**.** Відмічено, що вітчизняні підприємства стають більш відкритими та орієнтованими на проєктне виконання завдань. В таких умовах ключовими елементами є команди, а між керівниками команд та їх підлеглими формуються певні партнерські стосунки.

Встановлено, що навички майбутнього можна поділити на три категорії: професійні навички (hard skills), соціальні навички (soft skills) та навичка постійного навчання (lifelong learning). Так, найбільш затребуваними серед роботодавців є такі навички, як: емоційний інтелект, комунікабельність, вміння працювати в команді, аналітичне мислення, можливість вирішувати комплексні проблеми, здатність швидко навчатися, адаптивність, стратегічне мислення, ініціативність, відповідальність. Серед навичок, нестачу яких відчувають молоді спеціалісти, виділяють: ораторське мистецтво, осмислення і прийняття рішень, IT-грамотність, уміння працювати під тиском, управління конфліктами та вміння вести переговори. В статті запропоновано систему навчання персоналу - найбільш актуальні підходи та форми навчання, що є надзвичайно важливим в сучасних реаліях.

Ключові слова: кар'єра, розвиток кар'єри, системний підхід, навички, навчання персоналу, підприємство.

Вступ. Із прискоренням науково-технологічного розвитку економіки та інформатизації соціально-економічних відносин одним із головних завдань є формування конкурентоспроможного кадрового персоналу – головної рушійної сили, що створює національний продукт, надає послуги,

формує економічну культуру й активну ринкову позицію в умовах конкурентного ринкового середовища. З огляду на вищесказане, обрана тема є актуальною і своєчасною в теперішній час.

Аналіз і огляд останніх досліджень і публікацій. Дослідження теоретико-методологічних і практичних аспектів професійного і кар'єрного розвитку особистості знайшли відображення у працях таких зарубіжних вчених: У. Джейда, Дж. Голланда, Стівена Р. Кові, Д. Макклеланда, А. Маслоу, У. Мозера, Р. Осборна, Е. Рое, Д. Сьюпера, Дж. Роттера, Д. Ханта, Е. Шпрангера, Лі Якокки та інші. Серед вітчизняних вчених слід відзначити: Г. Архангельського, К. Абдульханову-Славську, Л. Балабанову, А. Деркач, П. Єрмакова, В. Жуковську, Є. Клімова, В. Лозовецьку, А. Маркова, Л. Михайлова, Н. Пряжникова, Ф. Хміль та інших.

Метою статті є дослідження теоретичних і практичних засад сутності та особливостей тенденцій розвитку кар'єри працівників в умовах широкого запровадження новітніх науково-технологічних досягнень на вітчизняних підприємствах.

Результати і пояснення. Реалізація заходів кар'єрного розвитку є важливим напрямком інтеграції та вдосконалення діяльності сучасних організацій. Розвиток ринкової економіки потребує мобілізації, розподілу та перерозподілу наявних ресурсів. Кінцевим результатом успішної практики розвитку кар'єри є те, що організація краще адаптується та виживає в конкурентному бізнес-середовищі, а також краще готова працювати в майбутньому. Через це успішні практики розвитку кар'єри спрямовані на створення конкурентної переваги в організації для залучення, утримання та розвитку найкращих талантів, що в кінцевому рахунку призводить в кінцевому рахунку до підвищення конкурентоспроможності підприємства. Необхідно розрізняти управління кар'єрою, яке є зусиллями організації розвивати своїх співробітників відповідно до бізнес-потреб, і розвиток кар'єри, який визначається ширше, охоплюючи як те, що люди роблять для себе, так і те, що роблять для них.

За даними Державної служби статистики України (табл. 1), за останні три роки можна виділити три найбільші категорії працівників за професійними групами: професіонали (18%), працівники сфери торгівлі та послуг (16,5-16,6%) та найпростіші професії (17,5-18%) [1].

Таблиця 1 – Розподіл зайнятості за професійною діяльністю в 2019-2021 роках

Table 1 – Distribution of employment by professional activity in 2019-2021

Професійна група	2019		2020		2021	
	тис. осіб	%	тис. осіб	%	тис. осіб	%
Кількість зайнятого населення у віці 15-70 років, усього	16578,3	100	15915,3	100	15610,0	100
у тому числі за професійними групами:						
- законодавці, вищі державні службовці, керівники, менеджери (управителі)	1330,3	8,0	1269,3	8,0	1261,0	8,1
- професіонали	2976,9	18,0	2854,2	18,0	2813,2	18,0
- фахівці	1918,8	11,6	1871,3	11,7	1846,0	11,8
- технічні службовці	531,2	3,2	510,5	3,2	490,9	3,1
- працівники сфери торгівлі та послуг	2757,8	16,6	2633,6	16,5	2569,3	16,5
- кваліфіковані робітники сільського та лісового господарств, риборозведення та рибальства	160,7	1,0	192,7	1,2	220,1	1,4
- кваліфіковані робітники з інструментом	2065,8	12,5	1959,9	12,3	1913,5	12,3
- робітники з обслуговування, експлуатації та контролювання за роботою технологічного устаткування, складання устаткування та машин	1847,3	11,1	1775,1	11,2	1766,3	11,3
- найпростіші професії	2989,5	18,0	2848,7	17,9	2729,7	17,5

Відповідно до табл. 1, кількість зайнятих в Україні протягом 2019-2021 років поступово знижувалася через високий рівень трудової міграції, незадоволення пропозиції на ринку праці та старіння населення.

На жаль, повномасштабна війна Росії проти України призвела до великої кількості біженців, загиблих та падіння народжуваності, що матиме далекосяжні негативні демографічні наслідки для відбудови післявоєнної економіки країни.

За даними Агентства у справах біженців ООН станом на 30 листопада 2022 року кількість українських біженців, зареєстрованих у Європі, становить наразі 4,77 млн людей [2], з яких приблизно половина (43,4%) є активною робочою силою, причому досить високої якості – майже 76% мають вищу чи незакінчену вищу освіту, а 18% - середню спеціальну освіту. Найбільш представленими соціальними групами є висококваліфіковані фахівці (26%), підприємці (20%) та кваліфіковані робітники (17%) [3, с. 17]. Додатково – за оцінками Міжнародної організації міграції – 6,9 млн. українців стали внутрішньо переміщеними особами [4]. Відтак, суттєві міграційні зміни мають значний вплив на структуру робочої сили в Україні, як у період війни, так і в майбутньому.

Проведене загальнонаціональне опитування Групою «Рейтинг» 8-9 жовтня 2022 року показало, що 85% респондентів-біженців заявили, що хочуть повернутися в Україну після закінчення війни [5]. Головною умовою їх повернення буде наявність безпечних та привабливих умов для життя (наявність роботи, житла та соціальної інфраструктури). За умови відсутності в Україні кращих перспектив, після скасування воєнного стану процес відтоку населення може продовжитися і навіть посилитися. Важливо розуміти, що в умовах глобалізації ринку праці та таких потужних факторів міграції як війна – робоча сила буде прямуватиме туди, де на неї існує платоспроможний попит і де суспільства можуть забезпечити умови для належного рівня життя працівника, а також його сім'ї. Важливим є нахил майбутнього кандидата в команду компанії для професійного зростання й уміння швидкого адаптування до нестабільного ринкового середовища.

Враховуючи складний шлях розвитку економіки в умовах війни, очікувана геополітична невизначеність і пов'язані з нею операційні та регулятивні ризики вимагають змін в технологіях пошуку нових співробітників. Першочергово фокус пошуку буде зосереджуватися на кандидатах, які вміють швидко адаптуватися до мінливої економічної ситуації і бути психологічно емоційно стійкими.

В Україні на даний момент компанії та підприємства в своїй більшості мають класичні структурні схеми організації та підпорядкування. При цьому в управлінні персоналом застосовується принцип, за яким для зростання по кар’єрним сходам людина має найкраще проявляти якості, що будуть відповідати особливостям займаної посади. Проте, для виявлення цих здібностей та умінь, які вирізняють працівника, компанія має допомагати йому їх реалізувати. Виконуючи рутинну роботу, без можливостей прояви творчого підходу та без потреби в ініціативності, людина не зможе виділитися з групи таких самих осіб.

Таким чином, на вітчизняних підприємствах в кадровій політиці спостерігаються наступні особливості:

– класична структура та консервативний підхід до управління кадрами, що суттєво обмежує гнучкість по підготовці та переходу кадрів з нижчого рівня на більш високий;

– обмеженість високопрофесійного персоналу;

– обмеженість мотиваційних стимулів - практично відсутня нематеріальна частина мотиваційних стимулів (посилення ролі в компанії, зростання важливості на ринку як спеціаліста за рахунок підвищення кваліфікації та участі в інноваційних проєктах). Буде справедливим відзначити, що у підприємств, де оцінка роботи виконується за певними нормативами в кількісному вираженні, є практика відзначати працівників грамотами та іншими відзнаками, але ці відзнаки не надають додаткових можливостей для розвитку працівника як спеціаліста, а лише задовольняють його потребу в визнанні. Таким чином, підприємство не отримує вигоди для себе через розвиток персоналу, зростання його продуктивності та якості виконання робіт і, як наслідок, зниження витрат часу та коштів;

– жорсткі конкурентні умови - в умовах конкуренції компанії намагаються всіма способами скоротити собівартість послуг або товарів, в тому числі і за рахунок залучення менш кваліфікованих кадрів, оскільки найбільшу увагу покупці звертають саме на ціну (частина з компаній обирає шлях поступового навчання штату своїми силами і таким чином «інвестують» в робочу силу як товар).

З огляду на вищесказане, українські підприємства в умовах функціонування воєнної економіки, працюють в режимі виживання за рахунок зниження собівартості та з дотриманням балансу між недостатнім наповненням штату і незбалансованими витратами на оплату праці. До факторів, що впливають на професійне становлення працівника та його кар’єрний розвиток, можна віднести:

– ступінь прояву індивідуальних здібностей при рутинній діяльності;

– рівень мотивації та чіткість можливостей нових посад;

– проблеми відповідальності та ініціативності: кожна людина є індивідом, що має свої особливі риси характеру, схильності та сильні сторони. Працюючи на робочому місці за напрацьованим алгоритмом та інструкціями, працівник почуває себе спокійно та впевнено. Однак, чим вище особа буде підніматися по кар'єрним сходам, тим більше відповідальності на неї буде покладатися. Умовно керівник відділу матиме в своєму підпорядкуванні певну кількість осіб і від результату їх взаємодії буде залежати й ефективність керівника. Використання принципів делегування з проведенням підготовки по виконанню специфічних завдань, впровадження планів розвитку працівника, дозволило б компанії виявити найбільш пристосованих до можливих викликів і більш вищого рівня відповідальності та знизити ризики при екстреній перебудові структури (в тому числі внаслідок непередбачуваних обставин).

Підвищення ступеня обґрунтованості дослідження умов розвитку кар'єри потребує розподілу підприємств, що функціонують на ринку України, на дві групи:

1) підприємства з чітким детермінуванням кар'єрного процесу (де правила і критерії кар'єрного зростання загально відомі і прозорі);

2) підприємства з обмеженою можливістю детермінування (де критерії і правила кар'єрного зростання чітко не визначені: новачок на підприємстві, співробітник зі стажем і навіть велика частина управлінського персоналу не в змозі спрогнозувати можливі сценарії та варіанти реалізації кар'єри).

В умовах ринкових відносин зростає актуальність кар'єрної реалізації як для підприємства, так і для персоналу. Проте на підприємствах, де кар'єра слабо детермінована, створюються складні умови для її розвитку, що потребують удосконалень.

Подане в роботі [6] дослідження показало, що ціннісно-мотиваційний зміст кар'єри на підприємствах, де вона слабо детермінована, характеризується превалюванням особистісних цінностей над організаційними. Так, більшість респондентів ті цінності, які так чи інакше пов'язані з роботою на підприємстві, поставили після особистісних.

Нині у кар'єрних відносинах відбувається трансформація, про що свідчать зміни уявлень про кар'єру та її значимість для індивіда. На перших етапах формування та розвитку суспільства її головне призначення полягало в забезпеченні соціальної безпеки та стабільності. В сучасних умовах, як показали результати соціологічного дослідження, проведеного В. Лозовецькою [6], на перше місце виходить потреба забезпечення можливості самовираження за допомогою кар'єри (рис. 1).

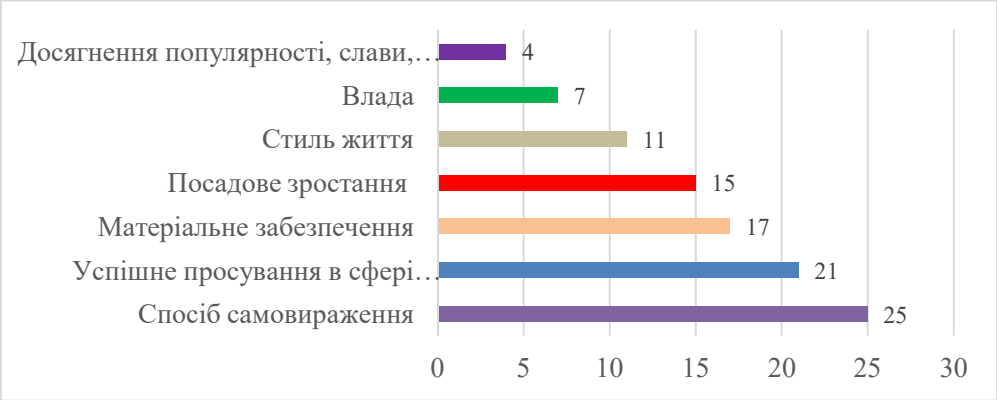


Рисунок 1 – Ставлення респондентів до кар'єри, %
Figure 1 - Respondents' attitude to career, %

Із прискоренням науково-інноваційного розвитку стан економіки сучасного типу визначається високими технологіями та наукомісткою продукцією. Така реальність диктує нові правила: нове покоління молодих та амбітних фахівців воліє працювати в умовах з більшими можливостями для творчості та оригінальності.

Підтримання рівня залученості співробітників потребує нових зусиль та заходів. Інститут громадської думки Gallup Analytics (США) підрахував, що правильно організована дистанційна робота покращує HR-брендинг та є результативною політикою для залучення талантів. Майже 54% офісних співробітників віддадуть перевагу компанії, що запропонує роботу з гнучким графіком та можливістю працювати з дому [7].

Останнім часом спостерігається тенденція до зміни організаційної структури вітчизняних компаній. Поступово відбувається перехід від жорсткої ієрархічної структури до горизонтальної, без описування сталих ролей і дотримання субординації. Самі організації стають більш відкритими та орієнтованими на проєктне виконання завдань. В таких умовах ключовими елементами є команди, а між керівниками команд та їх підлеглими формуються певні партнерські стосунки. Дослідники поняття «командна робота» виділяють такі її головні переваги [8]:

– команда володіє більш широким інструментарієм у порівнянні з окремою людиною;
– ефекту синергії можна досягти лише в команді;
– команда не так піддається впливу ззовні;
– у команді кожна гідна ідея ретельно обговорюється;
– у командній роботі всі помилки і похибки одразу стають помітними;
– команда, будучи сегментом великої компанії, дозволяє максимально ефективно і раціонально реалізувати потенціал певних співробітників;
– команда дає можливість максимально розкрити потенціал і творчі здібності кожного з її членів.

Важливий аспект трансформацій організації роботи — зміна функції та повноважень співробітників від одного проєкту до іншого залежно від рівня компетентності та досвіду, потрібних для виконання конкретного завдання, розв'язання проблеми. Тобто та сама особа матиме в організації і керівні, і підлеглі функції. Ієрархія збережеться, на нашу думку, лише в певних організаціях (певна державна структура, військові та промислові гіганти, які потребуватимуть розмежування праці тощо). Також зменшиться і кількість рівнів в організаційній ієрархії (таким чином значно скоротиться чисельність апарату управління) завдяки автоматизації контролю та моніторингу. Персоналу залишиться лише розвиток партнерства та підтримки в команді.

Індивідуальний підхід до робітника, покращення його навичок стає сьогодні ключовим фактором взаємної довіри, безпеки та ефективності роботи підприємства. Найбільш технологічні та передові компанії України запроваджують спеціальні програми, які спрямовані на покращення взаємодії персоналу між собою, усунення надлишкової формалізації робочих відносин в структурі та розвиток професійних і особистісних навичок всередині компаній.

Навички майбутнього можна поділити на три категорії [9, 10]:

1) професійні навички (hard skills). Оскільки технології та бізнес-моделі постійно змінюються, люди повинні бути максимально адаптованими, регулярно здобуваючи нові навички та знання. Цього можна досягти шляхом інтеграції молоді в робочий процес, надання широкого спектру дешевих курсів і покращення навчального процесу в школах. До 2030 року в Україні будуть потрібні навички використання нових інформаційних та комунікаційних пристроїв. Їх актуальність залежить від швидкості змін алгоритмічних, цифрових, робото-технічних і технологічних процесів. Оскільки найрозвинутіші компанії поступово диджиталізують свої сервіси та продукти, ця навичка повинна стати частиною професійних навичок працівника, до яких включають також цифрову грамотність, роботу з даними, веброзробку, цифровий маркетинг та інші;

2) соціальні навички (soft skills), які є дуже важливими у сучасному світі. Частиною категорії соціальних навичок є вміння працювати в команді, що включає: критичне мислення, креативність, емоційний інтелект, управління командою, взаємодію з людьми.

3) навичка постійного навчання (lifelong learning). В час становлення цифрової економіки нові знання та інформація стають рушійною силою діяльності підприємств в більшій мірі, ніж праця, капітал тощо. Невпинно зростаюча цінність нових навичок є не просто додатковою змінною процесів функціонування, а повністю міняє правила поведінки персоналу, що трансформує всі види інтелектуальних активів у більш високу продуктивність, в нову вартість та більш високого рівня конкурентоспроможність на ринку. Таким чином, працівники вітчизняних підприємств повинні бути максимально адаптивними, періодично опановувати нові навички і знання.

У свою чергу, в процесі дослідження «Навички для України 2030: погляд бізнесу» експерти, бізнес і молодь визначили перелік навичок майбутнього: аналітичне мислення та інновації, адаптивність, комунікабельність, вміння працювати в команді, медіа та інформаційна грамотність, уміння вчитися, емоційний інтелект, громадянська грамотність та свідомість, інклюзивність, лідерство та соціальний вплив [10, с. 76]. Серед першочергових професійних навичок при прийомі нових співробітників роботодавці відзначили [11]: взаємодія з людьми (12,4%), уміння працювати в команді

(12,4%), прагнення до вдосконалення і готовність навчатися (10,9%), навички самоорганізації (10,9%), клієнтоорієнтованість (9,2%), адаптивність (8,3%), уміння ставити цілі і досягати їх (8,2%), гнучкість розуму (8,2%), комплексне вирішення проблем (6,5%), критичне мислення (6,5%), емоційний інтелект (6,5%). Результати опитувань актуалізують та підкреслюють першочерговість і важливість саме соціальних компетенцій на ринку праці.

Найбільшою проблемою сучасних працівників є нестача професійних навичок (skills gap). Навіть найкращі університети все частіше випускають студентів, які не мають навичок, що відповідають вимогам організацій. Серед навичок, нестачу яких відчувають пошукачі роботи в нових реаліях, дослідженням виділено: самоконтроль і самомотивація (20%), управління своєю продуктивністю (20%), стресостійкість та профілактика професійного вигорання (18,8%), діджитал-навички (14,1%), проектний менеджмент (10,6%), підвищення рівня hard skills (9,4%), тайм-менеджмент (7,1%) [11].

Найефективніший підхід набуття працівниками необхідних навичок, який використовують успішні компанії, - це культура безперервного навчання, коли воно стає одним із повсякденних завдань і частиною робочого дня. Організації з такою культурою зацікавлені у тому, щоб працівники зростали та навчалися, а також могли скористатися різними підходами і методами навчання.

До найбільш поширених нині підходів навчання персоналу можна віднести [12, 13]:

1) навчання як подарунок – заохочення найбільш результативних працівників. В такому разі може залучатись іменитий тренер, спеціаліст та експерт своєї галузі. Основний уклін тут робиться на посилення статусу працівника в своїй сфері діяльності, тому особливо це працює з персоналом, для якого основна мотивація — статус, пошана та визнання;

2) вибір з переліку тем або форматів. Актуально коли зі співробітниками пропрацьовується індивідуальний план розвитку і самі працівники розуміють, які навички і знання їм необхідно розвивати;

3) уникнення повторних проблем – навчання з певної тематики для вирішення проблем (погіршення показників, скарги клієнтів, висока плинність кадрів). Підхід застосовується, якщо проблема, пов'язана з низьким рівнем знань та навичок персоналу;

4) навчання всіх працівників за певною тематикою – корисно для загального розвитку персоналу, важливу роль відіграє адаптація програми, її практична цінність та підхід в подачі матеріалу з боку тренера;

5) системне навчання персоналу для досягнення певного професійного рівня і навичок персоналу, пов'язаного з стратегічним розвитком компанії.

Для навчання і розвитку співробітників можна застосувати наступні методи:

1) дистанційне навчання - передбачає навчання на відстані, найчастіше у вигляді електронного курсу, який складається з лекцій, завдань, проміжних і підсумкових тестів. Такі курси дозволяють сформувати у співробітників єдине інформаційне поле з певної тематики;

2) аудиторне навчання - групові зустрічі в форматі лекцій, семінарів, тренінгів, бізнес-симуляцій та ін. Припускають ознайомлення співробітників зі стандартами роботи, нововведеннями, вироблення необхідних умінь шляхом великої кількості практичних завдань (тренінг). Також дозволяють генерувати багато різних варіантів рішення ситуацій, обговорювати й осмислювати з колегами, додатково розвивають навички комунікації та взаємодії з іншими людьми;
(якщо ми говоримо про тренінг).

3) навчання персоналу на робочому місці в форматі наставництва. Більш досвідчені та успішні співробітники стають менторами для менш досвідчених і успішних. Переваги методу навчання - навчання «без відриву від виробництва», максимально індивідуалізоване, регульований темп навчання. Однак, такий формат навчання ускладнює виконання завдань наставника і його ефективність може знизитись;

4) самонавчання і саморозвиток направлено на самостійне освоєння співробітниками знань, правил, стандартів, алгоритмів, важливих в повсякденній роботі. Дозволяє самостійно з урахуванням особистих цілей освоювати інформацію і необхідні інструменти (дивитися відео на YouTube, відвідувати TED Talks або проходити онлайн-курси).

Результати опитування свідчать, що роботодавці найбільш ефективним вважають навчання всередині компанії за різноманітними формами (найбільша частка — через передачу досвіду з експертами), рис. 2 [11]. Утім, найпопулярнішими місцями здобуття освіти молоддю для подальшого працевлаштування в середньостроковій перспективі можуть бути [10, с. 82]: масові відкриті онлайн-

курси (55,5%); короткострокові практичні тренінги (48,9%); менторство від фахівців галузі (47,2%); самоосвіта (46,9%); навчання в закладах вищої освіти (46,3%).

При виборі типу та методу навчання, враховуючи розподіл часу співробітників і ресурсів компанії, можна звернутися до моделі «70-20-10» Принстонського університету, з якої 70% відводиться на самонавчання. Навчання та розвиток, при вирішенні робочих завдань, 20% - навчання під час взаємодії з іншими в процесі роботи, 10% - аудиторне навчання [14]. Звичайно, такий розподіл має ґрунтуватися на чітких завданнях, прозорих стандартах роботи та стандартах оцінки ефективності.



Рисунок 2 – Результати опитування роботодавців щодо форматів навчання та розвитку співробітників

Figure 2 – The results of a survey of employers regarding the formats of training and development of employees

Висновки. В статті проаналізовано важлива наукова проблема, пов'язана з розвитком, посиленням ролі і значення кар'єрного зростання персоналу в умовах прискорення науково-технологічного, інноваційного розвитку вітчизняних підприємств. Кар'єра є динамічним, організаційним, соціально-економічним явищем, що постійно розвивається в процесі цілеспрямованого посадового і професійного зростання сучасної особистості. При цьому слід враховувати її професійні навички, позитивне ставлення до обраної професії і необхідного рівня самосвідомості, що в майбутньому сформує професійного суб'єкта праці як конкурентоспроможного фахівця, який є професіоналом, має позитивне ставлення до обраної професії з необхідним рівнем компетентності й особистою відповідальністю за свою кар'єру.

В основі розвитку кар'єри працівника лежать основні принципи – безперервність кар'єрного зростання, особистий кар'єрний розвиток або в складі команди, взаємозв'язок між результатом кар'єрного зростання і визнанням його професіоналізму в організації, мобільність, раціональність тощо.

Авторами статті наголошується, що більшість працівників не мають повного уявлення щодо реалізації особистого потенціалу для професійного розвитку в сучасних умовах постійного притоку у виробництво новітніх ідей і технологій, а також мають обмежені нормативно-правові знання забезпечення професійного зростання особистості в конкурентному ринковому середовищі.

Необхідно приділяти особливу увагу забезпеченню психологічної підтримки молодих працівників на всіх рівнях професійного зростання в умовах нестабільного розвитку вітчизняної економіки.

Перелік посилань

1. Демографічна та соціальна статистика / Ринок праці / Зайнятість та безробіття. *Державна служба статистики України*. URL: https://ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/rp.htm (дата звернення: 01.12.2022).

2. Портал оперативных даных о беженцах УВКБ ООН. URL: https://data.unhcr.org/en/situations/ukraine#_ga=2.228732760.514168680.1646989952-176134281.1646551413 (дата звернення: 30.11.2022).

3. Ринок праці в умовах війни. *Центр Разумкова*. URL: 2022-ANALIT-ZAPIS-PISHULINA-2.pdf (дата звернення: 01.12.2022).
4. В Україні вже майже 7 млн. внутрішніх переселенців. *Кореспондент.* URL: https://ua.korrespondent.net/ukraine/4512094-v-ukraini-vzhe-maizhe-7-mln-vnutrishnikh-pereselentsiv (дата звернення: 01.12.2022).
5. Вісімнадцяте загальнонаціональне опитування: психологічні маркери війни (8-9 жовтня 2022). *Соціологічна група «Рейтинг».* URL: https://ratinggroup.ua/research/ukraine/vosemnadcatyy_obschenacionalnyy_opros_psihologicheskie_markery_voyny_8-9_oktyabrya_2022.html (дата звернення: 01.12.2022).
6. Лозовецька В.Т. Професійна кар'єра особистості в сучасних умовах: монографія. - Київ, 2015. 279 с. URL: https://core.ac.uk/download/pdf/32310612.pdf (дата звернення: 10.12.2022).
7. Hickman A., Robison J. Is Working Remotely Effective? Gallup Research Says Yes. *GALLUP*. URL: https://www.gallup.com/workplace/283985/working-remotely-effective-gallup-research-says-yes.aspx (date of access: 13.12.2022).
8. Що таке командна робота, чому вона така важлива і як впливає на успіх?. *АГРОКЕБЕТИ. Освіта майбутнього*. URL: https://blog.agrokebety.com/shcho-take-komandna-robota (дата звернення: 13.12.2022).
9. Яблонська Х. Які навички варто розвивати, щоб бути успішними у майбутньому. *Happy Monday.* URL: https://happymonday.ua/yaki-navychky-varto-rozvyvaty (дата звернення: 13.12.2022).
10. Зайцева-Чіпак Н.О., Саприкіна М.А., Гондюл О. Д. Future of Work 2030: як підготуватись до змін в Україні. - 2021. 121 с. URL: https://careerhub.in.ua/wp-content/uploads/2021/07/Future-of-Work-research-Ukr.pdf (дата звернення: 14.12.2022).
11. Барометр ринку праці. Головні тенденції першої половини 2021 року. Роботодавці. URL: https://hhcdn.ru/icms/10237613.pdf (дата звернення: 14.12.2022).
12. Грабар О. Системи навчання персоналу. Підходи, види і методи навчання співробітників. *Oksana Grabar Business school*. URL: https://www.grabar-school.com/blog/obuchenie-personala/ (дата звернення: 14.12.2022).
13. Bazyliuk A., Khomenko V., Ilchenko V. World Experience of Investing and Human Capital Development. *Sustainable Finance, Digitalization and the Role of Technology. ICBT 2021. Lecture Notes in Networks and Systems*. 2023. Vol. 487. P. 417-430. https://doi.org/10.1007/978-3-031-08084-5_31 URL: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-08084-5 (дата звернення: 14.12.2022).
14. What is the 70 20 10 Model & How to Apply It for Learning & Development. *Growth Engineering*. URL https://www.growthengineering.co.uk/70-20-10-model/ (date of access: 14.12.2022).

TENDENTIONS OF WORKERS CAREER DEVELOPMENT ON NATIONAL FACILITIES

Ilchenko Viktoriya Yulianivna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Management, National Transport University, e-mail: nika-ivg@ukr.net, tel. +380674795543, https://orcid.org/0000-0003-4318-0999
Oleksiyenko Oleksandr Oleksandrovich, Master, National Transport University, e-mail: olexiyenko2@gmail.com, tel. +380633498056, https://orcid.org/0000-0003-4318-0999
Smagin Volodymyr Leontiyovych, Doctor of Economic Sciences, Professor, Department of Management, National Transport University, e-mail: vlsmagin50@gmail.com, tel. +380672362722, https://orcid.org/0000-0002--9292-6892

Abstract. In this article showed analysis of country's population employment level and established features of personnel policy on national facilities. It is noted, that Ukrainian companies work in mode of saving competition due to self-cost reduction and with keeping balance between lack of personal and unbalanced costs on paying for the work. Factores were studied, that influence on worker's professional development and his career rise.

Analyzed changes of dreams for the career and its significance for and individual. In modern terms, the first priority is providing themselves with possibility of self-expression with career's help. Noted, that national facilities become more and more open and oriented on projected doing their job. In this terms key elements are commands and between commands bosses and their workers form some partner relationship.

Founded out, that future skills can be divided into three categories: professional skills (hard skills), social skills (soft skills) and lifelong learning skills (lifelong learning). So, the most demanded among employers are skills like: emotional intellect, communication, team working, analytical thinking, possibility to solve complex problems, ability to learn quick, adaptability, strategic thinking, initiative, responsibility. Between thse skills, lack of which can feel young employees, point out: public speaking, reasoning and making decisions, IT-literacy, ability to work under pressure, conflict management and negotiation skills. Article suggests system of teaching staff – the most actual ways and forms of teaching which is certainly important in modern terms.

Key words: career, career's development, systematical way, skills, teaching staff, facility.

References

1. Emohrafichna ta sotsial′na statystyka / Rynok pratsi / Zaynyatist′ ta bezrobittya (Demographic and social statistics / Labor market / Employment and unemployment). State Statistics Service of Ukraine. URL: https://ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/rp.htm (Last accessed: 01.12.2022). [in Ukrainian].

2. Portal operativnykh dannykh o bezhentsakh UVKB OON (UNHCR Refugee Intelligence Portal) URL: https://data.unhcr.org/en/situations/ukraine#_ga=2.228732760.514168680.1646989952-176134281.1646551413 (Last accessed: 30.11.2022). [in Russian].

3. Rynok pratsi v umovakh viyny (The labor market in conditions of war). Razumkov Center. URL: 2022-ANALIT-ZAPIS-PISHULINA-2.pdf (Last accessed: 01.12.2022). [in Ukrainian].

4. V Ukrayini vzhe mayzhe 7 mln. vnutrishnikh pereselentsiv (There are already almost 7 million internally displaced persons in Ukraine). Correspondent. URL: https://ua.korrespondent.net/ukraine/4512094-v-ukraini-vzhe-maizhe-7-mln-vnutrishnikh-pereselentsiv (Last accessed: 01.12.2022). [in Ukrainian].

5. Visimnadtsyate zahal′nonatsional′ne opytuvannya: psykholohichni markery viyny (8-9 zhovtnya 2022) (Eighteenth National Survey: Psychological Markers of War (October 8-9, 2022)). Sociological group "Rating". URL: https://ratinggroup.ua/research/ukraine/vosemnadcatyy_obschenacionalnyy_opros_psihologicheskie_markery_voyny_8-9_oktyabrya_2022.html (Last accessed: 01.12.2022). [in Ukrainian].

6. Lozovetska V.T. Profesiyna kar″yera osobystosti v suchasnykh umovakh (Professional career of an individual in modern conditions) : monograph. Kyiv, 2015. 279 s. URL: https://core.ac.uk/download/pdf/32310612.pdf (Last accessed: 10.12.2022). [in Ukrainian].

7. Hickman A., Robison J. Is Working Remotely Effective? Gallup Research Says Yes. GALLUP. URL: https://www.gallup.com/workplace/283985/working-remotely-effective-gallup-research-says-yes.aspx (Last accessed: 13.12.2022).

8. Shcho take komandna robota, chomu vona taka vazhlyva i yak vplyvaye na uspikh? (What is teamwork, why is it so important and how does it affect success?). AGROKEBETS. Education of the future. URL: https://blog.agrokebety.com/shcho-take-komandna-robota (Last accessed: 13.12.2022). [in Ukrainian].

9. Yablonska H. Yaki navychky varto rozvyvaty, shchob buty uspishnymy u maybutn′omu (What skills should be developed in order to be successful in the future). Happy Monday. URL: https://happymonday.ua/yaki-navychky-varto-rozvyvaty (Last accessed: 13.12.2022). [in Ukrainian].

10. Zaitseva-Chipak N.O., Saprykina M.A., Gondyul O.D. Future of Work 2030: yak pidhotuvatys′ do zmin v Ukrayini (Future of Work 2030: how to prepare for changes in Ukraine). - 2021. 121 s. URL: https://careerhub.in.ua/wp-content/uploads/2021/07/Future-of-Work-research-Ukr.pdf (Last accessed: 14.12.2022). [in Ukrainian].

11. Barometr rynku pratsi. Holovni tendentsiyi pershoyi polovyny 2021 roku. Robotodavtsi (Labor market barometer. The main trends of the first half of 2021. Employers). URL: https://hhcdn.ru/icms/10237613.pdf (Last accessed: 14.12.2022). [in Ukrainian].

12. Grabar O. Systemy navchannya personalu. Pidkhody, vydy i metody navchannya spivrobitnykiv (Personnel training systems. Approaches, types and methods of training employees). Oksana Grabar Business school. URL: https://www.grabar-school.com/blog/obuchenie-personala/ (Last accessed: 14.12.2022). [in Ukrainian].

13. Bazyliuk A., Khomenko V., Ilchenko V. World Experience of Investing and Human Capital Development. *Sustainable Finance, Digitalization and the Role of Technology. ICBT 2021. Lecture Notes in Networks and Systems*. 2023. Vol. 487. S. 417-430. https://doi.org/10.1007/978-3-031-08084-5_31 URL: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-08084-5 (Last accessed: 14.12.2022).

14. What is the 70 20 10 Model & How to Apply It for Learning & Development. Growth Engineering. URL https://www.growthengineering.co.uk/70-20-10-model/ (Last accessed: 14.12.2022).

УДК 338.242.2
UDC 338.242.2

DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-380-386

DIDITAL - ТЕХНОЛОГІЇ В УПРАВЛІННІ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА.

DIDITAL - TECHNOLOGIES IN AUTO TRANSPORT ENTERPRISE MANAGEMENT.



Навроцька Тамара Анатолівна, *кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, Київ, Україна, t.navrotska@ntu.edu.ua,*

https://orcid.org/0000-0002-1403-0580



Заяц Ольга Василівна, *кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, Київ, Україна, zaiats.olga.v@gmail.com,*

https://orcid.org/0000-0002-6574-4516



Цюман Євгенія Сергіївна, *кандидат економічних наук, старший викладач кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, Національний транспортний університет, Київ, Україна, tsevs@ukr.net,*

https://orcid.org/0000-0001-9677-4411

Анотація. В статті досліджено сучасний стан автотранспортних підприємств. Проведено аналіз інформаційного порталу електронної комерції, що заснована на Digital-технологіях. Встановлено, що користувачів Інтернет – простору з кожним роком збільшується. Так як Statista прогнозує, що воно досягне 17,5% в 2021 році і 22% в 2023 році. З огляду на те, що чверть населення світу в даний час здійснює покупки через Інтернет мережу, ці прогнози здаються обґрунтованими і навіть трохи консервативними. У зв'язку з цим стає найбільш актуальним прогнозування поведінки ринку для створення гнучкої системи адаптації до нових умов.

Дослідження наукових праць свідчить про зацікавленість наукового світу до інноваційності ведення сучасного бізнесу. Багато авторів визначають, що саме застосування Digital-технологіях є запорукою ефективного управління підприємствами.

В статті визначаються головні особливості сучасних Digital-технологій, що допомагають управлінню та розвитку автотранспортних підприємств. Безпосередньо проведено фундаментальне дослідження, щодо рівня використання сучасних Digital-технологій в автотранспортних підприємствах. Аналіз показав, що сучасна діяльність автотранспортних підприємств не спрямовано в повному обсязі на використання Digital-технологій в управління і інформаційному розвитку. Так вищій відсоток отримав пункт зберігання даних, конфіденційність та зберігання даних 19%, що вже з появи ПК використовуються на багатьох підприємства.

На підставі проведеного дослідження були встановленні головні напрямки інноваційності в застосуванні Digital-технологій, що допоможуть ефективному управлінні автотранспортного підприємства. Враховуючі той факт, що конкурентоспроможність автотранспортного підприємства і позиція його на ринку залежить від споживача. Проведено дослідження, щодо інтенсивності використання споживачами різних видів технологічних Digital – пристроїв. Дослідження показало, що 74% споживачів використовують смарт - технології, як головний спосіб комунікації. Тобто з проведеного дослідження простежується головний аспект ведення сучасного бізнесу, якій базується саме на використанні сучасних Digital-технологій.

Ключові слова: Digital-технологій, Digital – комунікації, Інтернет-простір, автомобільні підприємства, автотранспортні послуги.

Постановка проблеми. Сучасний світ перебуває в глобальних змінах у політиці, економіці, демографії, культурі, що спричинено двоиа суттєвими історичними передумовами це COVID-19. та війна в Україні. Саме ці умови дали повитух до розвитку Digital-технологій, інноваційність якого наразі передбачає розвитку Інтернет простору.

Освоєння Інтернет-простору є важливим стратегічним кроком для підприємств сьогодення. Так за рік, як показують дослідження Інформаційного порталу електронної комерції та за даними Statista [3], поточний відсоток роздрібних продажів в електронній комерції складає близько 15%. Це число зростає з кожним роком, і Statista прогнозує, що воно досягне 17,5% в 2021 році і 22% в 2023 році. З огляду на те, що чверть населення світу в даний час здійснює покупки через Інтернет мережу, ці прогнози здаються обґрунтованими і навіть трохи консервативними[4].

У зв'язку з цим стає найбільш актуальним прогнозування поведінки ринку для створення гнучкої системи адаптації до нових умов. Таким чином, одним з найважливіших управлінських завдань стає підвищення інноватівності підприємств, а саме їх здатності чітко та адекватно реагувати на найменші зміни на ринку, шляхом випуску нової або вдосконалення старої продукції запровадження нових технологій виробництва, та збуту, реструктуризації удосконалення системи внутрішньофірмового управління та використання новітніх маркетингових стратегій. Тому стало за необхідним визначення та дослідження сучасних Digital-технологій, що допомагають управлінню та розвитку автотранспортних підприємств.

Аналіз і огляд останніх досліджень. Відзначаючи досить значний інтерес до означеної проблеми, слід також зазначити, що в нині в науковій літературі більшість учених розглядають питання застосування Digital-технологій в діяльності підприємств, як маркетингові заходи для підвищення ефективності діяльності підприємств. Теоретичні питання з цієї проблематики у межах загальної теорії ґрунтовно розроблені у працях таких зарубіжних учених: Н. Андерсона, Н. Гованні, Я. Гордона, Е. Гуммессона, Д. Джоббера, Ф. Котлера, Т. Левітта, Л. Маттссона, В. Прауде та інших, та як окрема теорія – у Д. Аакера, Дж. Бернета, С. Блека, С. Біра, Р. Пейтона, Т. Гріффіна, А. Дейана, Д. Доті, Дж. Енджела, Г. Картера, Дж. Лейхиффа, А. Пулфорда, І. Альошиної, Б. Борисова, І. Вікентьєва, Л. Гермогенової, О. Голубкової, О. Крилова, Є. Попова, Г. Сініциної, І. Сіняєвої та інших. Але суттєвий вклад в дослідженні сучасного просторі управління підприємствами з використанням інноваційних Digital-технологій висвітлено у наукових працях таких вітчизняних учених, як Артемчук В.О. [4], Власенко І.В. [2], Городецький М.Я. [4], Компанець К.А. [4], Литвишко Л.О. [1]. та інших.

Так в роботі Артемчук В.О., Литвишко Л.О., Компанець К.А. «Вплив маркетингових комунікацій на формування позитивного іміджу підприємства» [1] - визначаються головні аспекти використання інтернет – технологій в автотранспортних підприємствах. В роботі «Діджиталізація суспільства під впливом детермінантів пандемії COVID-19» [4], досліджено вплив детермінантів на поведінку споживачів автотранспортних послуг. Власенко І.В. [2] розглядає сучасні інноваційні системи, що використовуються підприємствами і базуються на Digital-технологій.

Тобто всі авторські здобутки є досить цікавими і несуть великій вклад в розумінні головних напрямків розвитку управління автотранспортних підприємств. Але недостатньним залишаються питання визначення і дослідження Digital-технологій в управлінні автотранспортних підприємствах в сучасних умовах кризи. Тому стає за необхідне подальше дослідження питань розвитку автотранспортних підприємств і визначення їх інформаційного простору.

Мета дослідження. Метою статті є визначення та дослідження сучасних Digital-технологій, що допомагають управлінню та розвитку автотранспортних підприємств.

Основна частина. Передумови світової кризи країн, призвело до застосування та пошуку нових каналів комунікацій. Обмеження спричинили перехід спілкування суспільства від offline до

online. Однією з особливостей сучасного етапу діяльності підприємств сфери освіти, науки, культури, мистецтва, економіки, бізнесу та послуг є підвищення ролі й удосконалення інформаційного обслуговування. Інформаційне обслуговування на підприємстві, в умовах ринку, є смисловим аспектом соціальної взаємодії, однією з найбільших загальних характеристик будь-якої діяльності, включаючи управлінську[4].

В результаті, Digital-технологій стає основою конкурентної стратегії сучасних корпорацій, а інноваційність – найпотужнішою конкурентною перевагою. Здійснюючи інноваційну діяльність, сучасні підприємства, як правило, мають на меті довгострокову ефективність функціонування на ринку.Процес оновлення всіх сторін діяльності автотранспортного підприємства є нереальним без Digital-технологій.

Особливого значення зараз у діяльності автотранспортних перевезень набуває створення атмосфери, що стимулює пошук та освоєння нововведень. Сучасна ситуація характеризується різким загостренням конкурентної боротьби. У умовах інновації стають обов'язковим елементом господарську діяльність підприємства є основною рушійною силою і передумовою його розвитку. Таким чином, прагнення творчості – важлива особливість людини. Зазвичай співробітник бажає опинитися у такій ситуації, коли від нього чекають творчої роботи. Однак часто він знаходиться в системі, яка змушує підкорятися адміністративним розпорядженням у прямій чи непрямій формі.

Сучасні вимоги Digital-технологій розумні та зрозумілі, і працівник охоче їх приймає, в інших випадках причинні зв'язки незрозумілі чи суперечать його переконанням та інтересам. Інноваційний клімат у автотранспортних підприємствах необхідний, якщо вона збирається розробити нові транспортні послуги з розрахунком на ринковий успіх. Такий клімат можна створити внаслідок використання принципів інноваційного менеджменту: стимулювати почуття відповідальності та рішучості у досягненні наміченої мети; вносити повну ясність щодо поставлених перед колективом завдань; формулювати колективу та окремим його членам завдання у повному обсязі (пояснюючи, що вони повинні робити і чого прагнути); забезпечувати умови для творчої праці; створювати оптимальні умови для успішного виконання поставленого завдання; підтримувати і стимулювати колектив при вирішенні проблем, що виникають.

Як показує досвід, інновації у автотранспортній сфері можуть стосуватися: зайнятості, доходів, якості життя населення; охорони здоров'я, материнства та дитинства, життєзбереження людей; всіх видів і форм освіти; культури та дозвілля; соціального захисту; громадської безпеки; охорони навколишнього середовища; поштового зв'язку та інших комунікативних каналів; роботи з біженцями та вимушеними переселенцями.

Тобто Digital-технологій – це методи та прийоми інноваційної діяльності, спрямовані на створення та матеріалізацію нововведень у суспільстві, реалізацію нововведень, що призводять до якісних змін у різних сферах соціального життя, до раціонального використання матеріальних та інших ресурсів у суспільстві. На підставі цього нами було проведено дослідження, щодо рівня використання сучасних Digital-технологій в автотранспортних підприємствах. Цілю дослідження оцінили ступінь готовності технологій, які застосовують у себе в підприємствах, респонденти. Дослідження проводилось в форматі Google анкети, що надсилались на електроні пошти автотранспортним компаніям України (рис 1).

Тобто, виходячи з дослідження стає зрозумілим, що сучасна діяльність автотранспортних підприємств не спрямовано в повному обсязі на використання Digital-технологій в управління і інформаційному розвитку. Так вищій відсоток отримав пункт зберігання даних, конфіденційність та зберігання даних 19%, що вже з появи ПК використовуються на багатьох підприємства.

Базуючись на положеннях Digital-технологій з торгівлі послугами, у автотранспортній сфері розвивається інноваційна діяльність за трьома напрямками:

1. Впровадження нововведень (організаційні інновації), пов'язаних з розвитком підприємства бізнесу в системі та структурі управління, включаючи реорганізацію, укрупнення, поглинання конкуруючих суб'єктів на основі новітньої техніки та передових технологій; кадрової політики (оновлення та заміна кадрового складу, система підвищення кваліфікації, перепідготовка та стимулювання працівників); раціональної економічної та фінансової діяльності (впровадження сучасних форм обліку та звітності, що забезпечують стійкість становища та розвитку підприємства).

2. Маркетингові інновації, що дозволяють охоплювати потреби цільових споживачів або залучати не охоплених на цей час клієнтів.

3. Періодичні нововведення (продуктові інновації), спрямовані на зміну споживчих властивостей туристського продукту, його позиціонування та конкурентні переваги [2].



Рисунок 1 – Аналіз використання Digital-технологій в автотранспортних підприємствах України
Figure 1 – Analysis of the use of Digital technologies in motor transport enterprises of Ukraine
Джерело: розроблено авторами

Таким чином, інноваційна діяльність у автотранспортній сфері спрямована на створення нового або зміну існуючого продукту, на вдосконалення транспортних послуг, освоєння нових ринків, запровадження передових інформаційних та телекомунікаційних технологій та сучасних форм організаційно-управлінської діяльності. Для підприємств цієї сфери недооцінка інноваційного управління у діяльності суб'єктів ринкової економіки призвела до глибокої соціальноекономічної кризи та зниження конкурентоспроможності автотранспортних підприємств, розбалансування їх виробничого потенціалу, порушення принципів та методів управління, зниження якості автотранспортних послуг.

Прийняття управлінських рішень керівниками та спеціалістами автотранспортних підприємств не регламентовано, методична база оцінки ефективності інновацій та управління вартістю інноваційних проектів часто відсутня, що ускладнює інноваційний розвиток. Усе це свідчить про необхідність проведення відповідних наукових досліджень про. Принциповим є те що, що механізми реалізації інноваційних проектів підприємств сфери послуг, які у умовах планової економіки та централізованому фінансуванні (принцип мінімальних витрат, статистичні методи визначення прибутків і рентабельності), для сучасної української дійсності практично непридатні.

Специфіка автотранспортної діяльності, як галузі сфери послуг, передбачає під інноваціями не лише покращення якості життя людей (задоволення потреби в якісній (екологічний аспект), а й грамотно вибудовані взаємини з клієнтами, грамотну маркетингову політику та PR-стратегію, а також облік необхідності комерціалізації інноваційних розробок (отримання патентів, реєстрація фірмових знаків). Питання рівня вітчизняного сервісу є сьогодні актуальним. Адже, купуючи будь-яку послугу, ми купуємо також і послугу з його продажу та доставки споживачеві [6].

Таким чином, ключовим напрямком підвищення ефективності діяльності автотранспортних підприємств стає розробка, планування, реалізація та контроль здійснення інноваційних рішень – оптимізація управління інноваційними проектами, розробка процедур управління процесами та вартістю інноваційного проекту, нові методи управління ним, оцінка впливу параметрів та результатів реалізації інноваційного проекту на результати діяльності підприємства у цілому, а інновації для сфери послуг є найважливішим стимулятором зростання економіки нашої країни.

Перспективи розвитку Digital-технологій автотранспортним підприємством лежать у таких площинах:

1. Поліпшення якості Інтернет-зв'язку. Крім відомих проблем є ще проблема Інтернет-зв'язку, яка заважає повноцінному розвитку торгівлі та багатьох суміжних галузей. У деяких регіонах канали зв'язку відсутні або такі погані якості, що не можуть забезпечити нормальне Інтернет-з'єднання.
2. Збільшення аудиторії. Відсутність якісного зв'язку не дозволяє потенційним клієнтам Інтернету у своєму буденному житті.
3. Поліпшення якості надання автотранспортних послуг.
4. Розвиток інформаційних технологій. Розвиток технологій веде до появи нових перспективних проектів та розвитку галузі.

Наразі стає питання про головні переваги використання інноваційних Digital-технологій саме споживачами транспортних послуг. Враховуючі той факт, що конкурентоспроможність автотранспортного підприємства і позиція його на ринку залежить від споживача (взаємодія та зв'язок з ним). Для визначення пріоритетних технологій для комунікації з споживачами проведено дослідження, щодо інтенсивності використання групою певного населення різних видів технологічних Digital – пристроїв. Дослідження проводилось на базі інформаційної дослідницької компанії «Factum Group» [5]. Данні отриманих результатів аналізу цільової аудиторії автотранспортних послуг з використанням ними сучасних пристроїв Digital-технологій наведено на рис.2.

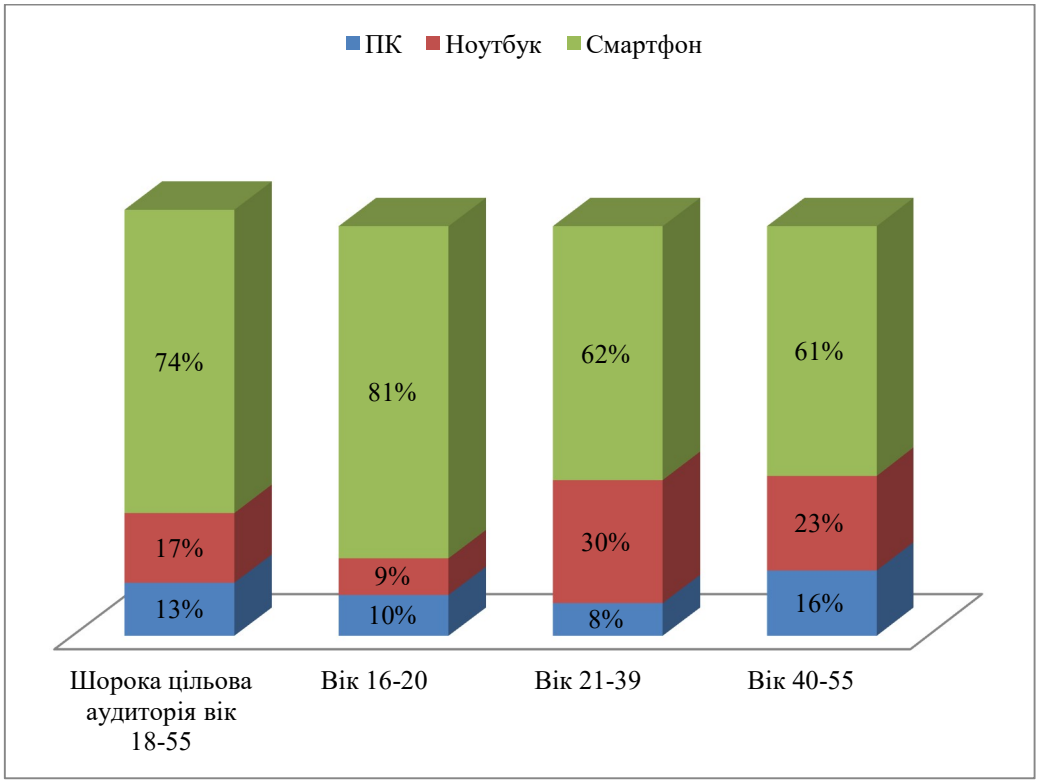


Рисунок 2 – Аналіз цільової аудиторії автотранспортних послуг, щодо використання сучасних пристроїв Digital-комунікацій на 2022рік.
Figure 2 – Analysis of the target audience of motor transport services, regarding the use of modern digital communication devices for 2022.
Джерело: розроблено автором [5].

Так з загальної вибірки широкої цільової аудиторії було визначено, що наразі смартфони є досить популярними серед споживачів автотранспортних послуг і становить 74%.

У сучасному світі смартфони отримують все більше функцій, які роблять життя легшим та комфортнішим, дають змогу розпланувати свій день та встигнути виконати все задумане. Вони стали незамінними у подорожах: дуже зручно, коли один маленький пристрій замінює вам мапу, фотоапарат, книгу, плеєр та чимало інших речей, які ще кілька років тому займали в рюкзаку туриста ледь не половину його об'єму. Знайти квитки, забронювати житло, прокласти маршрут, вибрати найкращі заклади харчування та переглянути афішу найцікавіших подій у будь-якому місті тепер можна завдяки використанню популярних мобільних додатків[1]. Тобто з проведеного дослідження простежується головний аспект ведення сучасного бізнесу, якій базується саме на використанні сучасних Digital-технологій.

Висновки. Головним напрям в сучасних умовах для розвитку автотранспортних підприємств залишаються формування управлінський інноваційних заходів з використанням Digital-технологій, що допоможуть розвитку автотранспортних підприємств. Головним залишаються питання удосконалення управлінської системи автотранспортних підприємств за допомогою Digital-технологій. Саме впровадження інноваційних технологій допоможе автотранспортним підприємствам ефективно вести свій бізнес. Головним залишаються питання і застосування Digital-комунікацій, що в сучасних умовах є необхідним зв'язком з постійними клієнтами автотранспортних послуг. Саме така управлінська поведінка дасть повитух автотранспортним підприємствам виходи з кризи.

Перелік посилань

1. Артемчук В.О., Литвишко Л.О., Компанець К.А. Вплив маркетингових комунікацій на формування позитивного іміджу підприємства. Науковий вісник Ужгородського національного університету) Випуск 33/2020 URL:http://www.visnyk-econom.uzhnu.uz.ua/archive/33_1_2020ua/16.pdf

2. Власенко І.В. Інновації в туризмі. Навчальний посібник. ВТЕІ КНТЕУ, м. Вінниця 2017р. С. 108

3. Інформаційний портал електронної комерції URL:https://ecomhub.ru/samyj- polnyj-obzor-statistiki-jelektronnoj-torgovli-v-mire-za-2019/

4. Компанець К.А., Литвишко Л.О., Городецький М.Я. Діджиталізація суспільства під впливом детермінантів пандемії COVID-19. Інформаційні технології в культурі, мистецтві, освіті, науці, економіці та бізнесі: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 22–23 квітня 2021 р. Київ. С 259
URL:http://knukim.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/ZBIRNYK_TEZ_ITKM_2021_CH2_na-sajt.pdf

5. Офіційний сайт інформаційно – дослідницької компанії «Factum Group». URL: https://factum-ua.com/

6. Тенденції та проблеми розвитку електронного бізнесу в Україні. URL: https://manager.bobrodobro.ru/84284

DIDITAL - TECHNOLOGIES IN AUTO TRANSPORT ENTERPRISE MANAGEMENT.

Navrotska Tamara A., Candidate of Economic Sciences, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management, National Transport University, Kyiv, Ukraine, t.navrotska@ntu.edu.ua, orcid.org/ 0000-0002-1403-0580

Zayats Olga V., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management, National Transport University, Kyiv, Ukraine, zaiats.olga.v@gmail.com, orcid.org/ 0000-0002-6574-4516

Tyuman Yevheniya S., candidate of economic sciences, senior lecturer of the Department of Ecology and Environmental Protection Technologies, National Transport University, Kyiv, Ukraine, tsevs@ukr.net, orcid.org/0000-0001-9677-4411

Abstract. The article examines the current state of motor transport enterprises. An analysis of the e-commerce information portal based on Digital technologies was carried out. It has been established that the number of Internet users is increasing every year. Since Statista predicts that it will reach 17.5% in 2021 and 22% in 2023. Given that a quarter of the world's population currently makes purchases via the Internet, these

forecasts seem reasonable and even a little conservative. In this regard, forecasting market behavior to create a flexible system of adaptation to new conditions becomes the most relevant.

The study of scientific works shows the interest of the scientific world in the innovativeness of conducting modern business. Many authors determine that the use of digital technologies is the key to effective enterprise management.

The article defines the main features of modern digital technologies that help the management and development of motor transport enterprises. Fundamental research was conducted directly on the level of use of modern digital technologies in motor transport enterprises. The analysis showed that the modern activity of motor transport enterprises is not fully aimed at the use of digital technologies in management and information development. Data storage, privacy and data storage received a higher percentage of 19%, which have been used in many enterprises since the advent of PCs.

On the basis of the conducted research, the main directions of innovation in the application of Digital technologies were established, which will help the effective management of the motor vehicle enterprise. A study of the use of Digital devices by customers was conducted. A study was conducted on the intensity of use by consumers of various types of technological Digital devices. The study showed that 74% of consumers use smart technologies as the main means of communication. That is, the main aspect of conducting modern business, which is based precisely on the use of modern digital technologies, can be traced from the conducted research.

Keywords: Digital technologies, Digital communications, Internet space, automobile enterprises, motor transport services.

References

1. Artemchuk V.O., Litvyshko L.O., Kompanets K.A. (2020) Vplyv marketynhovykh komunikatsii na formuvannia pozytyvnoho imidzhu pidpryiemstva. [The influence of marketing communications on the formation of a positive image of the enterprise.] Scientific Bulletin of the Uzhhorod National University) Issue 33/2020 Retrieved from:http://www.visnyk-econom.uzhnu.uz.ua/archive/33_1_2020ua/16.pdf [in Ukrainian].

2. Vlasenko I.V.(2017) Innovatsii v turyzmi. [Innovations in tourism. Tutorial]. VTEI KNTEU, Vinnytsia, 2017. P. 108[in Ukrainian].

3. Informatsiinyi portal elektronnoi komertsii [Information portal of e-commerce] Retrieved from: https://ecomhub.ru/samyj-polnyj-obzor-statistiki-jelektronnoj-torgovli-v-mire-za-2019/ [in Ukrainian].

4. Kompanets K.A., Litvyshko L.O., Horodetskyi M.Ya. (2021) Didzhytalizatsiia suspilstva pid vplyvom determinantiv pandemii COVID-19. [Digitalization of society under the influence of the determinants of the COVID-19 pandemic.] Information technologies in culture, art, education, science, economy and business: materials of the International Scientific and Practical Conference, April 22-23, 2021, Kyiv. P. 259 Retrieved from: http://knukim.edu.ua/wp-content/uploads/2021/12/ZBIRNYK_TEZ_ITKM_2021_CH2_na-sajt.pdf [in Ukrainian].

5. Ofitsiinyi sait informatsiino – doslidnytskoi kompanii «Factum Group». [Official website of the information and research company "Factum Group"] Retrieved from:https://factum-ua.com/[in Ukrainian].

6. Tendentsii ta problemy rozvytku elektronnoho biznesu v Ukraini. [Trends and problems of electronic business development in Ukraine] Retrieved from:https://manager.bobrodobro.ru/84284 [in Ukrainian].

УДК 331.4 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-387-394**
UDC 331.4

УДОСКОНАЛЕННЯ МОТИВАЦІЙНОГО МЕХАНІЗМУ УПРАВЛІННЯ ПЕРСОНАЛОМ

IMPROVEMENT OF THE MOTIVATIONAL MECHANISM OF PERSONNEL MANAGEMENT.



Левчук Наталія Миколаївна, *кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки, Національний транспортний університет, Київ, Україна, natalya.levchuk03@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0003-1296-7182



Петровська Світлана Іванівна, *кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки, Національний транспортний університет, Київ, Україна, petrovskayas@ukr.net*

https://orcid.org/0000-0003-3561-5729

Анотація. У статті розглянуті основні способи мотивації. Досліджено маловивчену примусову мотивацію і форми примусу. Виокремлені завдання мотиваційного механізму та ряд принципів формального і неформального управління персоналом. Визначені особливості базової і конкретної мотивації та задоволеності працею. Проаналізовані методи прямої і примусової мотивації. Визначені пріоритетні види матеріального і не артеріального стимулювання працівників. Розробка і впровадження ефективних мотиваційних моделей сприяє підвищенню конкурентоспроможності, продуктивності і прибутковості підприємства.

Ключові слова: мотивація, мотиваційний механізм, соціальна мотивація, примусова мотивація, зовнішня мотивація, примус, стимулювання.

Вступ. Кардинальні зміни в усіх сферах нашої держави, в тому числі і в економічній, одночасно створюють як нові можливості так і серйозні загрози для кожної особистості та вносять значний рівень невизначеності в життя людини. Тому, лише дієвий мотиваційний механізм, що відповідає сучасним умовам та є гнучким до швидких економічних змін, забезпечить ефективне використання трудових ресурсів.

Ефективні мотиваційні моделі, їх розробка і впровадження сприяють підвищенню продуктивності, конкурентоспроможності та прибутковості підприємства. Це дозволяє вийти підприємству на економічно новий рівень розвитку і відкриває можливості реалізувати свій потенціал на світовому рівні.

Ринкові форми господарювання відкривають широкі можливості для практичного використання різних методів мотивації і не лише матеріальне стимулювання. В умовах соціально-орієнтованої ринкової системи господарювання проблема мотивації праці набуває важливого, актуального значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемам мотивації праці присвятили свої роботи такі вітчизняні науковці як В.І. Адамчук, А.А. Антонова, Л.В. Балабанова, А.В. Бакурова, О.І. Баник, А.М. Гриненко, В.Ф. Грищенко, М.П. Денисенко, В.В. Корольков та багато інших вчених.

А.А Антонова проаналізувала систему мотивації трудової діялності в США; А.В. Бакурова розглянула моделі і методи самоорганізації соціально-економічних систем; О.І Баник визначив сучасні проблеми мотивації праці та їх вплив на ефективну діяльність підприємств; А.М. Гриненко визначив мотиваційний аспект підбору і оцінки керівників; В.Ф. Грищенко визначив інноваційні підходи до удосконалення системи мотивації персоналу; В.В. Корольков дав характеристику основним

зарубіжним моделям мотивації праці. Проте, складові елементи структури механізму управління персоналом досліджені недостатньо.

Мета. Визначити дієвий мотиваційний механізм, що відповідає сучасним умовам.

Завдання роботи:

- розгланути основні способи мотивації працівників;
- дослідити примусову мотивацію праці та форми примусу;
- проаналізувати різновиди непрямого примусу;
- визначити особливості базавої і конкретної мотивації та задоволеності працею;
- окреслити завдання мотиваційного механізму в управління персоналом та принципи формального і неформального управління ним;
- проаналізувати методи прямої і непрямої (примусової) мотивації.

Виклад основного матеріалу. Мотиви працівника можна підрозділити на матеріальні, соціальні та мотиви примусового характеру. Методи матеріальної мотивації мають позитивну мотиваційну характеристику (матеріальне стимулювання) і негативну (матеріальні санкції). Розрізняють такі види матеріальної мотивації:

- індивідуальна матеріальна мотивація, заснована на системі матеріального заохочення або санкціонування індивідуального праці працівника (безпосередньо пов'язана з оплатою праці);
- громадська матеріальна зацікавленість, виражена в загальному підвищенні добробуту населення на основі зростання економіки, зниження витрат виробництва, зниження собівартості продукції і т.д.;
- колективна матеріальна мотивація, заснована на сучасному характері виробничої кооперації всередині підприємства і спрямована на підвищення ефективності діяльності колективу (наприклад, колективні або бригадні форми оплати праці).

Методи примусової мотивації - це інструмент впливу колективу на кожного його члена в інтересах організації в цілому (найчастіше виступає лише як потенційна можливість).

Методи соціальної мотивації включають засоби морального впливу - від агітації до різних форм індивідуального заохочення, починаючи з виразу простої подяки.

Процедури стимулювання і мотивації співробітників МНК, як і інші аспекти кадрового менеджменту, відрізняються в різних країнах та регіонах світу.

Провідним мотивом професійної діяльності працівника виступає грошова винагорода. Тим часом, як показують результати соціологічних досліджень, питома вага матеріальних стимулів у мотиваційному комплексі варіюється в межах 25-50%. Ішші вигоди, що прагне мати працівник за рахунок належності до організації – це інтерес самої роботи, творчість, привабливість соціальних контактів, суспільна значущість, визнання в суспільстві і т.п.

Примусову мотивацію можна назвати одним з важливих, але маловивчених феноменів. Постає питання: наскільки правомірне введення такого поняття? Якщо мотив – внутрішнє спонукання, то чи може воно бути примусовим? Напевно, усе залежить від того, на основі яких зовнішніх стимулів сформувався мотив. У цілому примусовим мотивам приділяється, на нашу думку, невиправдано мала дослідницька увага [1].

М. Вебер підкреслював вплив відчуження праці, традицій, норм і стереотипів, а також ідеологічних, моральних і релігійних цінностей на трудову мотивацію [2]. «Відчуження праці існує, коли в процесі і в результаті своєї діяльності працівник відтворює зовнішні, не контрольовані ним матеріальні сили і стосунки, які надалі протистоять йому як чужорідні, нав'язані йому умови праці і життя» [3]. Відчуження праці породжується об'єктивними стосунками відділення працівника від творчої праці, а також відділення працівника від власності. Відповідно, відчуження праці проявляється в двох основних формах: відчуження праці як діяльності і відчуження праці від власності.

Примус базується на страху, не перетворює його на чисте насильство. Це досить складна система мобілізації людських здібностей і ресурсів.

Розглядаючи зовнішню мотивацію, Я. Ейдельман виділяє примусову мотивацію як мотивацію, яка не стільки орієнтує суб'єкт на отримання нових благ, скільки на втрату вже наявних [4], підкреслюючи, що до мотивів такого типу відносяться «страх» і «обов'язок» [4].

У даному випадку примусова мотивація розглядається досить «вузько», як мотивація страху без урахування різних форм і методів примусу. Проте важливо відмітити, що примус пов'язується із застосуванням негативних стимулів. Особливий інтерес представляє аналіз чинників, які визначають

пріоритетне використання примусу в якості специфічних стимулів до праці. Примус – особлива система стимулів до праці, характерними рисами якої є: по-перше, використання негативних стимулів – санкцій (погроз погіршення положення суб'єкта), по-друге, обмежена свобода вибору суб'єктом способів поведінки в трудовій сфері, по-третє, механізм примусу діє на рівні первинних, вітальних потреб, задоволення яких потрібне для забезпечення існування суб'єкта. Примус, таким чином, є одним із чинників зовнішньої мотивації. Характеризуючи форми примусу, необхідно, на нашу думку, виділити передусім прямий і непрямий примус. Прямий примус здійснюється в державно-правових формах, виражається в стосунках панування і підпорядкування.

Приклади прямого примусу – праця рабів, кріпаків, ув'язнених, військовополонених. Свободи вибору лінії поведінки в даному випадку немає взагалі. Суб'єкти поведінки, як правило, позбавлені усіх (або більшої частини) громадянських прав і свобод. При цьому рівень задоволення первинних життєвих потреб мінімальний і ледве забезпечує фізичне виживання.

При такій формі примусу у суб'єкта формується особливий домінуючий інтерес – до самозбереження, виживання. Інші інтереси особистості (пов'язані з прагненням поліпшити умови свого існування) пригнічуються, інтерес до праці не формується.

Глибоке відчуження праці, низький рівень задоволеності роботою. Незважаючи на різноманітність історичних форм прямого примусу до праці, його основні риси виразно проявляються. Саме ця форма примусу до праці найменш ефективна з точки зору результатів праці, його продуктивності і якості.

Прямий примус до праці є характерною рисою тоталітарних суспільств, а окремі ознаки прямого примусу до праці можуть проявлятися у будь-яких суспільствах в умовах екстремальних ситуацій (війни, стихійні лиха). Непрямий примус до праці характеризується наявністю у суб'єктів певної (обмеженої) свободи вибору, певних громадянських прав і свобод, проте рівень задоволення первинних потреб залишається близьким до критичного, і домінуючим інтересом суб'єкта залишається самозбереження, виживання, підтримка (але не поліпшення!) умов свого існування. Непрямий примус до праці проявляється у декількох формах.

Економічний примус заснований на відчуженні праці від власності. Головна ознака економічного примусу до праці – відсутність у працівника інших коштів для існування, а значить, і свободи вибору. Адміністративний примус – інша форма непрямого примусу до праці. Ця форма примусу характерна для раннього етапу розвитку капіталістичних відносин, який реалізується через систему негативних стимулів у відносинах суб'єктів, свобода яких обмежується адміністративними рамками. На відміну від прямого примусу суб'єкти володіють громадянськими правами і свободами, але не можуть реалізувати їх повною мірою в сфері праці, і рівень задоволення їх первинних потреб залишається низьким.

Прикладом адміністративного примусу може служити обмеження трудової мобільності через інститут прописки. Соціально-нормативний примус – ще одна форма непрямого примусу до праці. Його особливість – у характері дії на свідомість працівника, він здійснюється через систему етичних, культурних, релігійних та ідеологічних норм, що абсолютизують цінність праці. При цьому свобода вибору поведінки обмежена не стільки адміністративними нормами або економічними умовами, скільки пануючими в суспільстві соціальними нормами, що регламентують поведінку в трудовій сфері.

Технологічний примус – це остання форма непрямого примусу, який формується на основі відчуження праці як діяльності, коли «закріплення» працівника за робочим місцем об'єктивно обумовлене. Він також припускає обмежену свободу суб'єктів у виборі місця застосування праці, низький рівень задоволення їх вітальних потреб. Прикладами технологічного примусу може бути виключно вузька професійна спеціалізація працівника, а також відсутність можливості зміни праці, наприклад, в «монозаводських» містах [5]. Необхідно відмітити, що для непрямих форм примусу не завжди характерний низький рівень задоволеності роботою. Наприклад, при непрямому економічному примусі до праці можливе поєднання середнього і навіть високого рівня загального задоволення роботою (тобто її наявністю як джерела коштів для існування в умовах безробіття) з незадоволенням окремими умовами праці.

При ідеологічному примусі яскраво виражена ідентифікація з громадськими цінностями може формувати високу задоволеність громадською значущістю праці при незадоволенні умовами. Дуже важливо підкреслити тісний зв'язок основних видів примусів. Прямий примус, як правило, реалізується відносно визначеної частини працівників і може поєднуватися з непрямими формами примусів відносно їх іншої частини.

Непрямі примуси, як правило, реалізуються в комплексі. Так, економічний примус може «доповнюватися» адміністративним, технологічним або ідеологічним, і навпаки. Таким чином, примусова мотивація представляє собою внутрішнє спонукання людини до праці, але під впливом системи негативних стимулів в умовах обмеженої свободи заради задоволення передусім потреб існування (виживання). В умовах жорсткого зовнішнього примусу «відмирають» передусім вищі соціогенні потреби в творчості, самореалізації, досягненнях.

Внутрішню мотивацію, яка являє собою невичерпне джерело трудових досягнень. Тому можна назвати примусову мотивацію «псевдомотивацією», підкреслюючи при цьому її неефективність з точки зору використання трудового потенціалу людини. У рамках дослідження примусової мотивації, особливий інтерес представляє розгляд чинників, які визначають формування примусової мотивації. Я. Ейдельман, розглядаючи примусовий тип мотивації, вказує, що він формується під впливом наступних чинників зовнішнього середовища: авторитет влади, соціальна напруженість, зайнятість, зниження життєвого рівня, зниження упевненості в завтрашньому дні, розвиток громадських рухів. На нашу думку, правомірне виділення чинників формування примусової мотивації як на інституціональному і операційному, так і на особистісному рівні.

На інституціональному рівні чинниками примусової мотивації виступають усі форми примусу до праці – як прямий примус, так і різновиди непрямого примусу (економічний, адміністративний і соціально-нормативний примус). Інституціональні умови створюють передумови розвитку технологічного примусу, який реалізується на операційному рівні. На цьому рівні примус до праці проявляється через особливості політики менеджменту по відношенню до персоналу, у тому числі стилю і методів керівництва, політики винагород, найму і звільнення, дотримання прав працівників і надання соціальних гарантій.

Чинником примусу може виступати також характер трудових функцій, що визначають зміст праці на робочому місці. На особистісному рівні чинниками примусової мотивації є об'єктивний рівень конкурентоспроможності працівника, особливості його свідомості і психологічна стійкість. Конкурентоспроможність працівника визначається його соціально-демографічними і професійно-кваліфікаційними характеристиками. У ринкових умовах конкурентоспроможність визначається і зовнішніми умовами – наприклад, кон'юнктурою ринку праці.

Велике значення мають і особисті якості працівника, у тому числі особливості його ціннісної свідомості. Необхідно відмітити, що не лише потреби самого працівника, але й потреби його сім'ї можуть стати чинником примусової мотивації: потреби відтворення поколінь, виживання не лише самого індивіда, але й сім'ї як соціальної спільноти формують специфічні інтереси в трудовій сфері. При вивченні примусової мотивації важливо визначити індикатори «примусовості» праці. Особливості базової мотивації: низький рівень задоволення вітальних потреб, відповідно, зростання їх актуальності, передусім потреб у безпеці; формування виживання як специфічного інтересу, нерозвиненість інших інтересів, пов'язаних з трудовою діяльністю; посилення «ближньої» мотивації (мотивації виживання) і тимчасова відмова від стратегічних життєвих цілей; обмеженість свободи вибору поведінки у сфері праці. Особливості конкретної мотивації: розбіжність структури реальних і проголошуваних мотивів; вузькість, бідність структури реальних мотивів праці; наявність в мотиваційній структурі мотивів стабільності, захищеності; пригнічення внутрішньої мотивації.

При прямому примусі особливості задоволеності роботою – це низький рівень задоволеності роботою; при непрямих формах примусу – поєднання високого рівня загальної задоволеності роботою (тобто її наявністю) і високого рівня показників незадоволення окремими елементами трудової ситуації. В період реформ корінні зміни соціально-економічної системи призвели до радикальної трансформації умов протікання мотиваційних процесів.

Характеризуючи ситуацію, що склалася, в найбільш загальному вигляді можна відмітити, що старі механізми примусу до праці в значній міри зруйновані, але формуються нові, ринкові механізми примусу, які поки не «згладжені» ефективним державним регулюванням і соціальною політикою. В умовах соціальної і економічної нестабільності працівники переживають почуття невпевненості у завтрашньому дні і незахищеності. Значно зростає значення таких цінностей, як стабільність і міцне положення, серед інтересів починає домінувати фізичне виживання, яке стає реальною цінністю для масових груп населення в період реформ.

Важливе значення при формуванні мотиваційного механізму мають принципи, які є основою його розробки і функціонування і дозволяють досягти поставлену мету. Мотиваційний механізм в управлінні персоналом підприємства передбачає вирішення наступних завдань:

− підвищення корпоративної культури і соціальної відповідальності підприємства;

− забезпечення особистісного розвитку та кар'єрного зростання працівників;

− підвищення мотивації та залучення працівників у трудовий процес;

− стимулювання працівників для формування професійних компетенцій і задоволення потенційних можливостей;

− створення умов для максимальної задоволеності працівників робочим місцем. При реалізації завдань мотиваційного механізму важливо враховувати принципи формального і неформального управління персоналом.

Можна виділити ряд принципів формального управління персоналом – це мотивація, вплив влади, наставництво та ін. При розгляді принципу мотивації можна виділити певні заходи, які будуть стимулювати працівників до найбільш сумлінному та ініціативному виконанню своєї роботи, при цьому отримуючи грошову винагороду за виконану працю. При неякісному, несумлінному, непрофесійному виконанні роботи роботодавцем може бути прийнято рішення про скорочення або припинення мотиваційних заходів.

Для того, щоб уникнути низько ефективної діяльності персоналу, керівництву слід постійно застосовувати різні способи його мотивації до ефективної трудової діяльності. При розгляді принципу впливу влади слід зазначити, що роботодавець надає прямий вплив на підлеглих, при цьому працівники зобов'язані підкорятися вимогам керівника.

Принцип наставництва має важливе значення як мотивуючий фактор, що формує відповідальність і прагнення до професійного зростання працівників. До неформальних методів управління можна віднести наступні: довіра керівника до підлеглого і його праці, взаємовиручка, об'єктивність при оцінці результатів роботи підлеглих, врахування інтересів, потреб і можливостей працівників. Між роботодавцем і працівником повинні формуватися соціально-трудові відносини довірчого характеру. Працівник зобов'язаний відповідально, чітко і чесно виконувати свої обов'язки, роботодавець, в свою чергу, не повинен обмежувати права свого підлеглого. Не менш важливим є наявність взаємовиручки.

До результатів праці працівника роботодавець зобов'язаний підходити об'єктивно, враховувати при цьому побажання і прохання свого підлеглого. В основі організованих і налагоджених соціально-трудових відносин між працівником і роботодавцем лежать не тільки інтереси роботодавця, але і облік особистих інтересів, потреб і потенційних можливостей його працівників, що сприятиме підвищенню продуктивності праці і зростання їх зацікавленості в результативній трудовій діяльності.

Для того, щоб досягти основну мету мотиваційного механізму з використанням вищевикладених принципів, керівництву доцільно застосовувати в практичній роботі різні методи мотивації персоналу. Вчені виділяють методи мотиваційного характеру і класифікують їх на методи прямої мотивації та методи непрямої (примусової) мотивації [5, 6].

Методи прямої мотивації можна умовно розділити на матеріальну (грошову) і нематеріальне стимулювання. Щодо матеріального стимулювання можна відзначити, що результатом його застосування є зростання добробуту працівників в обмін на більш продуктивну роботу. Грошова винагорода працівника є одним з найбільш ефективних і поширених методів стимулювання персоналу. Але грошове стимулювання ефективно в тому випадку, якщо працівник вважає заробітну плату справедливою і гідною щодо його праці. Проте в даний час, з урахуванням специфіки діяльності багатьох підприємств і організацій, дуже часто складається ситуація, коли роботодавцю складно об'єктивно оцінити ефективність і обсяг роботи у багатьох працівників у зв'язку з відсутністю її прямої оцінки. Це призводить до відсутності диференціації в оплаті праці і є причиною незадоволення оплатою праці, що призводить до зниження його продуктивності. Заробітна плата завжди є важливою частиною системи оплати і стимулювання праці, а також виступає одним з найбільш ефективних інструментів впливу на ефективність праці персоналу підприємства [7]. Також труднощі додає встановлення надмірно високої мінімальної заробітної плати. Для успішного впровадження матеріальної мотивації на підприємстві слід мати достатній фонд оплати праці, який дозволяє крім мінімальної заробітної плати надавати значну надбавку для стимулювання. При цьому роботодавець не може сплачувати заробітну плату менш мінімальної.. Крім грошового стимулювання, керівництво може застосовувати такі види стимулювання, як надання або оплата путівок на санаторно-курортне

оздоровлення працівника, надання допомоги в отриманні житла, у вирішенні питання із влаштуванням дітей у дитячі садки, забезпечення харчуванням (в тому числі безкоштовним) та службовим транспортом. До додаткового стимулювання працівників також можна віднести знижки на придбання продукції фірми, надання медичних послуг та ін.

Стимулювання працівників у неробочий час, то можна виділити задоволення потреб персоналу у відпочинку, а також соціально-психологічних потреб, що передбачає надання працівнику часу для вирішення питань, пов'язаних з особистими інтересами. Це можуть бути задоволення потреб у самовираженні і самоактуалізації, виражене у можливості кар'єрного зростання, бажаного переведення на інше місце роботи всередині даного підприємства. Роботодавець також може запропонувати, за необхідності, роботу з гнучкими формами зайнятості – гнучким графіком, неповним робочим днем, що дозволить бути задіяними у трудовій діяльності жінкам, які мають малолітніх дітей, студентам, неповнолітнім, особам з обмеженими можливостями здоров'я [8].

Гнучкі форми зайнятості в роботі для працівника надають позитивні ефекти. Так, працівник, залежно від трудового договору, оформившись на роботу з гнучкими формами зайнятості, отримує конкретний обсяг роботи, який необхідно виконати за певні встановлені терміни, або скорочений робочий час, а також можливість роботи, яка здійснюється дистанційно (на дому). Нематеріальне стимулювання класифікується на соціальний, моральний, соціально-психологічний.

Соціальне стимулювання передбачає престижність роботи, можливість прийняття рішень самостійно та інші права. Моральне стимулювання пов'язане з наданням керівництвом можливості для реалізації творчого потенціалу та визнання працівника. На підставі того, як складаються соціально-психологічні відносини працівника з керівництвом і трудовим колективом, також формується задоволеність працею.

Непряма (примусова) мотивація базується на примушенні працівника виконувати те чи інше завдання, доручене керівництвом. Як правило, при надмірному застосуванні примусової мотивації відбувається обмеження бажань та потреб працівників. Інструментарієм даного методу є різні розпорядчі документи, такі як накази, розпорядження та ін. Під впливом методів прямої і непрямої мотивації в правильній пропорції працівники здійснюють свою трудову діяльність найбільш раціонально та ефективно, досягаючи при цьому найкращих кінцевих результатів, підвищуючи продуктивність праці. Керівник при використанні різних методів мотивації повинен враховувати не тільки соціальні, але і психологічні фактори впливу на поведінку персоналу, враховуючи особистісні та психологічні особливості його поведінки.

Все частіше на сучасних підприємствах можна спостерігати ситуацію, коли керівництво вважає за необхідне в більшій мірі використовувати методи морального стимулювання. Це пов'язано з тим, що у підприємства не завжди є фінансові засоби і можливості для підтримання належного рівня матеріальної мотивації працівників з допомогою грошового стимулювання. При цьому моральне стимулювання для керівництва підприємства обходиться значно дешевше. На підставі узагальнення вищевикладеного в табл. 1. систематизовано та узагальнено пріоритетні види матеріального та нематеріального стимулювання працівників [9, 10, 11, 12].

Процес роботи на підприємстві керівнику слід організувати таким чином, щоб був дотриманий баланс інтересів і потреб працівників із завданнями та інтересами керівництва, а також розвитком підприємства в цілому. Впливаючи на трудову поведінку працівника, керівнику необхідно більш ретельно аналізувати і підбирати форми і методи стимулювання персоналу (табл. 1).

Праця має бути організованою так, щоб працівник міг реалізувати свої можливості, розвинути та застосувати у практичній діяльності всі свої професійні якості. Для працівника дуже велике значення має пряма мотивація у вигляді грошового стимулювання, проте керівництву не можна забувати і про ефективність нематеріального стимулювання.

Основні висновки зводяться до наступного:

1. Формування діючої трудової мотивації є важливою ланкою в ланцюзі перетворень, що здійснюються в ході трансформації вітчизняної економіки. В умовах ринку від працівників потрібно уміння так організувати свою працю, щоб їх віддача була максимальною. При цьому важливим фактором посилення трудового потенціалу повинна стати особиста зацікавленість працівників, заснована на можливості задоволення своїх соціальних і фізіологічних потреб. Мотивація – це мистецтво, креативність і тонке відчуття психології потреб та мотивів працівників, що спонукає персонал до діяльності, яка співпадає із бажаннями, інтересами та позиціями менеджера і організації.

2. Мотиваційний механізм є комплексом організаційно-економічних, матеріально-технічних та соціально-психологічних інструментів і методів спонукання до ефективної праці для забезпечення досягнення мети мотиваційної політики. Розробка ефективного мотиваційного механізму має стратегічне значення для підприємств. Розуміння, формування і задоволення потреб персоналу є основою створення цього механізму, а отже вирішальним кроком до досягнення мети діяльності підприємства. Запровадження ефективного мотиваційного механізму сприяє підвищенню конкурентоспроможності, продуктивності і, в кінцевому результаті, прибутковості підприємства. Також це дозволяє вийти підприємству на економічно новий рівень розвитку і відкриває можливості реалізувати свої можливості на світовому рівні.

Таблиця − 1 Пріоритетні види матеріального і нематеріального стимулювання працівників.
Table − 1 Priority types of material and non-material stimulation of employees.

Матеріальне стимулювання	Нематеріальне стимулювання
− заробітна плата, премії, надбавки, бонуси, коефіцієнти; − організація харчування та субсидії на харчування; − оплата санаторно-курортного лікування працівників; − участь працівників у прибутках; − плани додаткових виплат; − участь працівників в акціонерному капіталі; − знижки на придбання продукції підприємства; − надання медичних послуг, часткова компенсація їх вартості; − організація навчання і підвищення кваліфікації працівників; − надання допомоги у придбанні працівником житла; − оплата транспортних витрат до місця відпочинку і лікування; − надання службового транспорту; − оплачувані невихід працівника на роботу (з поважних причин) та ін.	− надання працівникові (за бажанням і за необхідності) гнучких форм зайнятості; − надання в робочий час (на прохання працівника) можливості для вирішення питань, пов'язаних з особистими інтересами; − надання допомоги у вирішенні питання з влаштуванням дітей працівників у дитячі садки; − забезпечення професійного розвитку та особистісного кар'єрного зростання; − створення сприятливої психологічної обстановки в колективі, довірчих соціальнотрудових відносин між роботодавцем і найманим працівником; − надання можливості працівникам (в залежності від посади та рівня компетентності) права приймати рішення самостійно, у тому числі можливості особисто керувати процесом виробництва та ін.

3. Повністю здолати примусову мотивацію неможливо – у певних формах вона існує і в розвинених країнах. Проте можна ставити завдання зниження міри її поширення. На нашу думку, посилення примусової мотивації в період становлення ринкової економіки досить об'єктивно, оскільки старі механізми мотивації (у тому числі соціальна захищеність, патерналізм і потужна ідеологія) зруйновані, а нові ринкові механізми формуються на тлі бідності, страху, відсутності реального соціального захисту масових груп населення. Ринкові механізми мотивації, які відрізняються від примусу (винагорода і спонукання), за кордоном формувалися поступово, по мірі усвідомлення неефективності примусу в якості стимулу до продуктивної праці з високою мірою прояву активності, ініціативи і творчості. Формування таких механізмів в Україні – задача, яку необхідно вирішувати у найближчій перспективі.

Перелік посилань

1. Бродська О. Формування корпоративного духу //Секретарь-референт. –2008. – №6. – С. 38-41.
2. Бакурова А. В. Самоорганізація соціально-економічних систем: Моделі і методи : монографія / А.В. Бакурова. – Запоріжжя : КПУ, 2010. – 328 с.
3. Баник О. Сучасні проблеми мотивації праці та їх вплив на ефективну діяльність підприємств // Вісник Хмельницького національного університету, №2. Т. 2, 2010. – С. 87-91.
4. Богиня Д.П. Трудовий менталітет у системі мотивації праці/Д.П. Богиня, М.В. Семикіна – Кіровоград: Поліграф-Терція, 2010.
5. Балабанова, Л.В. Управління персоналом / Л. В. Балабанова, О. В. Сардак. – К. : Професіонал, 2006. – 512 с.
6. Грабовська І.В. Роль інженерної системи в розвитку інноваційної діяльності. // Вісник Технологічного університету Поділля. №3, 2009/ Т.2. – С. 46.
7. Воронкова В.Г. Управління людськими ресурсами: філософські засади. Навчальний посібник / В.Г. Воронкова. – К.: Професіонал, 2006. – 576 с.

8. Гавкалова Н. Теоретичні засади ефективного менеджменту персоналу / Н.Гавкалова // Україна: аспекти праці. – 2005. – №3.

9. Громко Л.С. Принципи управління персоналом в умовах антикризової діяльності підприємства: методологічний аспект. Економіка та управління підприємствами. 2018. Випуск 36. С. 109-113.

10. Денисенко М.П. Підвищення індексу людського капіталу – важлива складова інноваційної кадрової політики підприємства / Денисенко М.П., Будякова О.Ю. – Економіка та держава, 2019, №4. – с. 11-17.

11. Технології управління персоналом: монографія / О.А. Гавриш та ін. Київ, НТУУ, КПІ ім. І. Сікорського, 2017. – 528 с.

12. Корольков В.В., Бабенко Д.О. Удосконалення мотиваційного механізму управління персоналом. Електронне наукове фахове видання «Ефективна економіка», 2020. – С. 7.

IMPROVEMENT OF THE MOTIVATIONAL MECHANISM OF PERSONNEL MANAGEMENT

Levchuk Natalia M., Candidate of Economical Sciens, Associate Professor of Department of Economics
https://orcid.org/0000-0003-1296-7182
Petrovska Svetlana I. Candidate of Economical Sciens, Associate Professor of Department of Economics
https://orcid.org/0000-0003-3561-5729

Abstract. The article discusses the main methods of motivation. Little-studied coercive motivation and forms of coercion were studied. Tasks of the motivational mechanism and a number of principles of formal and informal personnel management are singled out. Specific features of basic and specific motivation and job satisfaction are determined. Methods of direct and forced motivation are analyzed. The priority types of material and non-arterial stimulation of employees have been determined. The development and implementation of effective motivational models helps to increase the competitiveness, productivity and profitability of the enterprise.

Key words: motivation, motivational mechanism, social motivation, forced motivation, external motivation, compulsion, stimulation.

References

1. Brods′ka O. Formuvannya korporatyvnoho dukhu //Sekretar′-referent. –2008. – №6. – С. 38-41. [in Ukrainian].

2. Bakurova A. V. Samoorhanizatsiya sotsial′no-ekonomichnykh system: Modeli i metody: monohrafiya / A.V. Bakurova. – Zaporizhzhya : KPU, 2010. – 328 s. [in Ukrainian].

3. Banyk O. Suchasni problemy motyvatsiyi pratsi ta yikh vplyv na efektyvnu diyal′nist′ pidpryyemstv // Visnyk Khmel′nyts′koho natsional′noho universytetu, №2. T. 2, 2010. – S. 87-91. [in Ukrainian].

4. Bohynya D.P. Trudovyy mentalitet u systemi motyvatsiyi pratsi/D.P. Bohynya, M.V. Semykina – Kirovohrad: Polihraf-Tertsiya, 2010. [in Ukrainian].

5. Balabanova, L.V. Upravlinnya personalom / L. V. Balabanova, O. V. Sardak. – K. : Profesional, 2006. – 512 s. [in Ukrainian].

6. Hrabovs′ka I.V. Rol′ inzhenernoyi systemy v rozvytku innovatsiynoyi diyal′nosti. // Visnyk Tekhnolohichnoho universytetu Podillya. №3, 2009/ T.2. – S. 46. [in Ukrainian].

7. Voronkova V.H. Upravlinnya lyuds′kymy resursamy: filosofs′ki zasady. Navchal′nyy posibnyk / V.H. Voronkova. – K.: Profesional, 2006. – 576 s. [in Ukrainian].

8. Havkalova N. Teoretychni zasady efektyvnoho menedzhmentu personalu / N.Havkalova // Ukrayina: aspekty pratsi. – 2005. – №3. [in Ukrainian].

9. Hromko L.S. Pryntsypy upravlinnya personalom v umovakh antykryzovoyi diyal′nosti pidpryyemstva: metodolohichnyy aspekt. Ekonomika ta upravlinnya pidpryyemstvamy. 2018. Vypusk 36. S. 109-113. [in Ukrainian].

10. Denysenko M.P. Pidvyshchennya indeksu lyuds′koho kapitalu – vazhlyva skladova innovatsiynoyi kadrovoyi polityky pidpryyemstva / Denysenko M.P., Budyakova O.YU. – Ekonomika ta derzhava, 2019, №4. – s. 11-17. [in Ukrainian].

11. Tekhnolohiyi upravlinnya personalom: monohrafiya / O.A. Havrysh ta in. Kyyiv, NTUU, KPI im. I. Sikors′koho, 2017. – 528 s. [in Ukrainian].

12. Korol′kov V.V., Babenko D.O. Udoskonalennya motyvatsiynoho mekhanizmu upravlinnya personalom. Elektronne naukove fakhove vydannya «Efektyvna ekonomika», 2020. – S. 7. [in Ukrainian].

УДК 338.245.4 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-395-400**
UDC 338.245.4

ЕФЕКТИВНІСТЬ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ НА ПІДПРИЄМСТВІ

EFFICIENCY OF RESEARCH OF MANAGEMENT SYSTEMS AT THE ENTERPRISE



Ложачевська Олена Михайлівна, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, Київ, Україна, l.lytvyshko@ntu.edu.ua,

https://orcid.org/0000-0001-9315-046X

Анотація. У статті розкривається основна ідея щодо ефективності дослідження систем управління підприємством. Встановлено, що наразі весь бізнес перебуває у кризовому стані, а тому діяльність підприємств переходить у режим антикризового управління. Аналіз досвіду українських підприємств протягом останніх трьох років світової кризи дає змогу зробити висновок, що руйнування системи управління найчастіше відбувається у дві фази, коли після різкого погіршення системи управління настає період поступової стабілізації (адаптації). ситуації. Практика також показує, що підприємства, які затрималися на першому етапі, ризикують опинитися на межі фінансового банкрутства. Тому основними завданнями управління в кризових ситуаціях є попередження або пом'якшення шокового стану, який характеризується відсутністю планування, неефективним управлінням, порушенням міжособистісних і міжгрупових відносин, хаосом в організаційній структурі. Це призвело до дослідження методів антикризового аналізу діяльності підприємств.

Встановлено, що дослідження систем управління доцільно здійснювати у двох напрямках, а саме: дослідження фінансового антикризового управління та проведення комплексного аналізу ефективності бізнес-процесів підприємства. Розглянуті методи бізнес-аналітики. Доведено, що комплексне застосування моделей бізнес-аналітики призведе до ефективного дослідження системи управління підприємством. Можливість використання різних методів діагностики дозволяє отримати комплекс принципово нових даних про управління об’єктами, що діагностуються, і зробити відповідні висновки щодо його економічного і соціального розвитку.

У статті висвітлено моделі прогнозування, призначені для визначення цілей і перспектив розвитку підприємства. Встановлено, що позитивний ефект дослідження систем менеджменту забезпечується проведенням комплексного аналізу з використанням ефективних фінансово-управлінських інструментів.

Ключові слова: ефективність дослідження, система управління, методи дослідження, підприємство, бізнес-процеси, антикризове управління.

Постановка проблеми. В сучасних політичних умовах більшість підприємств України знаходяться під впливом конкуренції, інфляції, нестабільності інвестиційної ситуації і кредитної системи. Їх діяльність характеризується недостатністю власних джерел фінансування, нестабільністю зовнішніх зв’язків і внутрішніх факторів розвитку та інших ризиків, в результаті чого вони можуть опинитися у кризовій ситуації, яка потребує розробки адекватних механізмів управління. Тому наразі і стає питання вибору ефективного дослідження системи управління підприємством.

Ефективність будь-яких досліджень полягає не тільки у їхніх завершення й впровадження, а й тоді, коли вони починають давати результат. Час їх виконання має велике значення. Тому час розроблення прикладних тем по можливості повинна бути коротшою. Кращим є такий варіант, коли тривалість їхньої розробки не перевищує трьох років. Для більшості прикладних досліджень імовірність отримання ефекту у цей час перевищує 80% [1, с.44]. Вибір потрібного методу дослідження та моніторингу системи управління саме в умовах сучасної кризи є запорукою стійкості ведення бізнесу.

Аналіз і огляд останніх досліджень. Наразі в науковій літературі приділяється багато уваги управлінню підприємствам. Дослідники визначають методи дослідження, що характеризують діяльність та сучасний стан підприємств. Системам управління підприємств присвячені праці вчених: Білуха М.Т. [1],.Городецькій М.Я. [4], Грязнова А.Г. [2], Епифанов А. А. [3], Козьменко С. Н. [3], Компанець К.А. [4], Литвишко Л.О. [4], Тисячук І.О[6],.Ткаченко О.В. [7], Федотова М.А. [1] та інші.

Білуха М.Т. визначає особливість наукових досліджень. «Особливості використання бізнес аналітики адміністративному менеджменті під час пандемії Covid 19.» [4] - авторами формується головна ідея застосування методів досліджень та визначається їх роль в управлінні підприємством.

Незважаючи на велику базу досліджень в сфері діяльності підприємств, залишаються не розкритим питання ефективності дослідження систем управління підприємств. Саме це і дало підстави для визначення мети наукової статті.

Мета дослідження. Визначення ефективності дослідження систем управління підприємства.

Основна частина. Аналіз досвіду українських підприємств дає можливість зробити висновок, що кризи найчастіше проходять у дві фази, коли після різкого погіршення ситуації наступає період поступової стабілізації (адаптації). Практика також показує, що підприємства, які затримуються на першій фазі, ризикують опинитися на межі фінансового банкрутства. Саме тому основними завданнями менеджменту в кризових ситуаціях є недопущення або пом’якшення шокового стану, якому властиві відсутність планування, неефективне управління, розрив міжособових і міжгрупових відносин, хаос у структурі організації [2, с. 43]. Також необхідно прагнути до скорочення періоду першої фази, для якої є характерними короткотермінове планування та авторитарний стиль керівництва, до прискорення процесу адаптації і стабілізації ситуації, тобто повернення до довготермінового планування, а також спільного координування роботи підрозділів підприємства, гнучкому і творчому вирішенню проблем тощо.

Завдання сучасної системи управління є:

- забезпечення фінансової стійкості та незалежності підприємства;
- забезпечення ефективного використання ресурсів;
- підтримання інвестиційної привабливості підприємства;
- забезпечення інноваційного розвитку підприємства;
- захист персоналу, інформації, майна та капіталу підприємства.

Переважно завдання з управління економічною безпекою, ризиками та антикризового менеджменту виконують одні і ті ж посадові особи чи структурні підрозділи.

В даний час виникнення кризових ситуацій, що призводять до банкрутства підприємств, обумовлене неправильним управлінням і зовнішніми факторами, що характеризують економічну обстановку, в якій функціонує підприємство і від якого воно не може не залежати. В цих умовах необхідно ефективно використовувати методи дослідження існуючої системи управління підприємством. Наразі в науковій літератури приділяють увагу визначені методів дослідження при антикризовому управлінні, а саме: моніторинг, контролінг, диверсифікацію, реструктуризацію і санацію підприємства. Сутнісна характеристика та сфери застосування цих методів наведено в таблиці 1.

Як бачимо, усі методи доцільно класифікувати за фазами розгортання кризи та за універсальністю для всіх етапів підприємства в кризовому становищі. Оскільки комплексною характеристикою результатів функціонування підприємства є його фінансовий стан, то надалі досліджується саме моніторинг фінансового стану підприємства.

Багато намагань формалізувати процес ефективності дослідження системи управління підприємств в кризисному стану доцільно розкрити різні підходи до оцінки підприємств з точки зору антикризового управління.

В цілому дані підходи включають два основних напрямки:

- аналіз і діагностика фінансового стану підприємства;
- управлінський аналіз.

Необхідно підкреслити, що зазначені напрямки в жодному разі не суперечать, а доповнюють один одного.

Таблиця 1 – Класифікація методів дослідження при антикризовому управління
Table 1 – Classification of research methods in anti-crisis management

Метод	Сутність	Застосування
Моніторинг	Дослідження, оцінка та прогноз стану навколишнього середовища у зв'язку з господарською діяльністю підприємства.	Моніторинг зовнішнього та внутрішнього середовища підприємства з метою раннього виявлення кризи, яка насувається, та «слабких її сигналів», тобто моніторинг потрібен упродовж всього життєвого циклу підприємства.
	Певна функція у системі управління підприємством, яка аналізує та координує систему виконання виробничих програм у порівнянні з плановими показниками.	Впроваджують на стадії створення підприємств та на підприємствах, які перебувають у фінансовій кризі.
Контролінг	Контролінг є постачальником інформації, необхідної для функціонування системи управління на підприємстві, її аналізу та обробки.	Впровадження системи раннього попередження та реагування, що має на меті прискорити виявлення кризових явищ. Розробка санаційної концепції та плану санації, що має здійснюватися в тісному співробітництві із зовнішніми експертами.
Диверсифікація	Розширення сфери діяльності суб'єкта господарювання в будь-якому напрямку, щоб не бути залежним від одного ринку.	На початку створення підприємства; При перших ознаках кризи.
Реструктуризація	Здійснення організаційно-економічних, правових, виробничо-технічних заходів, спрямованих на зміну структури підприємства, його управління, форм господарювання, які можуть забезпечити підприємству фінансове оздоровлення, збільшення обсягів випуску конкурентоспроможної продукції, підвищення ефективності виробництва.	На ранніх етапах життєвого циклу підприємства та коли вже криза неминуча, проте на цьому етапі реструктуризація проходить складніше. Переважно на подолання причин стратегічної кризи та кризи прибутковості.
Санація зовнішня	Система фінансово-економічних, виробничо-технічних, організаційно-правових та соціальних заходів, спрямованих на досягнення платоспроможності, ліквідності, прибутковості і конкурентоспроможності підприємства-боржника в довгостроковому періоді.	За виникнення загрози банкрутства. На відновлення ліквідності й платоспроможності та, як і при реструктуризації, на відновлення прибутковості й конкурентоспроможності.
Санація внутрішня	Сукупність усіх можливих заходів, які здатні привести підприємство до фінансового оздоровлення за рахунок власних джерел.	За виникнення загрози банкрутства.

Джерело: сформовано автором

Існуючі методики аналізу і діагностики фінансового стану підприємства можна класифікувати таким чином:

1. Офіційна процедура діагностики кризового стану підприємства;
2. Концепція експрес-діагностики кризи;
3. Модель Бівера;
4. Двофакторна модель Альтмана;
5. Z-рахунок Альтмана (п'ятифакторна модель);
6. Модель Тоффлера;
7. PAS-коефіцієнт. Тренд Z-коефіцієнта;
8. Чотирьохфакторна R-модель ризику банкрутства;
9. Рейтингове число (Сайфуллін, Кадиков);
10. Шестифакторна модель Зайцевої;
11. А-рахунок Аргента;
12. Методика діагностики кризи з урахуванням специфіки галузей;
13. Якісні методи прогнозування кризи.

Але, незважаючи на велику кількість підходів до прогнозування банкрутства, в Україні немає єдино сформованої моделі, яка б дала змогу кваліфіковано оцінити перспективний фінансовий стан підприємства.

Критична оцінка домінуючих у вітчизняній теорії й практиці методологічних підходів до діагностики фінансової кризи дозволяє виокремити такі їх недоліки:

- неврахування галузевих особливостей об'єкта діагностики;
- недостатнє теоретичне та емпіричне обґрунтування критичних точок (чи інтервалів) для окремих фінансових індикаторів та довільність фіксування нормативних значень фінансових показників;
- суб'єктивність відбору показників, які підлягають аналізу;
- неврахування факту різної вагомості впливу окремих показників на загальні результати аналізу;
- ігнорування показників, які розраховуються на базі чистого грошового потоку [7, с. 38].

Таким чином, сучасний керівник має досить великим набір методик діагностики фінансового стану підприємства. Тому, при аналізі фінансового стану підприємства необхідно прагнути до комплексного використання декількох методик для отримання більш достовірних результатів [3, с. 411].

Низка авторів також обґрунтовують тезу про доцільність універсальних моделей прогнозування фінансової неспроможності підприємства. Їх аргументи зводяться до того, що класифікаційні моделі з відносно незначною кількістю показників є надзвичайно ефективними, відносно простими у використанні і досить зрозумілими. Такі моделі є незалежними відносно галузі, тобто можуть не враховувати галузевих особливості. Тобто використання декілька методик оцінки фінансового стану підприємства можуть привести до ефективного дослідження кризисного становища.

Існують критичні показники для оцінки можливого банкрутства фірми, які є одними з ефективних інструментів при антикризовому управлінні. Вони діляться на дві групи.

Перша група показників свідчить про можливі фінансові ускладнення і про ймовірність банкрутства в майбутньому: повторюються суттєві втрати в основній діяльності, що виражаються в постійному спаді виробництва, скороченню обсягів продажу та постійній збитковості; наявність простроченої кредиторської та дебіторської заборгованості; низькі значення кредиторської та дебіторської заборгованості; збільшення до небезпечних меж частки позикового капіталу в загальній його сумі; дефіцит власного оборотного капіталу; наявність наднормативних запасів сировини і готової продукції; зниження виробничого потенціалу [5, с. 19].

Друга група включає показники, які сигналізують про можливість різкого погіршення фінансового стану в майбутньому за неприйняття дієвих заходів: надмірна залежність підприємства від будь-якого одного конкретного проекту, типу обладнання, виду активу, ринку сировини або ринку збуту; недооцінка оновлення техніки і технології; втрата досвідчених працівників апарату управління; вимушений простій, неритмічна робота; участь підприємства в судових розглядах з непередбачуваним результатом; політичний ризик; недостатність капітальних вкладень.

Як зазначено раніше ефективне дослідження системи управління підприємства базується не тільки на використані методів фінансової стабільності але і на управлінському аналізі. Система управління підприємства складається з низки бізнес процесів, дослідження яких є досить складним.

Управління бізнес-процесами в автотранспортних підприємствах передбачає їх постійне поліпшення та оптимізацію, тому найважливішими інструментами процесного управління є підходи і методи вдосконалення бізнес-процесів, які керуються за допомогою адміністративних систем управління з використанням прийомів бізнес-аналітики [4]. У сучасному процесному управлінні виділяють два концептуальні підходи до вдосконалення бізнес-процесів:

– поступовий (покроковий) підхід удосконалення процесів (за Демінгом) у рамках існуючої організаційної структури управління, що вимагає незначних капіталовкладень або не потребує їх узагалі;

– кардинальний підхід (за Хаммером та Чампі), що веде до суттєвих змін процесу та фундаментальних змін в організаційній структурі управління [6].

Обидва підходи базуються на загальних фундаментальних процесних теоріях та методології управління процесами (опис між процесами, опис самого процесу, встановлення контрольних точок у процесах, вимір показників процесу, аналіз отриманої інформації та пропозицій щодо вдосконалення). Вони єдині в тому, що спрямовані на виявлення дублювання функцій, вузьких місць, витратних центрів, якості окремих операцій, відсутності інформації, можливості автоматизації та управління якістю. Ці підходи забезпечують надійне адміністративне управління автотранспортним підприємством, дають змогу вирішувати проблеми управління та мотивації персоналу на підприємстві, що, своєю чергою, сприяє підвищенню продуктивності праці на кожному робочому місці [4].

Можливість використання різних методів діагностики дозволяє отримати комплекс принципово нових даних щодо управління об'єктами, що діагностуються, і зробити відповідні висновки щодо його економічного та соціального розвитку. Дані моделі прогнозування покликані визначити цілі та перспективи розвитку підприємства. Вони є найбільш точним і якісним методом передбачення, що допомагає побачити накопичені проблеми минулого, від яких треба вчасно звільнятися, та зрозуміти перспективу нових ідей, корисних для підприємства. Практичне використання таких моделей на підприємствах - одна з першочергових задач і один із головних резервів їхньої господарської діяльності.

Також слід розуміти, що позитивний ефект дослідження систем управління відбувається від проведення комплексного аналізу з використанням ефективних фінансових та управлінських інструментів.

Висновки. Тобто, доведено, що ефективність дослідження систем управління підприємства залежить від комплексності проведеного аналізу. Необхідність застосування різних методів та методологій оцінки фінансового стану і особливо аналізу управлінських бізнес процесів. Вибір вірного методу дослідження в сучасних кризисних умовах є запорукою ефективного управління підприємством.

Перелік посилань

1. Білуха М.Т. Основи наукових досліджень. підручник для студ. вузів екон.спец. К.; Вища школа, 2017.С. 271
2. Грязнова А.Г., Федотова М.А. Антикризисний менеджмент. "ТАНДЕМ". 2019. С. 368
3. Епифанов А. А., Козьменко С. Н. Менеджмент для магістрів: Суми. 2013. С.762 с.
4. Компанець К.А., Литвишко Л.О., Городецькій М.Я. Особливості використання бізнес аналітики адміністративному менеджменті під час пандемії Covid 19. Електронний науково-практичний журнал «Інфраструктура ринку». Випуск 55. 2021 [Електронний ресурс]. — Режим доступу до ресурсу: DOI: https://doi.org/10.32843/infrastruct55-17 (дата звернення: 11.09.2021).
5. Плескач, М. Методологічні особливості антикризового регулювання української економіки. Науковий вісник. 2007. № 17.4. С. 18-24.
6. Тисячук І.О. Підходи до оптимізації бізнеспроцесів на підприємстві. [Електронний ресурс]. — Режим доступу до ресурсу: https://conferences. vntu.edu.ua/index.php/all-fm/all-fm-2016/paper/view file/710/375 (дата звернення: 11.09.2021).
7. Ткачевська, О. В. Суть антикризового управління підприємством. Економіка АПК. 2012. № 3. С. 127-131

EFFICIENCY OF RESEARCH OF MANAGEMENT SYSTEMS AT THE ENTERPRISE

Lozhachevska Olena M., Doctor of Economics, Professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine, o.lozhachevska@ntu.ua, https//orcid.org/0000-0001-8462-925X

Abstract. The article reveals the main idea regarding the effectiveness of the study of enterprise management systems. It has been established that the entire business is currently in a state of crisis, and therefore the activities of enterprises are moving into the mode of anti-crisis management. Analysis of the experience of Ukrainian enterprises during the last three years of the global crisis makes it possible to conclude that the destruction of the management system most often occurs in two phases, when a period of gradual stabilization (adaptation) follows a sharp deterioration of the situation. Practice also shows that enterprises that are delayed in the first phase risk being on the verge of financial bankruptcy. That is why the main tasks of management in crisis situations are the prevention or mitigation of a shock state, which is characterized by a lack of planning, ineffective management, a breakdown in interpersonal and intergroup relations, and chaos in the organizational structure. This led to a study of methods of anti-crisis analysis of enterprises.

It has been established that the study of management systems should be carried out in two directions, namely: the study of financial anti-crisis management and conducting a comprehensive analysis of the effectiveness of the enterprise's business processes. It has been proven that the complex application of business analytics models will lead to an effective study of the enterprise management system. The possibility of using different methods of diagnosis allows to obtain a set of fundamentally new data on the management of objects being diagnosed and to draw appropriate conclusions regarding its economic and social development.

Forecasting models designed to determine the goals and prospects of the enterprise's development are highlighted in the article. It has been established that the positive effect of the study of management systems comes from conducting a comprehensive analysis using effective financial and management tools.

Keywords: research efficiency, management system, research methods, enterprise, business processes, anti-crisis management.

References

1. Bilukha M.T.(2017) Osnovy naukovykh doslidzhen [Basics of the scientific research]. textbook for students. universities of economics. K.; Higher school, P. 271[in Ukrainian]

2. Gryaznova A.G., Fedotova M.A. (2019) Antykryzysnyi menedzhment [Anti-crisis management]. "TANDEM". P. 368[in Ukrainian]

3. Epifanov A.A., Kozmenko S.N. Menedzhment dlia mahistriv [Management for Masters]. Sumy. 2013. P.762 p. [in Ukrainian]

4. Kompanets K.A., Litvyshko L.O., Horodetskyi M.Ya. Osoblyvosti vykorystannia biznes analityky administratyvnomu menedzhmenti pid chas pandemii Sovid 19. [Peculiarities of the use of business analytics in administrative management during the covid 19 pandemic] Electronic scientific and practical journal "Market Infrastructure". Issue 55. 2021 Retrieved from: DOI: https://doi.org/10.32843/infrastruct55-17 (access date: 11.09.2021). [in Ukrainian]

5. Pleskach, M. (2017) Metodolohichni osoblyvosti antykryzovoho rehuliuvannia ukrainskoi ekonomiky [Methodological features of anti-crisis regulation of the Ukrainian economy] Scientific Bulletin. No. 17.4. P. 18-24. [in Ukrainian]

6. Tysiachuk I.O.(2016) Pidkhody do optymizatsii biznesprotsesiv na pidpryiemstvi [Approaches to optimizing business processes at the enterprise]. Retrieved from: https://conferences. vntu.edu.ua/index.php/all-fm/all-fm-2016/paper/view file/710/375 (access date: 11.09.2021). [in Ukrainian]

7. Tkachevska. O. V. (2012) Sut antykryzovoho upravlinnia pidpryiemstvom. [The essence of anti-crisis management of the enterprise]. Economy of agro-industrial complex. No. 3. P. 127-131[in Ukrainian]

УДК 338.47:656
UDC 338.47:656
DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-401-414

АНАЛІЗ ДІЇ РИНКОВИХ ЧИННИКІВ, ЯКІ ВИКЛИКАЮТЬ НОВІТНІ ТЕНДЕНЦІЇ РИНКУ ВИКОРИСТАННЯ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

ANALYSIS OF THE EFFECTS OF MARKET FACTORS WHICH CAUSE THE LATEST TRENDS OF THE USE OF FREIGHT WAGONS MARKET



***Бакалінський О.В.**, доктор економічних наук, професор кафедри «Менеджмент», Національний транспортний університет, Київ, Україна,*

https://orcid.org/0000-0003-1215-7470



***Маліцький В.В.**, аспірант кафедри «Менеджмент», Національний транспортний університет, Київ, Україна, vitalij81@ukr.net*

https://orcid.org/0000-0001-9210-5165

Анотація. Перехід АТ «Укрзалізниця» на ринкову реалізацію послуг з використання вантажних вагонів обумовив падіння попиту на вагони товариства за останні три роки більш ні у 1,5 рази. При цьому зниження загальних обсягів транспортування вантажів залізничним транспортом склало близько 3%. Метою цієї роботи є дослідження ринкових чинників, що вплинули за зміну попиту на вагони АТ «Укрзалізниця». Пропонується сформувати тенденції ринку послуг з використання вантажних вагонів.

Дослідження показало, що структура попиту на вагони АТ «Укрзалізниця» нерівномірна. Вона напряму залежить від типів вагонів, що пропонуються, їх стану, ціни використання, а також виду вантажу, що перевозиться. Найбільшим попитом серед клієнтів користуються вантажні вагони для перевезення масових вантажів (сировина, зернові, нафтопродукти, метали і вироби з них). Найбільших дохід компанії від цієї послуги генерують великі клієнти. Здебільшого вони замовляють вагони для транспортування масових вантажів. Попит на інші типи вагонів генерують невеликі компанії. Однак їх частка в структурі доходу незначна. Резерви АТ «Укрзалізниця» дозволяють задовільнити підвищений попит на вантажні вагони.

Серед чинників, що вплинули на зниження попиту на вагони товариства, виділяються: надання конкурентами новіших вагонів; несвоєчасна зміна цінових пропозицій; несвоєчасні ремонти вантажних вагонів; бюрократичні перепони при наданні послуги; застарілий підхід до ціноутворення.

За підсумками дослідження авторами сформовані загальні тенденції ринку послуг з використання вантажних вагонів. Виділені загрози, що негативно впливають на структуру попиту цього ринку. Виокремлені можливості, використання яких дозволить АТ «Укрзалізниця» конкурувати з іншими власниками вантажних вагонів, які надають їх у використання.

Ключові слова: Вантажні залізничні перевезення; використання вагонів; попит на вантажні вагони; індивідуальна еластичність попиту; ціноутворення

Постановка проблеми. Починаючи з 2018 року АТ «Укрзалізниця» є рівноправним учасником конкурентного ринку послуг з надання у використання вантажних вагонів. Однак за наявності у товариства майже половини усієї кількості вантажних вагонів країни, за підсумками 2021 року частка

компанії у попиті не перевищує 28%. Решта попиту задовольнялась за рахунок вантажних вагонів приватних власників.

На момент виходу на ринок частка вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця» в загальному навантажені перевищувала 40%. При цьому з того часу падіння обсягу перевезень вантажів залізничним транспортом склало лише 3%. Тобто спостерігається збільшення відмов клієнтів від вагонів товариства та їх перехід до використання вантажних вагонів приватних власників [1].

За таких умов для виявлення факторів, що обумовили падіння попиту на вагони товариства, а також з метою підготовки пропозицій щодо покращення ситуації, доцільно провести уточнення параметрів поточної позиції АТ «Укрзалізниця» на ринку використання вантажних вагонів.

Аналіз попередніх досліджень та публікацій

Проблеми взаємодії клієнта та перевізника при транспортуванні вантажів залізничним транспортом висвітлюються в роботах багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених і фахівців-практиків.

Так, у роботі [2] як основні проблеми залізничного транспорту при транспортуванні вантажів зазначаються такі: недосконала інфраструктура; сумісне використання залізничних колій для перевезення вантажів і пасажирів; втрата окремих ринків збуту, викликана збройною агресією з боку росії; недосконала тарифна політика в частині регулювання взаємодії залізничного транспорту та морських портів; недостатнє впровадження цифрових технологій.

Автори дослідження [3] доходять висновку, що задля збереження наявних позицій на ринку контейнерних перевезень та залучення додаткових вантажопотоків на залізничний транспорт необхідно створити сприятливий соціальний клімат, реалізувати гнучку та відкриту політику побудови відносин з клієнтами. Це стосується ціноутворення, організації перевезень, запровадження сучасних логістичних методів та підтримки клієнтів у режимі реального часу.

Першочергове завдання залізничного транспорту – перевезення сировини, негабаритних вантажів, важкої техніки та устаткування [4]. Це можна робити швидко, у будь-яку пору року та за відносно невисокою вартістю. При цьому для багатьох товарних груп, що перевозяться до морських портів, використання, окрім залізничного, інших видів транспорту є безальтернативним або суттєво обмеженим.

Низька ефективність організації перевезень вантажів залізничним транспортом може бути обумовлена недостатньою кількістю та нераціональним використанням рухомого складу, наявністю вузьких місць у роботі перевантажувальних терміналів та в процесі переходу з одного виду транспорту на інший, недосконалою системою організації перевізного процесу [5].

В колективній праці [6] зазначається, що у 2020 році Україна піднялась на одну сходинку у внутрішніх ринках логістики країн, що розвиваються, проте погіршила свої рейтинги в зовнішній логістиці. При цьому в рейтингу можливостей для бізнесу наша країна піднялась на 10 позицій. Автори зауважують позитивний вплив на перевезення вантажів окремих нововведень, які запроваджені АТ «Укрзалізниця» у 2018-2019 роках, а саме: графікових відправлень зернових вантажів; кільцевих перевезень на окремих маршрутах; прискорення завантаження. Зазначено, що навіть при об'єктивному зниженні темпу росту ринку логістики він має стійку тенденцію якісного розвитку.

Серед ключових факторів, що впливають на ринок вантажних залізничних перевезень, у роботі [7] перелічені такі: зміна світового попиту на сировину та напівфабрикати, що транспортуються залізничним транспортом; стан української промисловості; стан залізничного рухомого складу; обмежена наявність локомотивної тяги; недостатня якість послуг, що надаються клієнтам.

Недосконаліть транспортної інфраструктури України, яка напряму впливає на транспортно-логістичне обслуговування товаровиробників, обумовлюється невідповідністю характеристик та критеріїв залізничного транспорту нормам ЄС, високою вартістю логістичних послуг (часом на 40% вище від європейських), зростанням вартості транспортних послуг та логістичних витрат у внутрішньому сполученні, зниженням обсягів транспортування через падіння попиту на кінцеву продукцію [8].

У дослідженні перспектив розвитку трансазійських залізничних перевезень [9] авторами зазначено, що на підвищення попиту транспортування вантажів залізничним транспортом напряму впливає швидкість доставки та зниження вартості перевезення за рахунок збільшення його об'єму (актуально для масових вантажів та сировини). На думку цих фахівців, підвищенню попиту на

залізничні перевезення сприяли інвестиції в розбудову та модернізацію інфраструктури, зниження витрат на її обслуговування, спрощення в логістиці, скоординовані дії залізничних компаній суміжних держав задля прискорення пропуску вантажних поїздів під час переходу з колії однієї ширини на іншу.

Аналіз попередніх досліджень показав, що:

- обсяги замовлень вантажних вагонів напряму залежать від економічної ситуації в державі та впливу зовнішніх факторів, таких як пандемія COVID-19, збройна агресія росії за участі білорусі проти України;
- внутрішні ринки залізничних логістичних послуг в Україні продовжують розвиватися (як мінімум, в якісному вимірі), натомість ринок послуг з міжнародної логістики знаходиться в стані стагнації;
- задля нарощування попиту та підвищення конкурентоспроможності залізничному перевізнику необхідно своєчасно проводити ремонт вантажних вагонів та оновлювати парк рухомого складу;
- поточні підходи до ціноутворення, які застосовує АТ «Укрзалізниця», не відповідають вимогам ринку, в частині своєчасності реакції на потреби замовникам послуг;
- цінова політика на послуги залізничного транспорту повинна бути орієнтованою на клієнта;
- такі організаційні нововведення АТ «Укрзалізниця», як спрощення логістики та пришвидшення транспортування вантажів, позитивно сприймаються бізнесом.

Попри справедливість висновків цих робіт, вони мають надто загальний характер і не можуть слугувати надійним описом поточної кон'юнктури ринку, що, як відомо, є першим кроком у прийнятті маркетингових рішень.

Серед вітчизняних робіт нам також не вдалося знайти згадки про можливі варіанти взаємодії перевізника та клієнта в схожих на нинішню ринкових ситуаціях. Не аналізувалися в них можливості визначення еластичності попиту клієнтів у режимі реального часу, що, на думку авторів, було б корисним застосуванням у ціноутворенні. Ретельно не досліджувалась цінова конкуренція на цьому ринку. Натомість зарубіжні роботи частково містили опис таких аспектів функціонування ринку, але його кон'юнктура суттєво відрізнялась від вітчизняного, враховуючи вплив періоду воєнного стану.

Мета і завдання дослідження

Метою роботи є надання характеристики поточної ринкової ситуації щодо послуг з використання залізничних вантажних вагонів.

Завдання дослідження:

- виявити ринкові чинники, що впливають на попит;
- сформулювати основні тенденції розвитку ринку послуг з використання вантажних вагонів;
- окреслити напрями управлінського впливу зі збільшення привабливості ринкової пропозиції АТ «Укрзалізниця».

Основна частина дослідження

Після дерегуляції вагонної складової тарифу в Україні повноцінно запрацював ринок послуг з надання у використання вантажних вагонів. Наразі найбільшим його учасником є АТ «Укрзалізниця», що за підсумками 2021 року надало клієнтам близько 28% усієї кількості навантажених вагонів.

Структура попиту на вантажні вагони АТ «Укрзалізниця» є нерівномірною в кількох розрізах. Покажемо це далі.

Найбільше клієнти замовляють у товариства вантажні вагони для разових перевезень не масових вантажів (криті вагони різних типів, платформи різних типів, цементовози, цистерни). До таких перевезень власники приватного рухомого складу здебільшого не мають інтересу. Найменшим попитом користуються вагони для перевезень масових вантажів, яких є достатня кількість у приватних компаній (напіввагони, зерновози, мінераловози), і вони активно ними пропонуються.

Розподіл попиту на вантажні вагони АТ «Укрзалізниця» до загальної кількості навантажених у 2021 році вагонів наведено на рис. 1.

Серед факторів, що обумовили наведене на рис. 1 співвідношення, можна виділити такі.

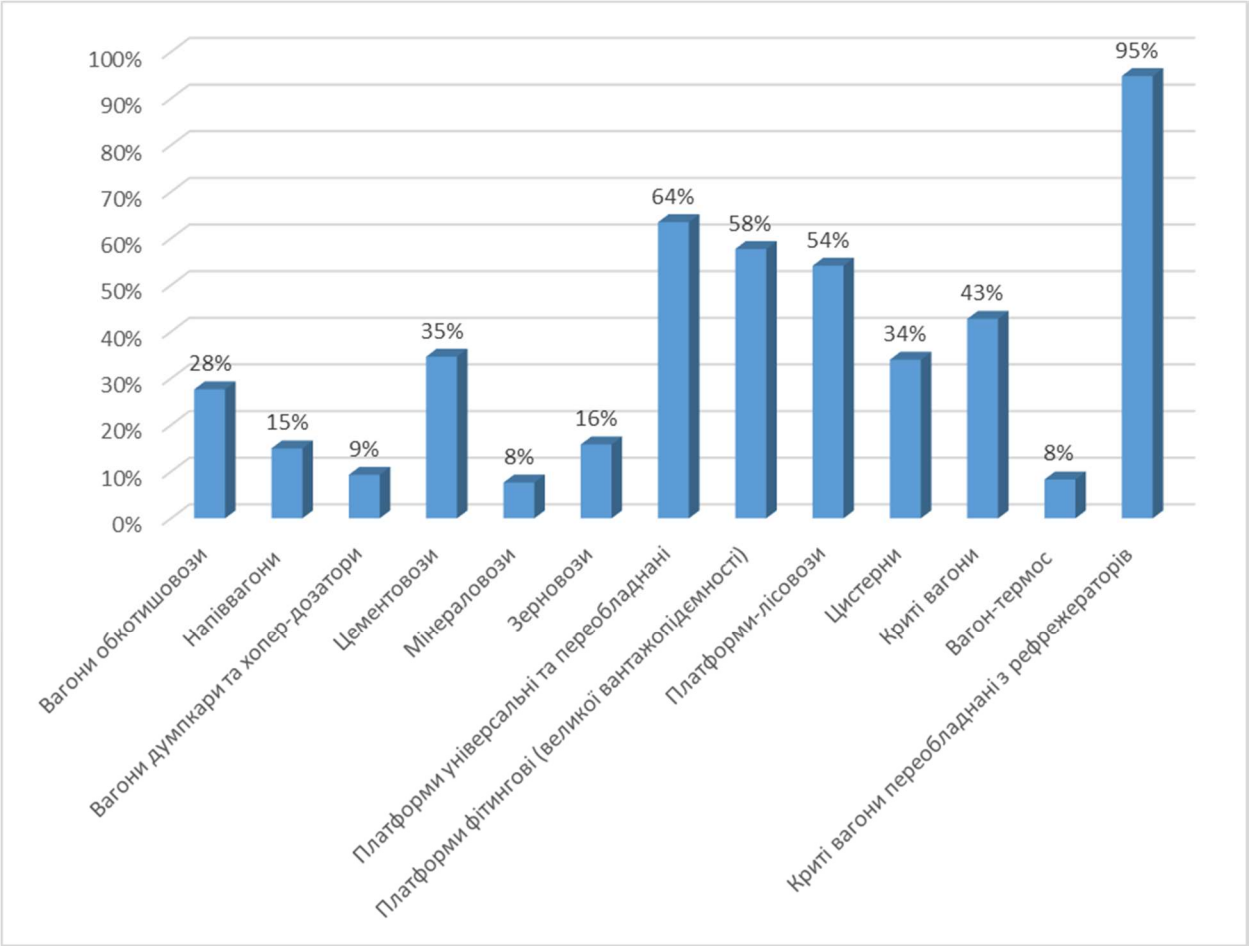


Рисунок 1 – Співвідношення кількості вагонів АТ «Укрзалізниця» до загальної кількості навантажених вагонів кожного типу у 2021 році.
Джерело даних – аналітична довідка АТ «Укрзалізниця»

Figure 1 – Ratio of the number of wagons of JSC «Ukrzaliznytsia» to the total number of loaded wagons of each type in 2021.
Data source - analytical reference JSC «Ukrzaliznytsia»

Насамперед вплинула економічна ситуація в країні, яка є наслідком пандемії COVID-19, а також війни росії за участі білорусі проти України. Відбулася зміна напрямків і величин вантажопотоків, видів вантажів, що транспортуються у внутрішньому та експортно-імпортному сполученнях. При цьому завдяки швидкості та мобільності зросла частка автомобільного транспорту в загальному обсягу перевезення вантажів. У таких умовах клієнт надає перевагу більш гнучким ринковим пропозиціям.

На структуру попиту також негативно впливає незадовільний стан вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця», що подаються під навантаження. Рівень зносу окремих типів вантажних вагонів уже перевищує 90% [10]. При цьому приватними компаніями пропонуються нові вантажні вагони (їх терміни експлуатації у більшості випадків не перевищує 10 років, а рівень зносу становить близько 60%). Цей показник напряму пов'язаний з часом транспортування, безпекою та схоронністю вантажу.

Вагомим чинником, який відштовхує клієнтів, є недосконала цінова політика АТ «Укрзалізниця», особливо у періоди сезонного спаду обсягів перевезень. Сьогодні ціноутворення на послугу з використання вантажних вагонів [11] будується на основі даних минулих періодів, що не повною мірою враховують ситуацію на ринку та цінову еластичність попиту клієнтів. Для прикладу, ціни на використання вагонів-зерновозів у пікові періоди потреби їх навантаження (серпень-листопад) формуються за даними відносно «спокійних» травня-липня поточного року.

Інтерес клієнта до послуги товариства зменшується з нарощуванням приватними компаніями парків власних вагонів. Частка власного парку вантажних вагонів, особливо у великих промислових компаній, які займаються відправленням руди, вугілля, металопродукції, зернових вантажів, постійно зростає. За даними [10], тільки за останні п'ять років парк приватних вантажних вагонів виріс більш ніж у півтора рази. І в більшості випадків це нові вантажні вагони. У періоди сезонного спаду виробництва ці вагони заради зменшення простою (втрати транспортного потенціалу) потрапляють на ринок.

Надання в користування вантажних вагонів державним перевізником супроводжується складними та тривалими бюрократичними процедурами, при невиконанні яких виникає затримка з підтвердженням заявок, місць навантаження (вивантаження) вагонів тощо. Тобто клієнт повинен завчасно узгодити з залізницею свої плани, далі правильно заповнити та подати заявку на вагони, своєчасно їх завантажити й правильно оформити перевізні документи. Тут саме клієнт несе всі ризики.

Не сприяють стабільності попиту на вантажні вагони АТ «Укрзалізниця» часті зміни умов Договору організації перевезень вантажів. Клієнти не мають змоги якісно прогнозувати власні логістичні витрати. Товариство, окрім щомісячної зміни ставок плати за використання вагонів, часто в середині звітного року проводить зміну базових умов надання послуг з перевезення вантажів, що впливає на розміри нарахованих за ці послуги платежів. Як приклад, у серпні 2022 року АТ «Укрзалізниця» повністю переглянула процедуру розрахунку вартості послуги з використання вантажних вагонів, відійшовши від нормативно затвердженої розрахункової швидкості доставки вантажів.

Вагони, які користуються найбільшим попитом, надаються в користування через англійський аукціон системи «ПрозороПродажі». Здається, такий підхід надає АТ «Укрзалізниця» можливість отримати максимальний дохід через продаж за цінами, які ринок готовий оплатити. Однак це твердження є справедливим лише частково.

По-перше, зазвичай для аукціону формуються лоти від 5 вагонів і вище. Попитом у сегменті до 5 вагонів АТ «Укрзалізниця» не управляє.

По-друге, в окремих випадках ціна послуги може зрости в 2-3 рази від стартової. Тобто, якщо стартова ціна знаходиться на рівні 2-2,5 тис. грн за добу використання вантажного вагона, переможець аукціону платить від 5 до 7 тис. грн. Це означає, що клієнт, який не погоджується платити таку ціну, послугу не отримає, а компанія не матиме доходу від такого клієнта.

Частка вагонів АТ «Укрзалізниця» на ринку може бути суттєво збільшена за рахунок вагонів «у резерві». Як доказ, на рис. 2 приведено співвідношення кількості задіяних у 2021 році під навантаження вагонів АТ «Укрзалізниця» до загального робочого парку відповідного типу вантажних вагонів.

Як видно з рис. 2, у товариства «в резерві» є достатня кількість вантажних вагонів, що можуть бути використані. Проте через низку причин такі вагони не залучаються до навантаження. Зупинимось на найважливіших.

В Україні відбувається активний перехід промислових підприємств на перевезення вантажів залізницею власним парком вантажних вагонів. У цьому випадку у приватних компаній відпадає потреба в необхідності замовлення вагонів АТ «Укрзалізниця». Навіть при потребі в додаткових ресурсах перевага віддається приватним вантажним вагонам конкурентів, які пропонують їх за меншу вартість. Крім того, зазвичай такі вагони мають відносно невеликі терміни експлуатації.

Несвоєчасні ремонти також знижують рівень попиту на вантажні вагони товариства [10]. Тривалі терміни експлуатації та значний знос вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця» в умовах обмеженого фінансування поточних та капітальних ремонтів обумовлює простій таких транспортних засобів, а в деяких випадках настає заборона їх експлуатації. Практика показує, що для забезпечення безпеки перевезень період чергового поточного та капітального ремонту вагону при зростанні терміну експлуатації має скорочуватись.

Товариство надає у використання вагони, які мають високий рівень зносу, внаслідок чого не завжди забезпечується належна схоронність вантажу, що перевозиться. За даними АТ «Укрзалізниця», більше 84% незапланованих ремонтів вантажних вагонів припадає на ремонт кузовів та рам [12]. Використання вантажних вагонів, що майже вичерпали свій експлуатаційний ресурс, вкрай негативно позначається на попиті.

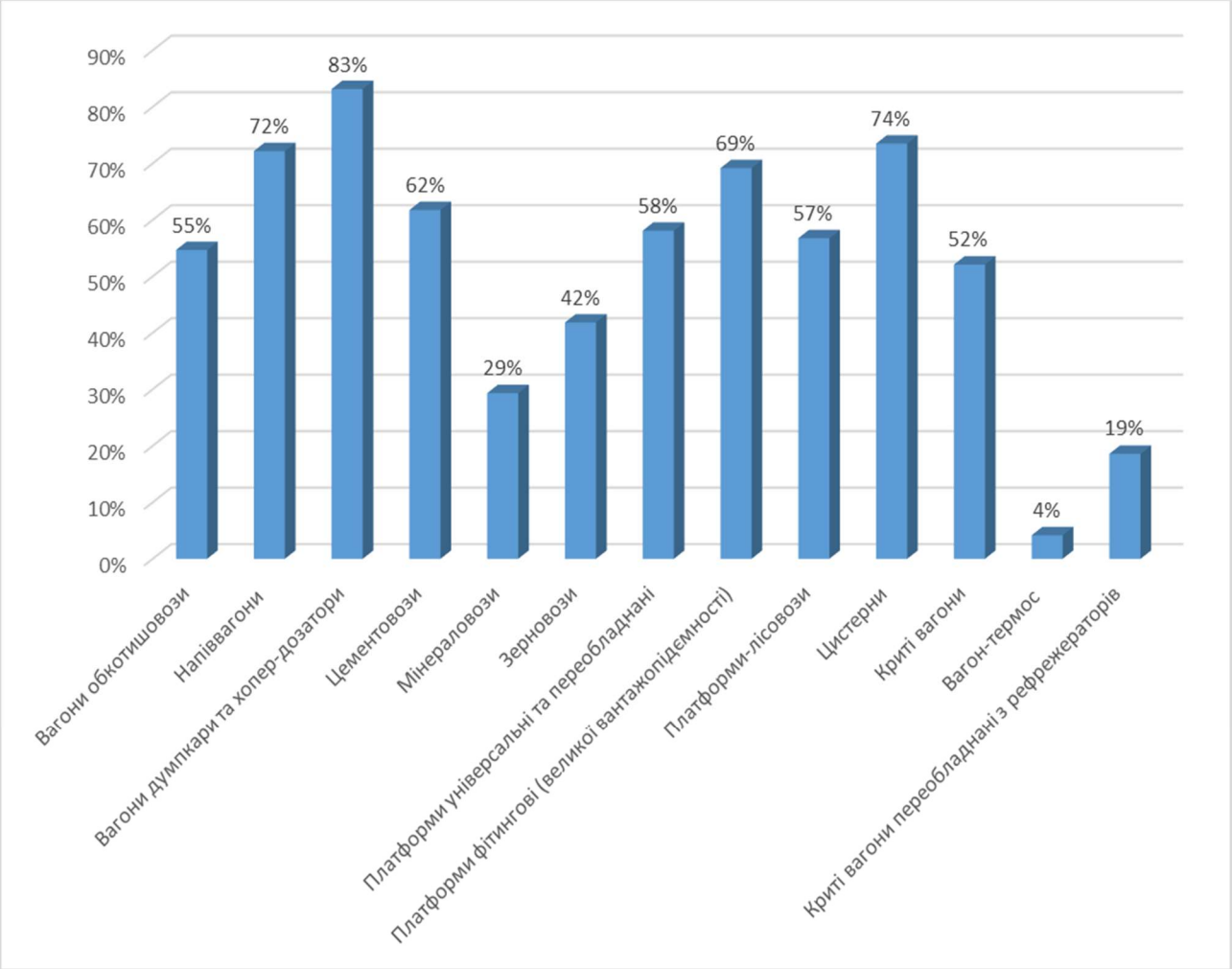


Рисунок 2 – Співвідношення кількості задіяних у 2021 році під час навантаження вагонів АТ «Укрзалізниця» до загальної кількості наявних у Товариства вагонів робочого парку відповідного типу. Джерело даних – аналітична довідка АТ «Укрзалізниця»

Figure 2 – The ratio of the number of wagons used in 2021 during loading of JSC «Ukrzaliznytsia» to the total number of wagons of the corresponding type available in the Company's working fleet. Data source - analytical reference JSC «Ukrzaliznytsia»

АТ «Укрзалізниця» часом не зацікавлена в замовленні клієнтами одиночних вагонів на віддалених станціях, де внаслідок державного регулювання тарифів не компенсуються її фактичні експлуатаційні витрати при виконанні операцій з подачі таких вагонів з використанням окремого локомотива. Для прикладу, в умовах дефіциту маневрових локомотивів, коли тяговою одиницею в один і той же час необхідно виконати подачу групи вагонів від промислового підприємства або вивіз одиночного вагона з віддаленої станції, вибір на користь групи буде очевидним. Крім того, за даними [10], рівень зносу тягового рухомого складу АТ «Укрзалізниця» становить понад 96%. Товариство просто не має змоги вивезти одразу всі завантаженні вагони. Це означає, що попит на перевезення одиночним вагоном з віддаленої станції не задовольняється, а генерація доходу не здійснюється. Підхід до ціноутворення мав би враховувати вивіз одиночних вагонів.

Аналіз причин розподілів, представлених на рис. 1 та рис. 2, показує, що:

- нарощування приватними компаніями парку нових власних вагонів та гнучкість їх ринкової поведінки призводять до того, що клієнти замовляють усе більше вантажних вагонів саме у приватних компаній, а не в АТ «Укрзалізниця»;

- найбільшим попитом клієнтів користуються вантажні вагони АТ «Укрзалізниця», що не використовуються для перевезення масових вантажів і були б високорентабельною послугою і для приватних власників, але через малі обсяги замовлень не створюють бажаної абсолютної величини прибутку;

- зниження інтересу клієнтів до вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця» *лише частково* обумовлене економічним спадом, зниженням швидкості доставки товарів залізницею, можливістю транспортування вантажів іншими (альтернативними) видами транспорту, а важливішим, на думку авторів, є негнучкість існуючого ціноутворення;

- застарілий підхід до ціноутворення та недосконала цінова політика АТ «Укрзалізниця» при наданні послуг з використання вантажних вагонів обумовлюють збільшення частки ринку конкурентів – приватних компаній;

- окремі типи вантажних вагонів використовуються переважно сезонно (а не протягом всього року) або під виконання конкретних робіт, що призводить до втрати потенційного доходу товариства;

- несвоєчасні ремонти вантажних вагонів обумовлюють недоотримання товариством доходів від їх експлуатації, які, у свою чергу, могли б покрити витрати за такі ремонти;

- відсутність достатньої кількості локомотивної та тепловозної тяги не дає можливості задіяти для перевезень усі наявні резерви вантажних вагонів, навіть за підвищеного попиту на них;

- при можливості вибору типу рухомого складу для перевезення вантажів за однакових цінових пропозицій клієнти обирають більш нові вагони та зрозумілий, більш прогнозований порядок формування ціни на логістичні послуги;

- продаж послуг з використання вагонів через систему «ПрозороПродажі» надає товариству можливість суттєво збільшити дохід від цієї послуги, але резерви такого ціноутворення не вичерпані.

Далі на прикладі найбільш популярних серед клієнтів напіввагонів, зерновозів, цистерн, універсальних платформ АТ «Укрзалізниця» розглянемо динаміку попиту в 2021 році.

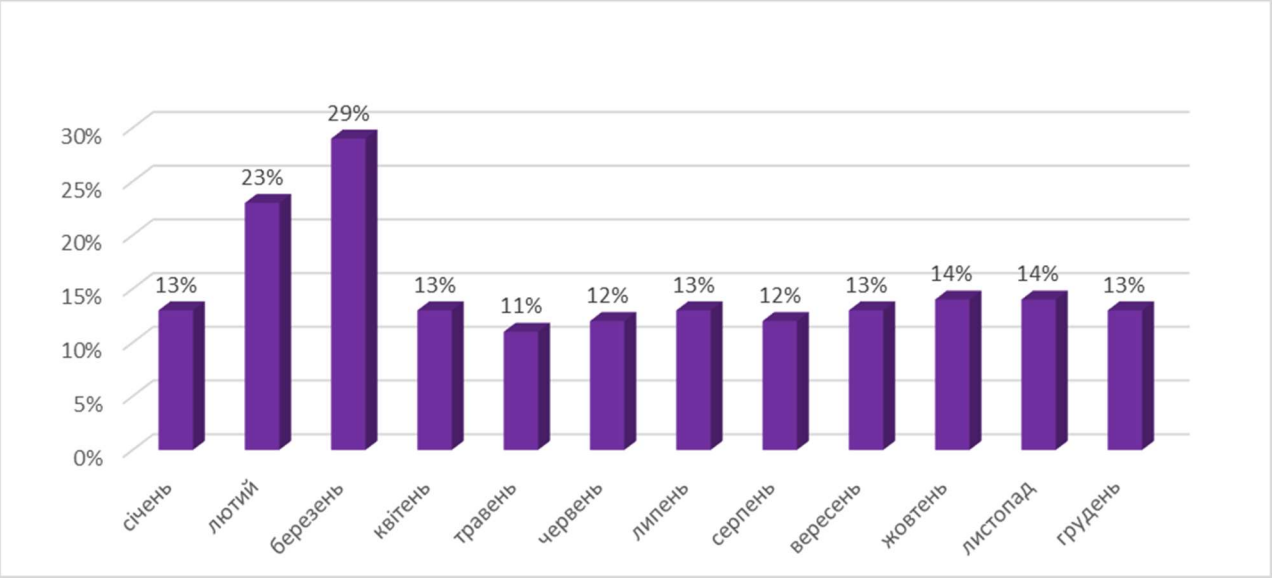


Рисунок 3 – Динаміка відносної величини замовлених напіввагонів АТ «Укрзалізниця» до загальної кількості навантажених напіввагонів у 2021 році. Джерело даних – аналітична довідка АТ «Укрзалізниця»

Figure 3 – Dynamics of the relative value of ordered semi-cars of JSC «Ukrzaliznytsia» to the total number of loaded semi-cars in 2021. Data source - analytical reference JSC «Ukrzaliznytsia»

Зростання замовлення напіввагонів АТ «Укрзалізниця» в лютому та березні (рис.3) обумовлене експериментом з продажу послуги з використання цього типу вагонів через систему «ПрозороПродажі» за принципом голандського аукціону (з пониженням ставок, які можуть досягати рівня нижче ринкової величини). Цей факт є непрямим твердженням, що зниження ціни на цей тип вагонів пов'язане зі збільшенням попиту. Однак вид даної залежності залишається недослідженим.

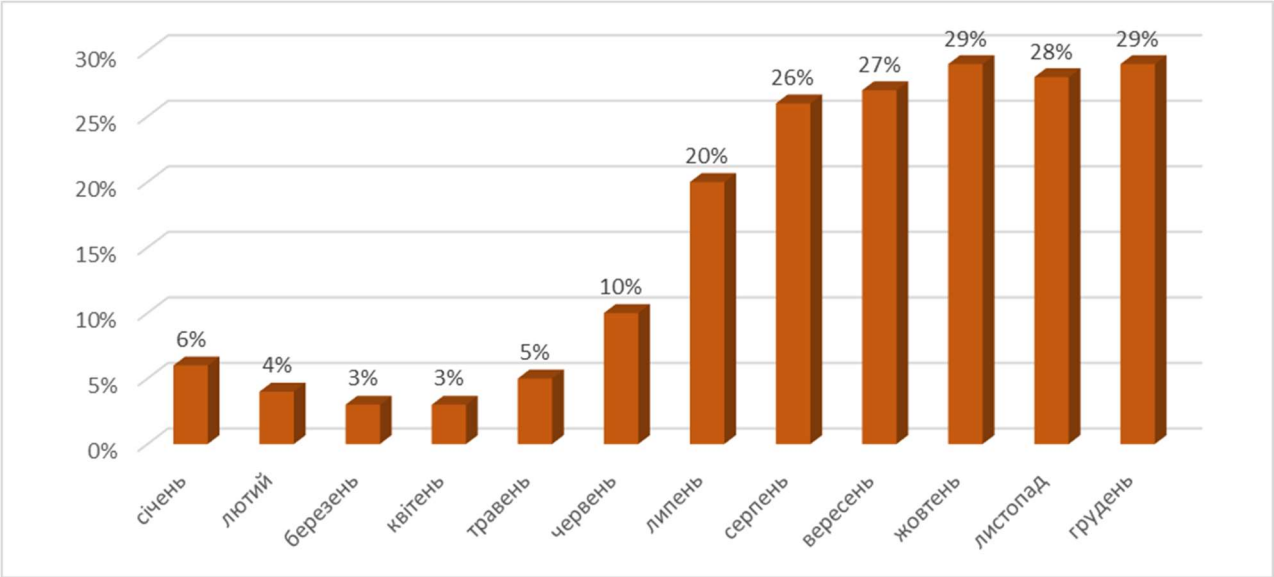


Рисунок 4 – Динаміка відносної величини замовлених зерновозів АТ «Укрзалізниця» до загальної кількості навантажених зерновозів у розрізі місяців 2021 року. Джерело даних – аналітична довідка АТ «Укрзалізниця»

Figure 4 – Dynamics of the relative value of the ordered grain trucks of JSC «Ukrzaliznytsia» to the total number of loaded grain trucks in the month of 2021. Data source - analytical reference JSC «Ukrzaliznytsia»

Як видно з рис. 4, у періоди сезонного падіння перевезення зернових (січень – червень), клієнти віддавали перевагу новішим зерновозам приватних компаній, що пропонувалися за ринковою ціною. Тобто на попит впливає не лише ціна, а й цінова політика, яку застосовує державний перевізник. Поточна цінова політика враховує зміни попиту з надто тривалим часовим лагом [13].

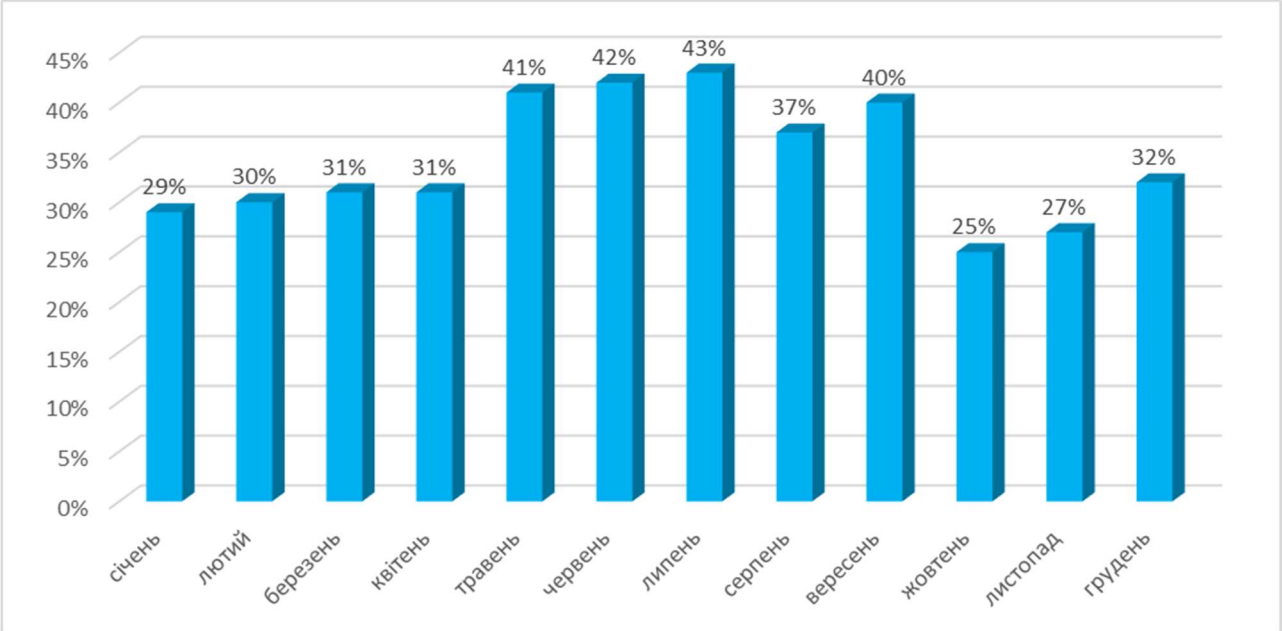


Рисунок 5 – Динаміка відносної величини замовлених цистерн АТ «Укрзалізниця» до загальної кількості навантажених цистерн у розрізі місяців 2021 року. Джерело даних – аналітична довідка АТ «Укрзалізниця»

Figure 5 – Dynamics of the relative value of the ordered tankers of JSC «Ukrzaliznytsia» to the total number of loaded tankers in the month of 2021. Data source - analytical reference JSC «Ukrzaliznytsia»

З рис. 5 випливає, що частка ринку використання цистерн, яку має АТ «Укрзалізниця», становить у середньому близько 30% (періоди перевезень: січень – квітень, жовтень – грудень). Фактично АТ «Укрзалізниця» має стабільну частку клієнтів, що користуються її рухомим складом для перевезень нафтопродуктів. А в період сезонного зростання обсягів перевезень нафтопродуктів (період проведення сільськогосподарських робіт триває з травня до вересня, рис. 5) товариство здатне надати клієнтам для перевезення нафтопродуктів додаткові обсяги цистерн. Цей підвищений попит не покривається за рахунок цистерн приватних власників. Це означає, що державний перевізник має резерв вагонів, який не використовується більшу частину року.

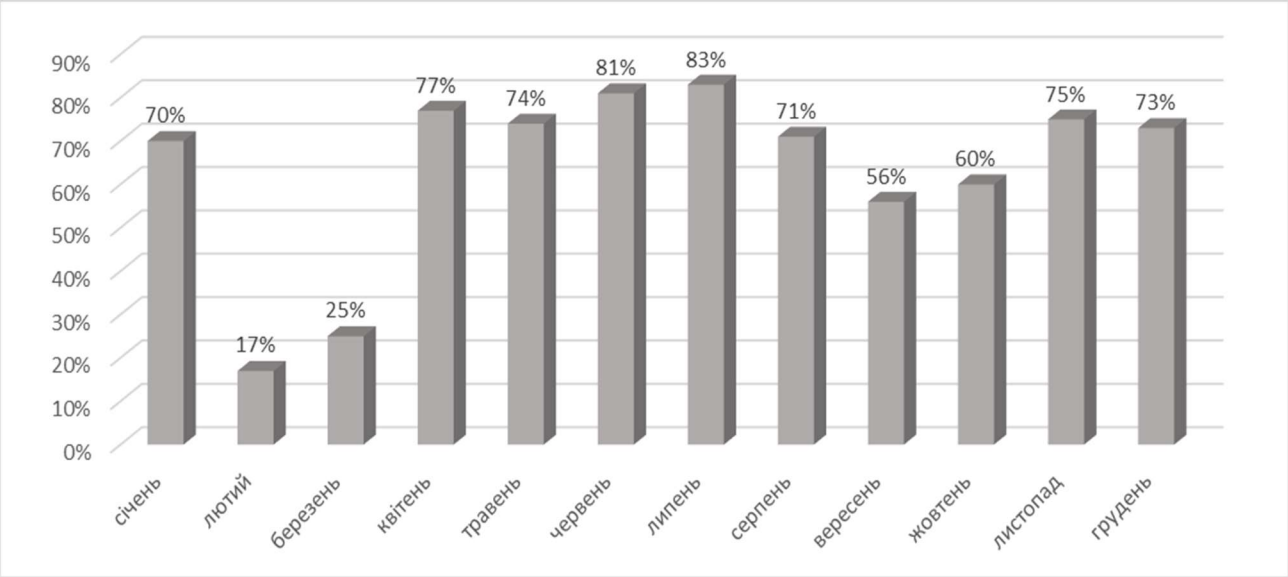


Рисунок 6 – Динаміка відносної величини замовлених платформ універсальних та переобладнаних АТ «Укрзалізниця» до загальної кількості навантажених вагонів цього типу в розрізі місяців 2021 року. Джерело даних – аналітична довідка АТ «Укрзалізниця»

Figure 6 – Dynamics of the relative value of the ordered universal and converted platforms of JSC «Ukrzaliznytsia» to the total number of loaded wagons of this type in the months of 2021. Data source - analytical reference JSC «Ukrzaliznytsia»

На рис. 6 наведена динаміка використання непопулярних серед приватних клієнтів універсальних платформ. Як видно з рис. 6, АТ «Укрзалізниця» майже протягом усього року займає домінуюче становище на цьому ринку. Зниження попиту на універсальні платформи в лютому – березні було обумовлене сезонним падінням обсягів транспортування вантажів, що здійснюються з використанням такого рухомого складу, та несвоєчасною реакцією державного перевізника на цінові пропозиції конкурентів – приватних власників платформ. Цей факт ще раз підтверджує наші висновки.

У таблиці 1 приведено розподіл клієнтів за кількістю замовлених ними у 2021 році вантажних вагонів товариства.

Як видно з табл. 1, переважна більшість клієнтів АТ «Укрзалізниця» замовляє невелику кількість вантажних вагонів. Ця категорія споживачів не генерує основного доходу товариства з цього виду послуг. Великі компанії, які забезпечують АТ «Укрзалізниця» найбільшими замовленнями вантажних вагонів, віддають перевагу рухомому складу для перевезення масових вантажів (зерно, руда, вугілля, будівельні матеріали, нафтопродукти, металопродукція тощо). Водночас частка таких вантажних вагонів товариства в загальному навантаженні не домінуюча та внаслідок несвоєчасного оновлення парку вантажних вагонів, затримок з ремонтами, непродуманої цінової політики постійно скорочується.

Таблиця 1 – Розподіл клієнтів за кількістю замовлених ними у 2021 році вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця». Джерело даних – аналітична довідка АТ «Укрзалізниця»
Table 1 – Distribution of customers by the number of freight cars ordered by JSC «Ukrzaliznytsia» in 2021. Data source - analytical reference JSC «Ukrzaliznytsia»

Тип вагона	Діапазони кількості замовлених вагонів у 2021 році										
	1-60	61-120	121-180	181-240	241-300	301-360	361-420	421-480	481-540	541-600	601 і більше
	Кількість клієнтів										
Вагони-обкотишовози	26	6	9	6	3	1	0	1	0	2	9
Напіввагони	4520	293	98	72	46	42	40	19	15	14	167
Вагони-думпкари та хопер-дозатори	412	123	60	27	6	4	2	3	1	1	10
Цементовози	198	45	13	7	7	5	2	0	8	3	28
Мінераловози	29	1	0	2	0	1	1	0	0	0	0
Зерновози	466	107	52	28	24	18	9	5	8	7	38
Платформи універсальні та переобладнані	1379	4	1	1	1	0	0	1	0	0	12
Платформи фітингові (великої вантажопідємності)	148	6	13	2	2	5	4	3	2	2	9
Платформи-лісовози	143	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Цистерни	817	34	27	13	5	2	4	4	1	3	18
Криті вагони	1171	51	26	13	3	2	1	1	0	0	0
Вагон-термос	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Криті вагони, переобладнані з рефрежераторів	33	13	3	0	0	0	0	0	0	0	0
Транспортери	46	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Рефрижератори та службово-технічні вагони	82	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Платформи фітингові (інші)	169	33	11	11	6	11	9	7	3	5	23

Далі об’єднаємо результати, щоб показати тенденції, які існують нині на ринку (табл. 2).

Таблиця 2 – Сучасні тенденції вітчизняного ринку послуг з використання вантажних вагонів. Джерело даних – розроблено авторами.
Table 2 – Current trends of the domestic market of services for the use of freight cars. Data source – developed by the authors.

Вплив чинників на ринок послуг з використання вантажних вагонів	Сучасна тенденція
1	2
Приватні компанії поступово збільшують кількість найбільш затребуваних типів вагонів для перевезення масових вантажів (напіввагони, зерновози, цистерни для перевезення нафтопродуктів) і застосовують сучасні підходи до ціноутворення, пропонуючи гнучку цінову політику.	Збільшення конкуренції на ринку надання послуг використання вантажних вагонів для перевезення масових вантажів. Частка ринку послуг АТ «Укрзалізниця» зменшується.
АТ «Укрзалізниця» встановлює ціни на послуги використання вантажних вагонів суто на основі даних минулих періодів (від двох місяців до року), не враховуючи поточної ситуації на ринку та інших змін.	Зростання інтересу клієнтів залізничного транспорту до вантажних вагонів приватних власників, які пропонують середньо ринкову ціну послуги.

Продовження таблиці 2
Continued table 2

1	2
Перевезення АТ «Укрзалізниця» не масових вантажів у критих вагонах, рефрижераторах, на платформах не генерують відчутної частки від усього доходу. Такі вагони потребують значних витрат на ремонти, обслуговування, місця відстою.	Приватний власник не зацікавлений у збільшенні пропозиції подібних вагонів. Клієнти будуть користуватись послугою державного перевізника. Тут державний перевізник входить в конкуренцію з автомобільним транспортом. Ціна, що пропонується ринку, має покривати всі витрати на надання послуги. Виникає завдання з підвищення ефективності експлуатації таких типів вагонів.
Бюрократичні перепони при взаємодії клієнта з АТ «Укрзалізниця» ускладнюються необхідністю виконання низки дій з різними підрозділами перевізника (замовлення вагонів, оплата та контроль перевезень, взаємодія з митницею, безпосереднє отримання вантажу).	Невеликі компанії віддаватимуть перевагу приватним власниками вантажних вагонів, що надають послуги за принципом «єдиного вікна».
Приватні перевізники компенсують нестачу попиту (наприклад, сезонного його зменшення), знижуючи ціну на використання вагонів. Їх вагони до того ж є більш новими.	Сезонні падіння обсягів перевезень вантажів залізничним транспортом призводять до зростання конкуренції на ринку використання вантажних вагонів і падіння інтересу до вагонів АТ «Укрзалізниця», що поступаються технічним станом та ціною.
Зазвичай промислові підприємства, які є клієнтами АТ «Укрзалізниця», замовляють фіксовану кількість вагонів. Це обумовлено наявними виробничими потужностями та існуючою залізничною інфраструктурою (фронтом навантаження, наявністю складів, площадок для зберігання вантажів тощо). Обсяги замовлень від таких клієнтів не зростатимуть, якщо не зростатиме обсяг їх виробництва.	АТ «Укрзалізниця» потребує розширення бази клієнтів, що неможливо без створення пропозиції, яка відповідає потребам ринку.

Висновки та подальші перспективи дослідження

Аналіз впливу ринкових чинників, які впливають на параметри попиту використання вантажних залізничних вагонів, виявив такі тенденції:

1. Збільшення конкуренції на ринку надання послуг використання вантажних вагонів для перевезення масових вантажів. Частка ринку послуг АТ «Укрзалізниця» зменшується.

2. Зростання інтересу користувачів послуг залізничного транспорту до вантажних вагонів приватних власників, які пропонують ринкову ціну послуги.

3. Зростатиме попит на послуги АТ «Укрзалізниця» при перевезенні не масових вантажів. Однак таке зростання не може стати компенсувати втрати від перевезень масових вантажів.

4. Невеликі компанії, що замовляють послуги з використання вантажних вагонів, віддаватимуть перевагу взаємодії з приватними власниками вантажних вагонів, які надають послуги за принципом «єдиного вікна».

5. Сезонні падіння обсягів перевезень вантажів залізничним транспортом призводять до зростання конкуренції на ринку використання вантажних вагонів і падіння інтересу до вагонів АТ «Укрзалізниця», що поступаються технічним станом та ціною.

6. АТ «Укрзалізниця» потребує розширення бази клієнтів, що неможливо без створення пропозиції, яка відповідає потребам ринку.

Серед загроз АТ «Укрзалізниця» на ринку використання вантажних вагонів слід виділити такі:

- частка вагонів, що перебувають у резерві, зростає, але вона може бути зменшена шляхом побудови пропозиції відповідно до вимог ринку;

- клієнти віддають перевагу новим вантажним вагонам приватних власників;

- попит від сегментів клієнтів, які замовляють невеликі кількості вагонів, повною мірою не задовольняється ні державним, ні приватними перевізниками;

- величина часового лагу, з яким АТ «Укрзалізниця» реагує на цінову чутливість клієнтів, є завеликою й такою, що зменшує обсяг продажу послуг;

- у періоди сезонних спадів перевезень ключову роль у замовлені вантажних вагонів відіграє їх технічний стан та ціна використання;

До можливостей АТ «Укрзалізниця» належать такі:

- наявний значний резерв вантажних вагонів;

- прискорення швидкості обертання вагона, що надається в користування клієнтам, які замовляють невеликі кількості вагонів (але за ціною, яка покриватиме всі витрати);

- застосування актуалізованих підходів до ціноутворення;

- значення гнучкості у формуванні ринкової пропозиції зростатиме, непереборних перепон до збільшення гнучкості пропозиції не існує;

- зменшення кількості бюрократичних операцій, які повинен виконати клієнт при взаємодії з залізницею, сприятиме підвищенню попиту на залізничні вантажні перевезення.

Аналіз дії ринкових чинників, які викликають новітні тенденції на ринку використання вантажних вагонів, показує, що швидке індивідуалізоване задоволення потреб клієнтів та запровадження практики ціноутворення, яка спирається на ринкові підходи, мають стати головними напрямами управлінських зусиль менеджменту АТ «Укрзалізниця».

Перелік посилань

1. Бакалінський О.В., Маліцький В.В. ОНОВЛЕННЯ КОМПЛЕКСУ ПРИНЦИПІВ ЦІНОУТВОРЕННЯ ЯК НАСЛІДОК ДЕРЕГУЛЯЦІЇ ЦІН КОРИСТУВАННЯ ВАНТАЖНИМИ ЗАЛІЗНИЧНИМИ ВАГОНАМИ. Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. Review of transport economics and management Випуск 4(20) Дніпро, стор. 115.

2. Стасюк О. М., Чмирьова Л. Ю., Федяй Н. О. Ринки вантажних та пасажирських перевезень в Україні: проблеми та тенденції. Ефективна економіка. 2020. № 9. – URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8199 (дата звернення: 01.10.2022). DOI: 10.32702/2307-2105-2020.9.54.

3. О. Г. Стрелко, Ю. А. Бердниченко, В. С. Вознюк, і Ковальський І. Л., «АНАЛІЗ РОЗВИТКУ КОНТЕЙНЕРНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ В УКРАЇНІ», НаукПраці ВНТУ, вип. 2, Чер 2020.

4. Новак В. О., Кириленко О. М., Разумова К. М., Ігнатюк В. В.ОРГАНІЗАЦІЯ МІЖНАРОДНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАНТАЖІВ ОСНОВНИМИ ВИДАМИТРАНСПОРТУ (ОГЛЯД). Наукоємні технології № 1(53), 2022. DOI: 10.18372/2310-5461.53.16510.

5. Шраменко Н., Шраменко В., Соларьов О. Аналіз ринку вантажних перевезень в Україні.Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Том 1 № 16 (2021): DOI:10.36910/automash.v1i16.505

6. Маяк М.М., Прогній П.Б., Матвіїшин А.Й., Попович П.В.,Шевчук О.С., Островерхов В.М., Коцур А.С., Романишин О.В.ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ РИНКУ ВАНТАЖНИХ І ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Том 2 № 15 (2020). DOI:10.36910/automash.v2i15.393

7. Двуліт З. П., Данилюк І. А. Вплив COVID-19 на ринок вантажних залізничних перевезень. Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку. 2020;Випуск 2, Номер 2: сс. 169 – 180. DOI:10.23939/smeu2020.02.169

8. Керничний Б. Я. Радинський С.В. Аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку транспортно-логістичного обслуговування вітчизняних промислових підприємств. Галицький економічний вісник. — Т. : ТНТУ, 2021. — Том 69. — № 2. — С. 83–94. — (Фінанси, банківська справа та страхування).https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2021.02

9. F. Lasserre, L. Huang, É. Mottet. The Emergence of Trans-Asian Rail Freight Traffic as Part of the Belt and Road Initiative: Development and Limits. OpenEdition Journals 2020-2 p. 43-52. https://doi.org/10.4000/chinaperspectives.10162

10. BRDO: Рівень зносу парку вагонів власності АТ «УЗ» критичний. Електронний ресурс. Режим доступу: https://urm.media/26549-2/ Дата звернення 29.09.2022.

11. Порядок визначення та перегляду ставок плати за використання власних вагонів перевізника АТ «Укрзалізниця» в процесі надання послуг з перевезення вантажів. с.1-7. - Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/tariff_conditions/stavky/order5/ Дата звернення 29.09.2022.

12. Аналіз регуляторного впливу до проекту наказу Міністерства інфраструктури України«Про затвердження Порядку встановлення заборони експлуатації вантажних вагонів на залізничному транспорті». Електронний ресурс. Режим доступу: https://mtu.gov.ua/news/32666.html Дата звернення 29.09.2022.

13. Бакалінський О.В., Маліцький В.В. Оновлення процедури встановлення ціни на послугу з використання вантажних вагонів АТ «Укрзалізниця» на основі підходу Ф. Ремсі. Вісник Національного транспортного університету. Серія «Економічні науки». Науковий журнал. Випуск 2 (52), 2022 стор. 22.

ANALYSIS OF THE EFFECTS OF MARKET FACTORS WHICH CAUSE THE LATEST TRENDS OF THE USE OF FREIGHT WAGONS MARKET

Bakalinsky Oleksandr V., Doctor of Economics, professor, National Transport University, professor Department of Management, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovycha-Pavlenka Str., 1, r. 243, https://orcid.org/0000-0003-1215-7470

Malitskiy Vitalij V., National Transport University, Postgraduate student of the Department of Management, Ukraine 01010, Kyiv, Omelyanovycha-Pavlenka Str., 1, https://orcid.org/0000-0001-9210-5165

Annotation. The transition of JSC "Ukrzaliznytsia" to the market implementation of services for the use of freight cars caused a drop in demand for the Company's cars over the past three years by more than 1.5 times. At the same time, the decrease in the total volume of cargo transportation by rail transport amounted to about 3%. The purpose of this work is to study the market factors that influenced the change in demand for wagons of JSC "Ukrzaliznytsia". It is proposed to form trends in the market of services for the use of freight cars.

The study showed that the structure of demand for JSC "Ukrzaliznytsia" wagons is uneven. It directly depends on the types of wagons offered, their condition, the price of use, as well as the type of cargo being transported. Freight wagons for the transportation of bulk cargo (raw materials, grain, oil products, metals and products thereof) are in the greatest demand among customers. The company's largest income from this service is generated by large clients. They mostly order wagons for transporting bulk cargo. Demand for other types of wagons is generated by small companies. However, their share in the income structure is insignificant. Reserves of JSC "Ukrzaliznytsia" allow to satisfy the increased demand for freight cars.

Among the factors that influenced the decrease in demand for the Company's wagons, the following stand out: competitors' provision of newer wagons; untimely change of price offers; untimely repairs of freight cars; bureaucratic obstacles in providing the service; outdated approach to pricing.

According to the results of the research, the authors have formed general trends of the market of services for the use of freight cars. Threats negatively affecting the demand structure of this market are outlined. Selected opportunities, the use of which will enable JSC "Ukrzaliznytsia" to compete with other owners of freight cars that provide them for use.

Keywords: Freight railway transportation; use of wagons; demand for freight cars; individual elasticity of demand; pricing

References

1. Bakalinsky O. V., Malitskiy V.V. (2020) ONOVLENNYA KOMPLEKSU PRYNTSYPIV TSINOUTVORENNYA YAK NASLIDOK DEREHULYATSIYI TSIN KORYSTUVANNYA VANTAZHNYMY ZALIZNYCHNYMY VAHONAMY (UPDATE OF THE COMPLEX OF PRICING PRINCIPLES AS A CONSEQUENCE OF DEREGULATION OF PRICES FOR THE USE OF FREIGHT

RAILWAY CARS). Academician V. Lazaryan Dnipro National University of Railway Transport. Review of transport economics and management Issue 4 (20) Dnipro, p. 115 [in Ukrainian].

2. Stasyuk O. M., Chmyryova L. Yu., Fedyai N. O. Rynky vantazhnykh ta pasazhyrs′kykh perevezen′ v Ukrayini: problemy ta tendentsiyi. (Cargo and passenger transport markets in Ukraine: problems and trends). Efficient economy. 2020. No. 9. – URL: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=8199 (access date: 09/29/2022). DOI: 10.32702/2307-2105-2020.9.54. [in Ukrainian]

3. O. H. Strelko, Yu. A. Berdnychenko, V. S. Voznyuk, and I. L. Kovalskyi, ANALIZ ROZVYTKU KONTEYNERNYKH PEREVEZEN′ ZALIZNYCHNYM TRANSPORTOM V UKRAYINI (ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF CONTAINER TRANSPORT BY RAIL TRANSPORT IN UKRAINE), NaukPracy VNTU, vol. 2, June 2020. [in Ukrainian]

4. Novak V. O., Kirylenko O. M., Razumova K. M., Ignatiuk V. V. ORHANIZATSIYA MIZHNARODNYKH PEREVEZEN′ VANTAZHIV OSNOVNYMY VYDAMYTRANSPORTU (OHLYAD) (ORGANIZATION OF INTERNATIONAL CARGO TRANSPORTATION BY THE PRINCIPAL INDUSTRY OF VIDAMITRANSPORT (OVERVIEW). Naukoyemni tekhnolohiyi No. 1(53), 2022. DOI: 10.18372/2310-5461.53.16510. [in Ukrainian]

5. Shramenko N., Shramenko V., Solarev O. Analiz rynku vantazhnykh perevezen′ v Ukrayini (Analysis of the cargo transportation market in Ukraine). Suchasni tekhnolohiyi v mashynobuduvanni ta transporti. Volume 1 No. 16 (2021): DOI:10.36910/automash.v1i16.505. [in Ukrainian].

6. Mayak M.M., Progniy P.B., Matviyshyn A.Y., Popovich P.V., Shevchuk O.S., Ostroverkhov V.M., Kotsur A.S., Romanishyn O.V. OSOBLYVOSTI ROZVYTKU RYNKU VANTAZHNYKH I PASAZHYRS′KYKH PEREVEZEN′ (FEATURE OF MARKET DEVELOPMENT CARGO AND PASSENGER TRANSPORTATION). Suchasni tekhnolohiyi v mashynobuduvanni ta transporti. Volume 2 No. 15 (2020). DOI:10.36910/automash.v2i15.393. [in Ukrainian].

7. Dvulit Z. P., Danyliuk I. A. Vplyv SOVID-19 na rynok vantazhnykh zaliznychnykh perevezen′ (The impact of COVID-19 on the market of freight rail transportation.) Management and entrepreneurship in Ukraine: stages of formation and problems of development. 2020; Issue 2, Number 2: pp. 169 – 180. DOI:10.23939/smeu2020.02.169 [in Ukrainian].

8. Kernychnyi B.Ya. Radynskyi S.V. Analiz suchasnoho stanu ta tendentsiy rozvytku transportno-lohistychnoho obsluhovuvannya vitchyznyanykh promyslovykh pidpryyemstv (Analysis of the current state and development trends of transport and logistics services of domestic industrial enterprises). Galician Economic Herald. — T.: TNTU, 2021. — Volume 69. — No. 2. — P. 83–94. — (Finance, banking and insurance). https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2021.02 [in Ukrainian].

9. F. Lasserre, L. Huang, É. Mottet. The Emergence of Trans-Asian Rail Freight Traffic as Part of the Belt and Road Initiative: Development and Limits. OpenEdition Journals 2020-2 p. 43-52. https://doi.org/10.4000/chinaperspectives.10162.

10. BRDO: Riven′ znosu parku vahoniv vlasnosti AT «UZ» krytychnyy (The level of wear and tear of the fleet of wagons owned by JSC "UZ" is critical). Electronic resource. Access mode: https://urm.media/26549-2/ Date of application 09/29/2022. [in Ukrainian].

11. Poryadok vyznachennya ta perehlyadu stavok platy za vykorystannya vlasnykh vahoniv pereviznyka AT «Ukrzaliznytsya» v protsesi nadannya posluh z perevezennya vantazhiv (The procedure for determining and revising payment rates for the use of Ukrzaliznytsia JSC's own wagons in the process of providing cargo transportation services). pp. 1-7. - Electronic resource. Access mode: https://www.uz.gov.ua/cargo_transportation/tariff_conditions/stavky/order5/Request date 09/29/2022. [in Ukrainian].

12. Analiz rehulyatornoho vplyvu do proektu nakazu Ministerstva infrastruktury Ukrayiny «Pro zatverdzhennya Poryadku vstanovlennya zaborony ekspluatatsiyi vantazhnykh vahoniv na zaliznychnomu transporti» (Analysis of the regulatory impact on the draft order of the Ministry of Infrastructure of Ukraine "On approval of the Procedure for establishing a ban on the operation of freight cars on railway transport"). Electronic resource. Access mode: https://mtu.gov.ua/news/32666.html Application date 09/29/2022. [in Ukrainian].

13. Bakalinsky O. V., Malitskiy V.V. Onovlennya protsedury vstanovlennya tsiny na posluhu z vykorystannya vantazhnykh vahoniv AT «Ukrzaliznytsya» na osnovi pidkhodu F. Remsi. (Updating the procedure for setting the price for the service of using freight cars of JSC "Ukrzaliznytsia" based on F. Ramsey's approach). Bulletin of the National Transport University. Series "Economic Sciences". Scientific journal. Issue 2 (52), 2022 p. 22.

УДК 338.245.4
UDC 338.245.4
DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-415-423

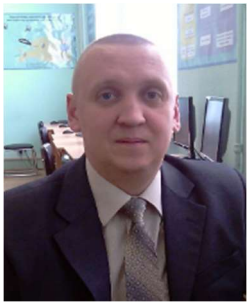
МАРКЕТИНГОВІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ В УПРАВЛІННІ ПІДПРИЄМСТВ СФЕРИ ПОСЛУГ

MARKETING METHODS OF RESEARCH IN THE MANAGEMENT OF SERVICE SECTOR ENTERPRISES



Городецький Микола Ярославович, *кандидат економічних наук, старший викладач кафедри міжнародного туризму і готельного бізнесу, Західноукраїнського національного університету. Тернопіль, Україна, 0672083508@ukr.net,*

https://orcid.org/0000-0003-3312-5945



Парохненко Олексій Сергійович, *старший викладач кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, Київ, Україна, o.parokhnenko@ntu.edu.ua,*

https://orcid.org/0000-0002-4369-4327



Федоряк Руслан Михайлович, *кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри готельно-ресторанного бізнесу. Державний торговельно-економічний університет. Київ, Україна,* r.fedoryak@knute.edu.ua,

https://orcid.org/0000-0002-6058-7443

Анотація. В статті розкрито питання ролі маркетингових методів дослідження в управління підприємствами сфери послуг. Надається класифікатор напрямків сфери послуг, що дає можливість в визначені пріоритетних напрямків подальшого їх розвитку. Досліджено вплив кожного сектора сфери послуг в економіці України. Встановлено, що визначальним є підприємства сфери послуг, що здійснюють освітні, транспортні та готельно-ресторанні послуги. Наразі два останні сектори сфери послуг відіграють суттєву роль в сучасних умовах воєнного стану держави. Вони наразі забезпечують населення України та ЗСУ всім необхідним для виживання суспільства.

Головною частиною діяльності підприємства являється старання досягти більш кращих результатів діяльності, які висвітлюють себе через примноження прибутковості, пошук нових можливостей та інші. Задля визначення подальших можливостей ефективності управління підприємств сфери послуг в сучасних умовах необхідно застосування маркетингових методів для визначення стратегічного вектору розвитку. В сучасній літературі визначаються маркетингові методи дослідження, що використовують для аналізу та оцінювання ряду критеріїв, які покажуть найбільш загальне уявлення про роль підприємства на ринку, а також наскільки ефективно використовується потенціал підприємства.

Були досліджені існуючі методи маркетингових досліджень. Збудований їх класифікатор та відокремлені дві групи: Загальнонаукові методи маркетингових досліджень та Аналітико-прогностичні маркетингові методів дослідження. Запропонований класифікатор допоможе швидко

керівникам підприємств сфери послуг визначати той тип досліджений, якій підходить їм для реалізації і задоволення цілі маркетингових досліджень. За допомогою сформованого класифікатора були обрані три методи системного аналізу. За допомогою їх був проведено маркетингове дослідження сучасного стану сфери послуг України. Виявлені основні фактори загроз та можливості. Саме використання цих методів наразі притаманні в застосуванні в управлінні підприємствами сфери послуг в умовах війни. Саме такій підхід до проведення маркетингових досліджень дасть можливість керівникам компаній вибрати вірний напрямок стратегічного розвитку їх підприємств в умовах війни.

Ключові слова: маркетингові методи, маркетингові дослідження, сфери послуг, транспортна галузи, підприємства готельно-ресторанного бізнесу, маркетингові стратегія.

Постановка проблеми. Сфера послуг є важливим сектором економіки розвинутих індустріальних країн та займає все більш стійкі позиції у світовому господарстві. Для багатьох країн характерними є тенденції збільшення обсягів виробництва послуг, зростання доходів від сервісної діяльності, зростання зайнятості в цій сфері, загострення конкуренції, збільшення експорту та імпорту послуг. У структурі загального обсягу реалізованих послуг в Україні найбільшу питому вагу займали послуги транспорту та зв'язку – 50%. Частка послуг діяльності у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування – 6,6%, тимчасового розміщування та організації харчування – 5,0%, послуг у сфері мистецтва, спорту, розваг та відпочинку – 4,4%, частка послуг у сфері охорони здоров'я та надання соціальної допомоги – 2,1%[6]. Але ці данні на сьогоднішній момент досить зниженні, так як наразі наша держава перебуває в воєнному стані з РФ і сектор послуг став однією з головних в виконанні функції забезпечення та підтримки озброєних сил та цивільного населення.

Однак тенденція зміни зовнішнього середовища компаній в останні роки призводить до безпрецедентних викликів, з якими керівники компаній ще не стикалися. Війна та пандемія COVID-19 спричинила безпрецедентний економічний спад у всьому світі, а стратегії розвитку компаній, засновані на глобалізації та інтеграції, зазнали поразки. У цьому контексті необхідно сформулювати та розробити нові організаційно-економічні механізми стратегічного управління, які компенсуватимуть втрати на зовнішніх ринках. Основну увагу необхідно зосередити на функціонуванні в рамках національної економіки як основної альтернативи глобалізованим ринкам. Необхідно шукати нові чинники успішного стратегічного розвитку компанії для розробки нового механізму стратегічного управління. Нові умови діяльності вимагають перегляду існуючих стратегій та їх модернізації відповідно до глобальних змін[5]. Тобто, для стабілізації бізнесу в цих кризисних умовах необхідно використовувати інноваційні маркетингові методи в управлінні підприємств сфери послуг.

Аналіз і огляд останніх досліджень. Характеристику окремих аспектів маркетингової діяльності підприємств сфери послуг висвітлено в працях Артемчук В. [2], Безуглий А. [5], Гречан А. [5], Компанець К. [2,5], Литвишко Л. [2], Нуралієв С. [3], Парфєнтьєва О. [5], Салімон О. [5] та ін. Обґрунтування тези про зростання ролі сектора послуг у розвитку сучасної економіки знаходить своє підтвердження в працях таких Антонюк І.Ю. [1], Компанець К.А. [1], Медведева А.О. [1]., Пугачевська К.Й. [6] та інші. У роботах наведених вище авторів досліджуються методологічні, теоретичні та практичні аспекти розвитку сфери послуг в Україні.

Досліджено питання стратегічного розвитку підприємств враховуючі фактори кризи, що спричинено Covid-19 розкрито в роботі авторів Компанець К.А. , Литвишко Л.О. , Артемчук В.О.. Антонюк І.Ю., Медведева А.О., Компанець К.А – «Прийоми маркетингу в організації ресторанного бізнесу України під час війни». Але не зважаючи на велику кількість наукових здобутків не розкрито питання, щодо застосування тих чи інших маркетингових методів досліджень в управлінні підприємств сфери послуг в сучасних умовах війни. Саме цей факт і дав підстави для визначення мети статті.

Мета дослідження. Мета статті полягає в методологічно - теоретичних аспектах використання інноваційних маркетингових методів в управлінні підприємств сфери послуг.

Основна частина. Сучасний світ знаходиться в тяжких політичних та пандемічних умовах. Наприкінці лютого 2022 року різні галузі, в тому числі й сфера послуг, призупинили свою діяльність через бойові дії на території нашої держави. Український бізнес зазнав більших втрат, ніж за час пандемії. Наслідки завданої шкоди важко оцінити, оскільки бізнес по всій території країни досі під загрозою[1]. Наразі відбулось суттєве відновлення всіх секторів української економіки. Особливий увага і припала на транспортний і готельно - ресторанний сектор сфери обслуговування. Саме ці галузі народного господарства в цих складних умовах виконують функції забезпечення всім необхідним українського населення та ЗСУ.

До сфери послуг відносяться галузі господарства, які обслуговують населення, забезпечують задоволення їх матеріальних та духовних потреб. До цієї сфери відносять освіту, відпочинок, здоров'я, матеріальне становище людини, а також підвищення кваліфікації працівників, збільшення частки вільного часу. Рівень розвитку сфери послуг на пряму залежить від рівня розвитку соціальної інфраструктури[6]. Основну структуру сфери послуг представлено на рис 1.

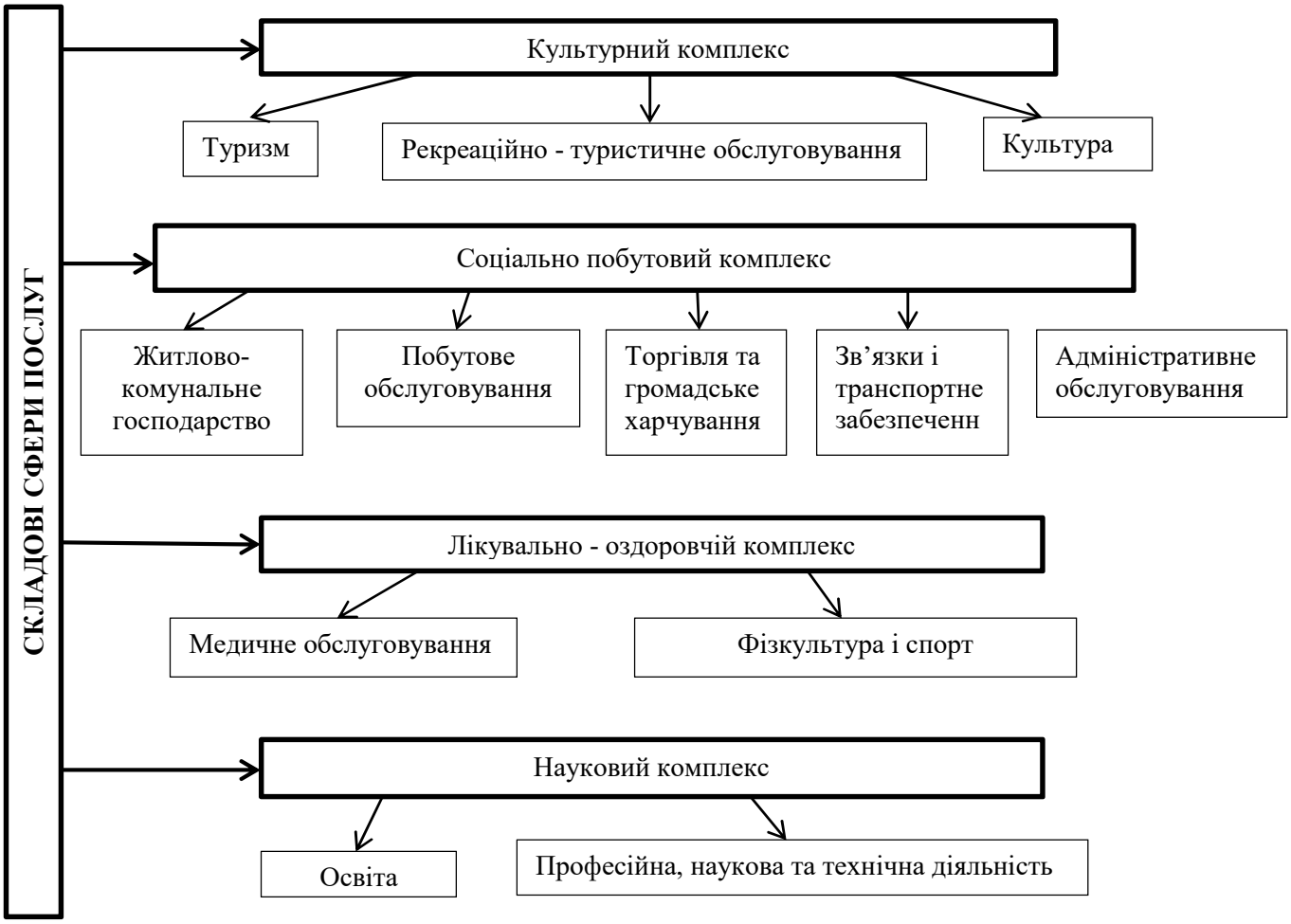


Рисунок 1 - Структура сфери послуг України
Figure 1 - Structure of the service sector of Ukraine
Джерело: Сформовано авторами

Враховуючі структуру сфери послуг України її різноманітність стало за необхідне визначити головну роль кожного компоненту в економіці України. Таким чином досліджено частку кожного комплексу сфери послуг в економіці країни. За основу були взяти показники звітності «Державної служби дослідження України» [4]. Аналіз обсягів реалізованих послуг підприємствами сфери послуг за видами економічної діяльності у IV кварталі 2021 року представлено на рис 2.



Рисунок 2 - Обсяг реалізованих послуг підприємствами сфери послуг за видами економічної діяльності IV кварталі 2021 року у % до загального обсягу
Figure 2 - The volume of services implemented by enterprises in the service sector by types of economic activity in the IV quarter of 2021 in % of the total volume
Джерело: сформовано авторами [4]

Тобто, за класифікацією Державної служби статистики України перше місце на кінець 2021року припало на освіту і становить 92,4 % до загального обсягу реалізованих видів послуг України. Але ми не можемо не відокремити таки види сфери послуг як транспортні і тимчасове розміщення та харчування. Саме ці сектори є основним підтримуючою складовою в сучасних умовах воєнного стану Україні. Вони забезпечують українців та військових всім необхідним, тому ці сектори в 2021р займали 1 та 3 місця і відігравали велику роль в економіці України, наразі ці показники зростуть в 2022році так стверджують експерти.

Поглиблення ринкових відносин в економіці малого та середнього бізнесу як основних суб'єктів ринку, їх безперервне зростання та різноманітність форм власності вимагають від керівників відповідних змін та перетворень, які дали б змогу підприємствам найкращим чином відповідати потребам сьогодення як за своєю технічною базою, так і за структурою та організацією обслуговування споживачів і суб'єктів господарювання[2].

Головною частиною діяльності підприємства являється старання досягти більш кращих результатів діяльності, які висвітлюють себе через примноження прибутковості, пошук нових можливостей та інші. Задля визначення подальших можливостей ефективності управління підприємств сфери послуг в сучасних умовах необхідно застосування маркетингових методів для визначення стратегічного вектору розвитку. В сучасній літературі визначаються маркетингові методи дослідження, що використовують для аналізу та оцінювання ряду критеріїв, які покажуть найбільш загальне уявлення про роль підприємства на ринку, а також наскільки ефективно використовується потенціал підприємства. В таблиці 1 представлені різновид маркетингових методів.

Таблиця 1 – Різновид загальнонаукових і аналітико-прогностичних маркетингових методів дослідження

Table 1 – A variety of general scientific and analytical and prognostic marketing research methods

Назва маркетингових методів	Загальна характеристика маркетингових методів
1	2
Загальнонаукові методи маркетингових досліджень	
Системний аналіз.	Цей метод дозволяє розглядати будь-яку ринкову ситуацію як об'єкт з широким діапазоном внутрішніх і зовнішніх причинно-наслідкових зв'язків. Наприклад, швидке поширення комп'ютерної техніки пов'язане з досягненнями в галузі науки і техніки, збільшеною потребою в інформаційному забезпеченні.
Комплексний аналіз.	Цей метод аналізу дозволяє досліджувати ринкову ситуацію, розглядаючи її як об'єкт зі складною структурною основою. Наприклад, проблема ринку окремого товару багато в чому пов'язана зі зміною попиту, товарної пропозиції, ціни, системи розподілу і т. Д. Вивчаючи їх в комплексі, можна визначити стратегічні і тактичні рішення з оптимізації ситуації.
Метод програмно-цільового планування.	Цей метод аналізу використовується при розробці та реалізації стратегії і тактики маркетингу. На цьому методі заснована вся планова маркетингова діяльність підприємства.
Аналітико-прогностичні маркетингові методів дослідження	
Метод лінійного програмування.	Цей математичний метод дослідження заснований на виборі з ряду альтернативних рішень найбільш сприятливого (з мінімальними витратами, максимальним прибутком, найменшими витратами часу або зусиль). Наприклад, вдосконалення асортименту товарів при обмежених ресурсах, оптимізація товарних запасів, раціоналізація маршрутів доставки товарів.
Метод, заснований на теорії масового обслуговування.	Цей метод використовується при виборі черговості обслуговування замовників, складанні графіків поставок товарів та вирішенні інших аналогічних завдань. Метод заснований на вивченні складається закономірності розвитку ринку та потоку заявок на обслуговування.
Метод, заснований на теорії зв'язку	Цей метод дозволяє своєчасно отримати сигнальну інформацію про процеси, що виходять за межі встановлених параметрів, і підвищує ефективність використання одержуваних інформаційних даних. У маркетинговій діяльності такий підхід дає можливість управляти товарними запасами, т. Е. Регулювати надходження і відвантаження, а також процесами виробництва і збуту, т. Е. Пов'язувати виробничі потужності з можливостями збуту.
Метод, заснований на теорії ймовірностей.	Ця теорія сприяє прийняттю правильних рішень, які зводяться до вибору з можливих дій найбільш пріоритетним. Наприклад, виробляти або не виробляти якийсь продукт, реорганізовувати або розширювати виробництво, проникати на ринок чи ні.
Метод мережевого планування.	Цей метод дає можливість регулювати послідовність окремих видів робіт у рамках конкретної програми. Метод дозволяє чітко фіксувати основні етапи роботи, визначати терміни їх виконання, розмежовувати відповідальність, економити витрати, передбачати можливі відхилення. Метод найбільш ефективний при розробці програми виробництва нового товару, організації пробних продажів, підготовку та проведення збутових і рекламних кампаній.
Метод, заснований на ділових іграх.	Ділові ігри допомагають вирішити реальні маркетингові ситуації шляхом імітування дій різних суб'єктів ринку. Наприклад, "програвання" декількох варіантів виходу на нові ринки дозволяє знайти оптимальне рішення для фірми.
Метод функціонально-вартісного аналізу.	Цей метод застосовується для комплексного вирішення завдань, пов'язаних з підвищенням якості продукції при одночасній економії матеріальних і трудових ресурсів компанії.

Продовження табл. 1.

1	2
Метод економіко-статистичного аналізу.	Цей метод використовується для комплексного вирішення завдань і дає можливість компанії здійснювати пошук раціональних рішень в області вдосконалення технології виробництва продукції та забезпечення її конкурентоспроможності на ринку. Вирішення цього завдання пов'язане з підвищенням якості продукції, що випускається і одночасно економією матеріальних і трудових ресурсів.
Економіко-математичне моделювання.	Цей метод використовується для опису системи зв'язків між подіями, діями чи процесами і дає можливість з урахуванням діючих факторів зовнішнього і внутрішнього середовища оцінити перспективи розвитку конкретного ринку, визначити стратегію і тактику маркетингової діяльності, можливі відповідні кроки конкурентів, оптимальні витрати на маркетинг для отримання необхідного розміру прибутку.
Метод експертних оцінок.	Експертні оцінки дозволяють виявити сильні і слабкі сторони підприємства, оцінити ефективність тих чи інших маркетингових заходів. Правильне проведення експертизи передбачає вирішення питань, пов'язаних з формуванням експертної групи, процедурою експертизи, вибором методів обробки результатів експертних оцінок. Процедура експертизи передбачає колективне обговорення ідей на основі проведення дискусій чи опитувань із застосуванням анкет.

Джерело: удосконалено авторами [3]

В сучасних нестабільних політичних та економічних умовах необхідно використовувати методи швидкого реагування на динаміку змін в зовнішньому та внутрішньому середовищі. Саме наразі необхідно використання Загальнонаукових методів маркетингових досліджень, до яких належать SPACE, PEST та SWOT – аналізу.

SPACE (strategic position and action evaluation – оцінка стратегічного становища та дій) – це загальний метод, який слугує для для аналізу позицій підприємства на ринку та вибору оптимального варіанта стратегії розвитку для підприємств. Він дає змогу вибрати, класифікувати та проаналізувати найважливіші характеристики внутрішнього й зовнішнього середовища підприємства та на основі отриманих даних, рекомендувати варіанти стратегій, для розвитку компанії [7, с 127].

Для аналізу використовують наступні критерії оцінювання стратегічного стану підприємства:

– фінансова сила підприємств сфери послуг;

– конкурентоспроможність підприємств та його становище на ринку (частка підприємства на ринку та його динаміка, асортимент послуг, можливості до маркетингових заходів, можливість активно впливати на рівень ціни витрат, зв'язки з клієнтами, рентабельність продажу);

– привабливість сектора (галузі), у якому діє підприємство;

– стабільність галузі, у якій діє підприємство.

Для того, щоб проаналізувати рівень привабливості галузі найкраще буде скористатися моделлю п’яти конкурентних сил М. Портера. Тому цей метод доречно використовувати керівниками певного підприємства, що надає послуги.

Головна суть PEST-аналізу є находження і оцінка впливу факторів зовнішнього середовища на сьогоднішні та майбутньої результати діяльності компанії.

PEST – представляє абревіатуру чотирьох англійських слів: P – Politicallegal – тобто вплив політико-правових факторів, E – Economic – це вплив економічних факторів, S – Sociocultural – представляє під собою вплив соціокультурних факторів, T – Technological forces – становить вплив технологічних факторів. [7]

Головною ціллю PEST-аналізу є моніторинг змін зовнішнього середовища за чотирма основними напрямками та визначення тенденцій і подій, які є непідконтрольні організації, але впливають на прийняття стратегічних рішень.

Дослідження політичного та економічного аспекту макросередовища на сьогодні є досить актуальним, ому нами був проведено саме PEST-аналіз діяльності підприємств сфери послуг в сучасних нестабільних умовах. Для оцінки впливу використовувалась шкала від 1 до 5, де 5 – це наявність серйозної загрози, а 1 – це відсутність загрози. (табл. 2.)

Таблиця 2. - PEST-аналіз підприємств сфери послуг в сучасних умовах
Table 2. - PEST analysis of enterprises in the service sector in modern conditions

Політичні фактори	Оцінка	Економічні фактори	Оцінка
1. Втрата перспективних ринківу зв'язку з розширенням військових дій.	3	1. Коливання курсу національноївалюти відносно курсу долару США.	2
2. Зміна законодавства щодо податкової політики.	2	2. Динаміка показників економічного розвитку країни	2
3. Нестабільність уряду. Вибори нового президента і парламенту.	2	3. Явні зміни цін на ключовіресурси (паливо).	4
Соціальні фактори	Оцінка	Технологічні фактори	Оцінка
1. Зміна купівельної спроможності споживачів	3	1. Розвиток інформаційно-комунікаційних технологій.	1
2. Переорієнтація у культурі задоволення потреб населення	2	2. Широке поширення Інтернет-інструментів.	2
3. Демографічні зміни .	1	3. Влив технологічних інновацій викликаних НТП.	1

Джерело: сформовано авторами

На сьогоднішній день в нашій країні воєнний стан, що спричинив і кардинальні зміни в економіці, котрі вплинуть на такі важливі для сфери послуг аспекти, як ціна на паливо і, як наслідок, вартість доставки продукції, і купівельна спроможність клієнтів.

Алгоритм дій SWOT-аналізу прогнозує спочатку визначення сильних та слабких сторін, можливостей та загроз, а після цього знаходження зв'язків між ними. Дані зв'язки в майбутньому можуть бути використані для створення стратегії підприємства. Для початку потрібно визначити, які загрози являються найбільш вірогідними та які ризики вони можуть створити. Саме ці загрози потребують найбільш високої концентрації зусиль з метою їх усунення. Теорія М. Портера про конкурентоспроможність підприємства у власній галузі, закладена в основу методології SWOT-аналізу (табл. 3.)

Таблиця 3 – Матриця SWOT- аналізу сфери послуг України
Table 3 – Matrix of SWOT analysis of the service sector of Ukraine

Сильні сторони	**Оцінка в балах**	**Слабкі сторони**	**Оцінка в балах**
1	2	3	4
1. Великий асортимент послуг на ринку	3	1. Плинність кадрів	2
2. Швидке і якіснеобслуговування споживачів на всіх секторах сфери послуг	4	2. Адаптивний ціновий діапазон послуг;	3
4. Значна кількість постійних клієнтів сектору сфери послуг	2	3. Вироблення тактики «непохитної економічної стабільності».	3
5. Демократичне ціноутворення	3		
Можливості	**Оцінкав балах**	**Загрози**	**Оцінкав балах**
1. Збільшення кількості послуг	4	1. Підвищення цін на паливо	4

Продовження табл. 3

1	2	3	4
2. Розвиток організації надання послуг та вихід на міжнародний ринок	3	2. Вихід на ринок новихконкурентів	2
3. Підвищення якості надання послуг	4	3. Нестабільність курсу валют	3
4. Підвищеня кваліфікації робітників сфери послуг	2	4. Зниження платоспроможності споживачів	3
5. Розширення клієнтської бази	3		

Джерело: сформовано авторами

Для того, щоб визначити, які є можливі стратегії розвитку потрібно орієнтуватися на найбільш значимі можливості у макросередовищі та на найбільш високу оцінку слабких сторін кожного підприємства сфери послуг. Основні методи, які використовують підприємства сфери послуг у конкурентній боротьбі, виглядають наступним чином: якісніше надання послуг, чим у конкурентів, рівень надання послуг обслуговування споживачів находиться на більш високому ріні та інші.

Висновки. Визначальним етапом в проведені маркетингових досліджень відіграє вибір методів. Використання представлених маркетингових методів залежать від цілі проведення дослідження. Але в сучасних умовах залишається все-таки мінливе середовище, яке негативно впливає на підприємства сфери послуг. Керівники підприємств повинні самостійно визначати застосування того чи іншого методу в своїх маркетингових досліджень, враховуючі види послуг, стан війни в країні і свої конкурентні позиції на ринку.

Перелік посилань

1. Антонюк І.Ю., Медведева А.О., Компанець К.А. Прийоми маркетингу в організації ресторанного бізнесу України під час війни. *Наука і техніка.* Випуск № 5(5) 2022. С. 78-87 URL: https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-5(5)-78-86

2. Компанець К.А. , Литвишко Л.О. , Артемчук В.О. Особливості інноваційного стратегічного управління підприємствами під час пандемії Covid-19. *Інвестиційно-інноваційна діяльність. Інтелект XXI.* № 1. 2021. URL: DOI: https://doi.org/10.32782/2415-8801/2021-1.16

3. Нуралієв С.У. Маркетинг. Навч. Посібник. 2013. https://stud.com.ua/732/marketing/marketing

4. Офіційний сайт «Державної служби статистики» https://www.ukrstat.gov.ua/

5. Парфєнтьєва О., Гречан А., Безуглий А., Компанець К., Салімон О. (2022). Організаційно-економічний механізм стратегічного управління розвитком підприємств у системі національної економіки. *Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice*. 2022. *6*(41), 307–317. URL: https://doi.org/10.18371/fcaptp.v6i41.251463

6. Пугачевська К.Й. Сфера послуг в Україні: особливості розвитку та стратегічні перспективи. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету*. С. 52-55. URL: http://vestnik-econom.mgu.od.ua/journal/2016/18-2016/12.pdf

7. Стратегічний менеджмент. *Навч. Посібник.* URL: https://pidru4niki.com/89724/menedzhment/strategichniy_menedzhment

MARKETING METHODS OF RESEARCH IN THE MANAGEMENT OF SERVICE SECTOR ENTERPRISES

Horodetskyi Mykola Ya., candidate of economic sciences, senior lecturer at the Department of International Tourism and Hotel Business, West Ukrainian National University. Ternopil, Ukraine, 0672083508@ukr.net, https://orcid.org/0000-0003-3312-5945

Parokhnenko Oleksiy S., senior lecturer at the Department of Management, National Transport University, Kyiv, Ukraine, o.parokhnenko@ntu.edu.ua, https://orcid.org/0000-0002-4369-4327

Fedoryak Ruslan M., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Hotel and Restaurant Business. State University of Trade and Economics. Kyiv, Ukraine, r.fedoryak@knute.edu.ua, https://orcid.org/0000-0002-6058-7443

Abstract. The article discusses the role of marketing research methods in the management of enterprises in the service sector. A classifier of areas of the service sphere is provided, which makes it possible to identify priority areas for their further development. The influence of each sector of the service sphere in the economy of Ukraine was studied. It has been established that the determining factor is service sector enterprises providing educational, transport and hotel and restaurant services. Currently, the last two sectors of the service sector play a significant role in the modern conditions of the state of war. They currently provide the population of Ukraine and the Armed Forces of Ukraine with everything necessary for the survival of society.

The main part of the company's activity is the effort to achieve more and better results of activity, which highlight themselves through the increase of profitability, the search for new opportunities, and others. In order to determine the further possibilities of management efficiency of enterprises in the service sector in modern conditions, it is necessary to apply marketing methods to determine the strategic vector of development. Marketing research methods are defined, which are used to analyze and evaluate a number of criteria that will show the most general idea about the role of the enterprise in the market, as well as how effectively the potential of the enterprise is used.

The existing methods of marketing research were investigated. Their classifier was built and two groups were separated: General scientific methods of marketing research and Analytical and prognostic marketing research methods. The proposed classifier will help managers of enterprises in the service sector to quickly determine the type of research that is suitable for them to implement and satisfy the purpose of marketing research. With the help of the formed classifier, three methods of system analysis were chosen. With their help, a marketing study of the current state of the service sector in Ukraine was conducted. The main factors of threats and opportunities are identified. The use of these methods is currently inherent in the application in the management of enterprises of the service sector in wartime conditions. It is this approach to conducting marketing research that will enable company managers to choose the right direction for the strategic development of their enterprises in wartime conditions.

Keywords: marketing methods, marketing research, service sectors, transport industry, hotel and restaurant business enterprises, marketing strategy.

References

1. Antonyuk I.Yu., Medvedeva A.O., Kompanets K.A. (2022) Pryiomy marketynhu v orhanizatsii restorannoho biznesu Ukrainy pid chas viiny. [Marketing techniques in the organization of the restaurant business of Ukraine during the war]. Science and technology. Issue No. 5(5) P. 78-87 Retrieved from: https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-5(5)-78-86 [in Ukrainian].

2. Kompanets K.A. , Litvyshko L.O. , Artemchuk V.O.(2021) Osoblyvosti innovatsiinoho stratehichnoho upravlinnia pidpryiemstvamy pid chas pandemii Sovid-19. [Features of innovative strategic management of enterprises during the Covid-19 pandemic]. Investment and innovation activity. Intelligence XXI. No. 1. Retrieved from: DOI: https://doi.org/10.32782/2415-8801/2021-1.16 [in Ukrainian].

3. Nuraliyev S.U. (2013) Marketynh. [Marketing]. Education Manual. 2013. https://stud.com.ua/732/marketing/marketing [in Ukrainian].

4. Ofitsiinyi sait «Derzhavnoi sluzhby statystyky» [Official website of the "State Statistics Service"] Retrieved from: https://www.ukrstat.gov.ua/ [in Ukrainian].

5. Parfientyeva O., Grechan,A., Bezugliy A., Kompanets K., Salimon, O. (2022). Orhanizatsiino-ekonomichnyi mekhanizm stratehichnoho upravlinnia rozvytkom pidpryiemstv u systemi natsionalnoi ekonomiky. [Organizational and economic mechanism of strategic management of the development of enterprises in the system of the national economy]. Financial and Credit Activity Problems of Theory and Practice, 6(41), 307–317. Retrieved from: https://doi.org/10.18371/fcaptp.v6i41.251463 [in Ukrainian].

6. Pugachevska K.Y. Sfera posluh v Ukraini: osoblyvosti rozvytku ta stratehichni perspektyvy. [The sphere of services in Ukraine: peculiarities of development and strategic prospects]. Scientific Bulletin of the International Humanitarian University. P. 52-55. Retrieved from: http://vestnik-econom.mgu.od.ua/journal/2016/18-2016/12.pdf [in Ukrainian].

7. Stratehichnyi menedzhment. [Strategic management]. Education Manual. Retrieved from: https://pidru4niki.com/89724/menedzhment/strategichniy_menedzhment [in Ukrainian].

УДК 338.246.832 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-424-431**
UDC 338.246.832

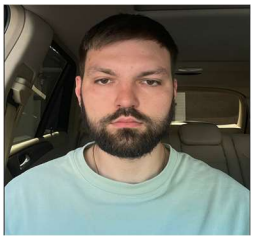
ФОРМУВАННЯ МАРКЕТИНГОВОЇ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ АТП В СУЧАСНИХ УМОВАХ

FORMATION OF A MARKETING STRATEGY FOR THE DEVELOPMENT OF ATP IN MODERN CONDITIONS



Боб'як Арсен Васильович, *аспірант кафедри менеджменту, Національного транспортного університету, Київ, Україна,*

https://orcid.org/0000-0003-2576-8406



Демішкан Федір Володимирович*, аспірант кафедри менеджменту, Національного транспортного університету, Київ, Україна,*

https://orcid.org/0000-0001-5726-1605

Анотація. В статті досліджуються сучасні підходи до формування стратегії розвитку підприємств в сучасних умовах. Враховуючі той факт, що Україна перебуває в стані війни з РФ, стратегії, що використовували раніше автотранспортні підприємства не можуть використовуватись наразі в повному обсязі. Тому в статті запропонований напрям стратегічного управління, що допоможе зберегти АТП в сучасних умовах свою цілісність.

Досліджено роботи іноземних та українських вчених. Що дало підстави до визначення напряму управління автотранспортним підприємством в сучасних умовах війни. Але врахування того, що роботи авторів присвячені маркетинговим стратегіям при сталому розвитку держави. Вони не дуже актуальні при застосуванні в сучасних умовах війни. Тому стало за необхідне формування маркетингову стратегію розвитку автотранспортного підприємства в сучасних умовах.

Було встановлено, що будь яка стратегія формується на підставі головної місії та цілі підприємства. Так як сучасна транспортна галузь змінила свою головну місію і її направленість стала в забезпечені озброєних сил України та мирного населення всім необхідним. В статті запропоновано класифікатор стратегічних цілей підприємства в залежності від його стадії життєвого циклу.

В статті запропоновано механізм поетапного формування нової маркетингової стратегії. Враховуючі той факт, що визначення маркетингової стратегії розвитку підприємства залежить і від конкретної ситуації, що склалася як всередині підприємства, так і у зовнішньому оточенні на час розроблення стратегії. Тому в статті встановлені типові дії та етапи їх виконання.

Досліджено два варіанти розвитку автотранспортних підприємств: маркетингова стратегія пов’язана з розвитком системи перевезень; стратегія спрямована на розвиток виробничо-технічної бази і пов’язана з наданням послуг із забезпечення працездатності автомобілів. Доведено, що наразі в умовах воєнного стану для подальшого розвитку автотранспортної галузі необхідно використовувати стратегію спрямовану на збереження ВТБ. Запропонована імітаційна модель розвитку ВТБ автотранспортного підприємства в сучасних умовах.

Ключові слова: стратегія розвитку, маркетингові стратегії, автотранспортні підприємства, конкурентоспроможність, стратегічне управління, воєнний стан.

Постановка проблеми. Основні напрямки стратегічного розвитку та конкурентоспроможності транспортних підприємств в сучасних країнах були: високотехнологічний розвиток автомобільні перевезення шляхом впровадження інновацій у транспортні засоби та дороги, інфраструктура; підтримка розвитку високошвидкісної залізниці або альтернативного транспорту; екологізація транспорту за рахунок новітніх технологій та оптимізація використання транспорту; взаємний

інтеграція транспортних систем країн шляхом створення єдиного транспортного простору; поширення використання технологій супутникової навігації та цифрової логістики тощо[11].

Але всі ці нововведення в українські АТП в сучасних умовах воєнного стану стають неможливими. Втручання РФ на територію України спричинило глобальну кризу у всіх напрямках економічної діяльності. Наразі стоїть питання не про інноваційний напрямок діяльності АТП, а про формування маркетингової стратегій розвитку їх, які зможуть використовуватись в сучасних умовах і після воєнного встановлення галузі. Саме ці аспекти стали причиною наукового дослідження.

Аналіз і огляд останніх досліджень. Наразі питанням стратегічного розвитку підприємств приділяється дуже багато уваги. Здобутки в цьому направленні віст лені в роботах українських та іноземних вчених: Ансофф І. [1], Безуглий А. [11], Вагнер І. [2], Василенко В.[3], Височило О. [5], Виханский О. [4], Гречан А. [11], Гроза А. [11], Йохонсон Г. [14], Компанець К. [5, 11], Корецький М. [6], Литвишко Л. [5], Мартиненко М. [7], Парфентьєва Е. [11], Скоулз К. [15], Томпсон А. [8], Хаттен К. [15], Хаттен Т. [12], Хиггинс Дж. [13], Цимбал С. [9], Шендель Д. [15], Шершньова З. [10] та інші. Дослідження підходів до визначення стратегії вказує на ототожнення понять “стратегія” і “стратегічне управління”, оскільки, посилаючись на розглянути вище погляди авторів, вони визначають стратегію як комплексний план, правила, прийоми, процедури, що є основою реалізації стратегії, тобто процесом управління з досягнення стратегічних цілей у будь - якій сфері діяльності господарюючого суб’єкта. Але питанню формування стратегії розвитку в сучасних умовах не достатньо відображаються в наукових працях. Тому враховуючі сучасний стан війни України, що суттєво впливає на автотранспортну галузь, стає за необхідне в формуванні стратегії розвитку, що стане в нагоді в подальшому.

Мета дослідження. Метою статті є теоретично-методичні аспекти формування маркетингової стратегії розвитку АТП в сучасних умовах

Основна частина. Значення вироблення стратегії, що дозволяє підприємству виживати в конкурентній боротьбі та у довгостроковій перспективі, надзвичайно велике. В умовах жорсткої конкуренції і ситуації на автотранспортному ринку, що швидко змінюється, дуже важливо не тільки зосереджувати увагу на внутрішньому стані справ підприємства, але й розробляти довгострокову стратегію, що дозволила б їй встигати за змінами, що відбуваються в зовнішньому середовищі. У минулому багато підприємств могли успішно функціонувати, звертаючи увагу в основному на щоденну роботу, внутрішні проблеми, пов'язані з підвищенням ефективності використання ресурсів у поточній діяльності. Наразі, все ж незмінним залишається завдання раціонального використання потенціалу в поточній діяльності, однак винятково важливим стає здійснення такої стратегії, що забезпечує адаптацію автотранспортних підприємств до мінливого навколишнього середовища, що характеризується воєнним станом України.

В цілому стратегію розглядають як довгостроковий, якісно визначений напрямок розвитку підприємства, який стосується активів компанії, її ресурсів, сфери, коштів і форми її діяльності, системи взаємовідношень всередині організації, а також позиції організації стосовно навколишнього середовища, які приводять організацію до її цілей. Стратегію пов'язують з набором правил, якими керується організація при прийнятті управлінських рішень, щоб забезпечити здійснення місії та досягнення господарських цілей організації [9, с. 69-73].

Можна стверджувати, що кожне підприємство унікальне в своєму роді, тому і процес формування його стратегій свій власний, так як залежить від позиції підприємства на ринку, динаміки його розвитку, потенціалу, поведінки конкурентів, характеристик виготовлюваного товару або надаваних послуг, стану економіки, культурного середовища і т.д. Єдиної стратегії для всіх підприємств існувати не може.

Саме тому першим істотним кроком при формуванні стратегії, стане вибір місії та цілей підприємства, що характеризуватиме її діяльність на споживчому ринку та направлення на досягнення певних стратегічних цілей і тактичних задач, які дозволяють забезпечити ефективну господарську діяльність, виживання і його конкурентоспроможність на ринку. [6, с.240]

Формування цілей підприємства, а саме вибір основних із них залежить і від стадії життєвого циклу підприємства, які представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Класифікація цілей в залежності від стадії життєвого циклу підприємства
Table 1 – Classification of goals depending on the stage of the life cycle of the enterprise

Стадія життєвого циклу	Головна ціль підприємства	Основне завдання
Народження	Виживання	Вихід на ринок
Дитинство	Короткочасний прибуток	Закріплення позицій на ринку
Юність	Прискорений ріст об'ємів продаж та прибутку	Захоплення своєї частини ринку
Рання зрілість	Постійний ріст об'ємів діяльності	Диверсифікація діяльності (освоєння додаткових напрямків діяльності)
Зрілість	Формування іміджу підприємства і збалансований ріст	Закріплення позицій підприємства на освоєному ринку
Старіння	Збереження позицій	Забезпечення стабільності господарської діяльності
Відродження	Оживання (пошук додаткових імпульсів в діяльності)	Омолодження (технічне переозброєння, нові постачальники, застосування нових технологій і т.п.)

Джерело: сформовано автором

В контексті місії підприємства важливим інструментом її здійснення є стратегічне управління, і його основоположне завдання полягає в тому, щоб забезпечити взаємозв'язок місії з основними цілями організації в умовах змінного економічного середовища.

У фундаментальних працях багатьох вчених існує значна кількість конструктивних підходів до визначення поняття «стратегічне управління», сформованих зарубіжними та вітчизняними науковцями (табл. 2).

Таблиця 2 – Трактування поняття «стратегічне управління»
Table 2 – Interpretation of the concept of "strategic management"

Автор теорії	Характеристика теорії
1	2
Д. Шендел К.Хаттен	Стратегічне управління – процес визначення і встановлення зв'язку організації (фірми) з її оточенням, що полягає в реалізації вибраних цілей і в намаганнях досягнути бажаного стану взаємовідносин з оточенням за допомогою розподілу ресурсів, що дозволяє ефективно і результативно діяти організації і її підрозділам. [15, с.99-102]
Дж. Хіггенс	Стратегічне управління – це процес управління з метою здійснення місії організації з допомогою управління взаємодією фірми з її оточенням.[12, с.34]
С. Хаттен	Стратегічне управління – процес визначення та встановлення взаємозв'язків організації з навколишнім середовищем, що полягає в досягненні вибраних цілей і бажаного стану взаємовідносин з ним шляхом розподілу ресурсів, що дає можливість організації та її підрозділам діяти ефективно та результативно. [11, с.41]
Г. Джонсон К. Склуз	Стратегічне управління – це аналіз поточної діяльності фірми в конкурентному середовищі; розробка, оцінка та вибір альтернатив, реалізація вибраної стратегії.[14, с.10]
Томпсон А.А. Стрікленд А. Дж.	Стратегічне управління – багатоплановий, формальноповедінковий управлінський процес, який допомагає формулювати та виконувати ефективні стратегії, що сприяють балансуванню відносин між організацією, включаючи її окремі частини, та зовнішнім середовищем, а також досягненню встановлених цілей. [8, с.18]
І. Ансофф	Стратегічне управління є переліком правил для прийняття рішень, якими організація користується в своїй діяльності [1, с.27]
Віханський О.С.	Стратегічне управління – це процес управління складною організацією який забезпечує погодження цілей, можливостей організації, інтересів власників і працівників зовнішніщнім середовищем, що швидко змінюється. [4, с.16]

Продовження табл. 2

1	2
Шершньова З.Є.	Стратегічне управління – це реалізація концепції, в якій поєднуються цільовий, системний, ситуаційний та інтегральний підходи до діяльності підприємства, що дає змогу встановлювати цілі розвитку, порівнювати їх з наявними можливостями підприємства та приводити їх у відповідність з останніми, розробляючи та реалізуючи систему стратегій. [10, с. 19]
Василенко В.О. Ткаченко Т.І.	Стратегічне управління – це не тільки сукупність концепцій, підходів і методів, це складна система, що являє собою динамічний процес аналізу, вибору стратегій, планування, забезпечення і реалізацію розроблених планів організацією, що полягає в повторюваному циклі розв'язання п'яти основних завдань (етапів). [3, с. 22]
Мартиненко М.М. Ігнатьєва І.А.	Стратегічне управління з точки зору загального менеджменту можна розглядати як сукупність специфічних процесів прийняття управлінських рішень щодо формування мети та визначення цілей організації. Вибору стратегій її діяльності та використання ресурсів у ринковому середовищі, що забезпечують реалізацію цих стратегій [7, с.10]
Компанець К.А., Литвишко Л.О., Височило О.М.	Стратегічне управління розглядають як сучасний стратегічний маркетинг, що повинен спиратись на новітні важелі управління підприємством у глобалізаційному середовищі, яке базується на принципах і методах менеджменту[5, с.56].

Джерело: сформовано авторотами [1-5; 7-15]

Отже, стратегічне управління - це прогнозування, пов'язане з розробкою і концептуалізацією уявлень про те, куди прямує організація.

Стратегічне управління можна розглядати як сукупність п'яти викладених нижче взаємозв'язаних управлінських процесів і пов'язаних з ними типових дій [9, с.199], які наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Етапність формування маркетингової стратегії розвитку
Table 3 – Stages of formation of the marketing strategy of development

Процеси та етапи	Типові дії
1. Діагностика і аналіз зовнішнього та внутрішнього середовища	– проведення поточного стратегічного аналізу підприємства – діагностика зовнішнього та внутрішнього середовища
2. Визначення і постановка місії та цілей	– формулювання стратегії та стратегічних цілей підприємства – розробка концепції корпоративної стратегії та програми дій
3. Формулювання шляхів реалізації, вибір пріоритетів	– визначення технологій і ресурсів для реалізації стратегії – створення збалансованої стратегії по видах діяльності – перевірка можливості реалізації стратегії
4. Реалізація стратегій	– управління стратегічними активами – організація ефективної реалізації стратегії – мотивація топ-менеджменту на досягнення стратегічних цілей компанії
5. Оцінка і контроль виконання	– стратегічний контроль

Джерело: сформовано авторами

Водночас визначення маркетингової стратегії розвитку підприємства залежить і від конкретної ситуації, що склалася як всередині підприємства, так і у зовнішньому оточенні на час розроблення стратегії. Це та інше різноманіття стратегій, які комерційні та некомерційні організації демонструють у реальному житті, є різними модифікаціями декількох базових стратегій, які є ефективними за певних умов і стану внутрішнього та зовнішнього середовища, до того ж кількість стратегій розвитку підприємства є практично необмеженою, тому необхідно розглядати причини, чому організація вибирає ту, а не іншу стратегію. [3, с. 196]

В сучасних умовах перед більшістю автотранспортних підприємств (АТП) виникла проблема ефективності використання наявних ресурсів, у першу чергу, основних фондів. Надлишкові резерви підприємств досягли критичного рівня, і змушують автотранспортні підприємства вести пошук можливих варіантів використання наявного рухомого складу та виробничо-технічної бази для досягнення підприємствами своїх цілей, у першу чергу - для одержання прибутку.

Пошук стратегій розвитку вітчизняних автотранспортних підприємств є актуальним у зв'язку з тим, що планова економіка боролась за одне з перших місць у світі за рівнем спеціалізації виробництва і створила величезні монопродуктові об'єкти діяльності. На автомобільному транспорті такими об’єктами є, в першу чергу, комплексні автотранспортні підприємства (АТП), які показали свою неспроможність ефективно працювати в сучасних ринкових умовах. Необхідність пристосування до нових економічних умов змушує шукати напрямки додаткового використання наявного виробничого потенціалу.[2, с.135]

Тому можна відзначити дві найбільш доцільних та можливих для реалізації стратегій розвитку [9, с.234-238]: стратегія пов’язана з розвитком системи перевезень; стратегія спрямована на розвиток виробничо-технічної бази і пов’язана з наданням послуг із забезпечення працездатності автомобілів. Кожна з наведених стратегій містить безліч різних варіантів які мають спільні риси, тобто ми можемо при їх виборі користуватися одними формулами та економічними залежностями для визначення прибутку. Перелік можливих варіантів розвитку для АТП наведено в таблиці 4

Таблиця 4 – Перелік варіантів розвитку автотранспортного підприємства
Table 4 – List of options for the development of the motor vehicle enterprise

Стратегія розвитку	**Варіанти розвитку**
Стратегія пов’язана з розвитком системи перевезень	1. Міські пасажирські та таксомоторні перевезення; 2. Перевезення і виготовлення будівельних сумішей у бетонозмішувачах; 3. Перевезення вантажів малотоннажними автомобілями; 4. Перевезення вантажів, що потребують спеціальних температурних умов транспортування; 5. Міжнародні пасажирські перевезення; 6. Міжміські та приміські пасажирські перевезення; 7. Перевезення палива та небезпечних вантажів.
Стратегія спрямована на розвиток виробничо-технічної бази і пов’язана з наданням послуг із забезпечення працездатності автомобілів	1. Створення станції технічного обслуговування та ремонту транспортних засобів; 2. Створення станції визначення технічного стану транспортних засобів; 3. Діагностика, ремонт та обслуговування різних агрегатів та вузлів автомобіля; 4. Шиномонтаж та ремонт шин автомобілів; 5. Фарбування автомобілів; 6. Мийка автомобілів.

Джерело сформовано авторами

Для вибору стратегії розвитку підприємств автомобільного транспорту в сучасних умовах необхідно використовувати імітаційне моделювання. Так як в воєнному стані, як було визначено необхідно використовувати саме стратегію заощадливості ресурсів та повної економі. Саме ці направленості допоможуть в подальшому надасть можливість для розвитку. Тому саме, імітаційне моделювання проводиться шляхом відтворення подій, які відбуваються одночасно або послідовно в модельному часі. Основне завдання, при розробці імітаційної моделі вибору оптимальної стратегії розвитку підприємств автомобільного транспорту зводиться до визначення максимального прибутку, який слід очікувати від реалізації стратегії при обмежених інвестиціях.

В сучасному усвідомленні діяльності автотранспортних підприємств стає зрозумілим, що саме стратегія збереження виробничо - технічної бази, може відіграти роль в подальшому розвитку підприємств після воєнного часу. Саме ця головна задача і стала повштувхом для формування імітаційної моделі збереження ВТБ автотранспортного підприємства (рис 1).

Вибрані для конкретних умов стратегії необхідно постійно переглядати та використовувати залежно від вимог, які диктує ринок. Кожна з них буде ефективною лише тоді, коли керівництво автотранспортного підприємства при розробленні стратегій врахує результати аналітичного дослідження впливу всіх факторів зовнішнього та внутрішнього середовища, додасть максимум зусиль для впровадження стратегій та буде здійснювати постійний моніторинг ринку.

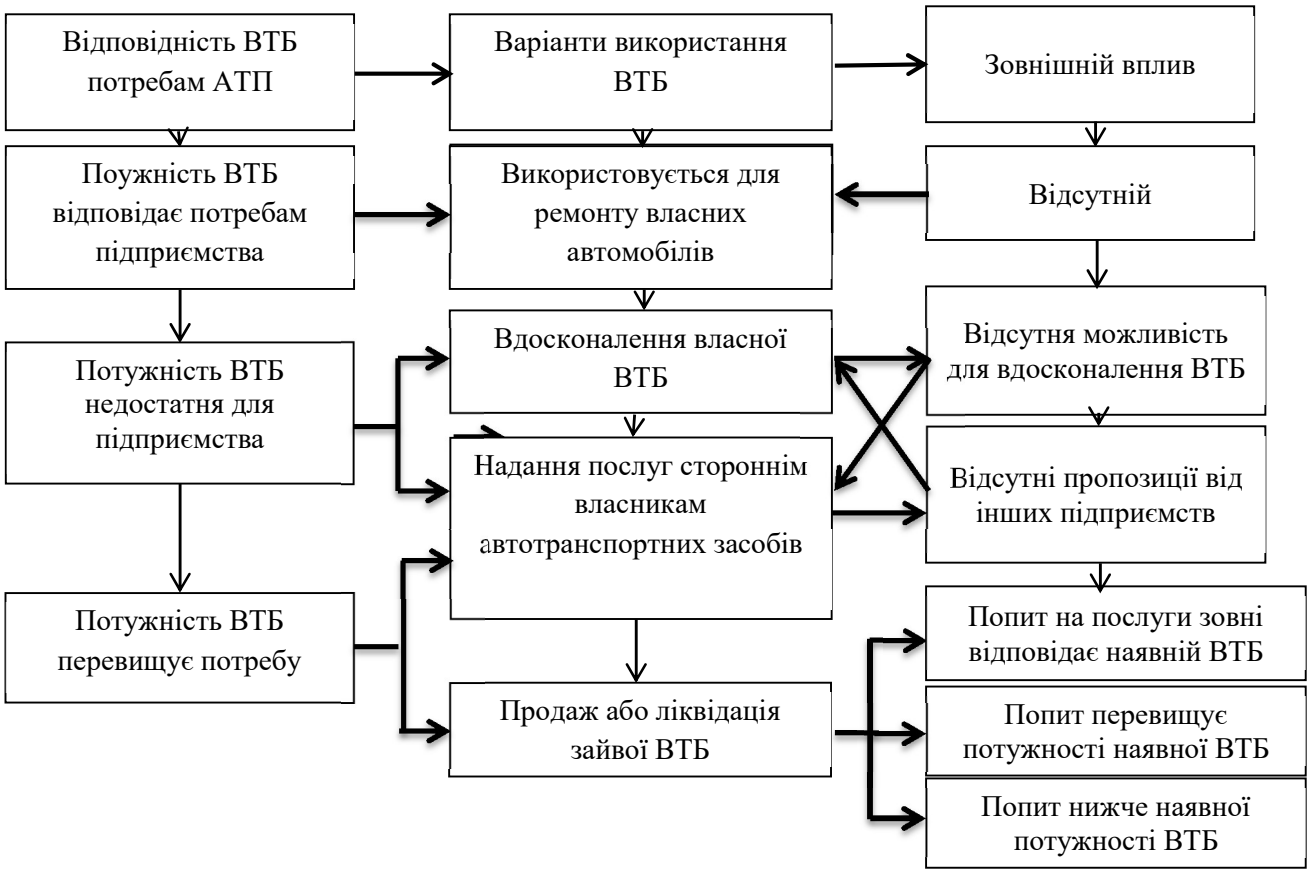


Рисунок 1 – Варіанти розвитку виробничо – технічної бази (ВТБ) автотранспортного підприємства

Figure 1 – Variants of the development of the production and technical base (VTB) of the motor vehicle enterprise
Джерело: розроблено авторами

Висновки. Таким чином, вибір та впровадження ефективних стратегій для автотранспортних підприємств в сучасних умовах полягає в заощадженні ресурсів, коштів та в збережені ВТБ і т.д. Тобто маркетингова стратегія розвитку надасть можливість забезпечити стабільне функціонування та постійний розвиток у галузі, швидко реагувати на зміни у середовищі, надавати якісні послуги щодо перевезення вантажів та пасажирів; напрацьовувати свою базу постійних клієнтів, заощаджувати кошти та ресурси, застосовувати новітні технології для транспортування вантажів, оптимально використовувати наявний кадровий потенціал та зайняти свою нішу на ринку. Все це дозволить в майбутньому після війни АТП використовувати більш агресивні стратегії розвитку для встановлення конкурентних позицій на транспортному ринку.

Перелік посилань

1. Ансофф І. Стратегическое управление: підручник. 2019 – с.27
2. Вагнер І.М. Обґрунтування доцільності використання корпоративних стратегій для підприємств автомобільного вантажного транспорту.Фінансово-кредитна діяльність: проблеми теорії та практики: Збірник наукових праць № 1(12)2012 – с. 135
3. Василенко В. О., Ткаченко. Т. І. Стратегічне управління: навч. посіб. К. : ЦУЛ, 2013. с.22,196
4. Виханский О. С. Стратегическое управление: ученик. Гардарики, 2013. с.16
5. Компанець К.А., Литвишко Л.О., Височило О.М. Організаційно – економічне забезпечення стратегічного маркетингу на підприємстві. Вісник Одеського національного університету. Економіка. – 2018. - Том 23 Випуск 2 (67) URL: http://liber.onu.edu.ua/pdf/visn_econom_23_2(67).pdf

6. Корецький М.Х., Дегтяр А.О., Дацій О.І. Стратегічне управління. Київ. Центр учбової літератури. 2017. с.240

7. Мартиненко М.М., Ігнатьєва І.А Стратегічний менеджмент: підруч. для студ. Київ: Каравела, 2016. с. 10,176

8. Томпсон А. А., Стрикленд А. Дж.. Стратегический менеджмент. Мистецтво розробки та реалізації стратегії: підручник для ВНЗ. Банки и биржи, ЮНИТИ, 2018. – с. 18,576

9. Цимбал С.В. Розробка та реалізація проекту диверсифікації автотранспортного підприємства. Вінницького політехнічного ін-ту. – 2019. – № 6. – С. 69–73.

10.Шершньова З.Є. Стратегічне управління : підруч. для студ. в. н. з. Київ. : КНЕУ, 2014. – с. 19,299-301

11.Alla P. Grechan Professor, Artem O. Bezuglyi, Olena G. Parfentieva, Kateryna A. Kompanets, Alina M. Hroza. Strategic development and ensuring competitiveness of transport companies in the context of market digitization. International Journal of Management (IJM) Volume 11, Issue 6, June 2020, Pp. 1124-1133 ISSN Print: 0976-6502 and ISSN Online: 0976-6510 DOI:10.34218/IJM.11.6.2020.100 URL: https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJM/VOLUME_11_ISSUE_6/IJM_11_06_100.pdf

12.Hatten T.S. Small Business Management: Entrepreneurship and Beyond.Cengage Learning; 6 edition (January 1, 2015). P.41. URL: ISBN-13: 978-1285866383

13.Higgins J.M., Strategic management and organizational policy. Dryden Press; 3rd edition (2016). P.34. URL: ISBN-13: 978-0030024184

14.Johonson G., Scholes K. Exploring Corporate Strategy / Pearson Education Canada; 9 edition (November 1, 2010). P. 10. URL: ISBN-13: 978-0135256350

15.Shendel D.E., Hatten K.J. Business Policy or Strategic Management: A Boader View for an Emerging Discipline. Academy of Management Proccedings.2017. August. P. 99-102

FORMATION OF A MARKETING STRATEGY FOR THE DEVELOPMENT OF ATP IN MODERN CONDITIONS

Bobyak Arsen V., graduate student of the Department of Management, National Transport University, Kyiv, Ukraine, *https://orcid.org/0000-0003-2576-8406*

Demishkan Fedir V., graduate student of the Department of Management, National Transport University, Kyiv, Ukraine, *https://orcid.org/0000-0001-5726-1605*

Abstract. The article examines modern approaches to the formation of enterprise development strategies in modern conditions. Given the fact that Ukraine is at war with the Russian Federation, the strategies previously used by motor transport companies cannot be used to their full extent. Therefore, the article proposes the direction of strategic management, which will help preserve the integrity of ATP in modern conditions.

The works of foreign and Ukrainian scientists were studied. What gave rise to the determination of the direction of management of the motor vehicle enterprise in modern conditions of war. The authors' works are devoted to marketing strategies for the sustainable development of the state. They are not very relevant when applied in modern conditions of war. Therefore, it became necessary to form a marketing strategy for the development of a motor vehicle enterprise in modern conditions.

It was established that any strategy is formed on the basis of the main mission and goal of the enterprise. Since the modern transport industry has changed its main mission and its direction has become to provide the armed forces of Ukraine and the civilian population with everything they need. The article proposes a classifier of the strategic goals of the enterprise depending on its stage of the life cycle.

The article proposes a mechanism for the step-by-step formation of a new marketing strategy. The definition of the marketing strategy for the development of the enterprise also depends on the specific situation. Therefore, the article sets out typical actions and stages of their implementation.

Two options for the development of motor transport enterprises were studied: the marketing strategy is related to the development of the transportation system; the strategy is aimed at the development of the production and technical base and is related to the provision of services to ensure the operability of cars. It has been proven that currently, in the conditions of martial law, for the further development of the motor transport industry, it is necessary to use a strategy aimed at preserving VTB. A simulation model of the development of VTB motor vehicle enterprise in modern conditions is proposed.

Keywords: development strategy, marketing strategies, motor transport enterprises, competitiveness, strategic management, martial law.

References

1. Ansoff I. (2019) Stratehycheskyi menedzhment [Strategic management: textbook]. p.27[in Ukrainian].

2. Wagner I.M.(2012) Obgruntuvannia dotsilnosti vykorystannia korporatyvnykh stratehii dlia pidpryiemstv avtomobilnoho vantazhnoho transportu [Justification of the expediency of using corporate strategies for automobile freight transport enterprises] Financial and credit activity: problems of theory and practice: Collection of scientific works No. 1(12). p. 135[in Ukrainian].

3. Vasylenko V. O., Tkachenko T. I. (2013) Stratehycheskyi menedzhment [Strategic management: education. Manua] K.: TsUL. p. 22,196[in Ukrainian].

4. Vykhansky O. S.(2013) Stratehycheskyi menedzhment [Strategic management] textbook. Gardariki, p. 16 [in Ukrainian].

5. Kompanets K.A., Litvyshko L.O., Vysochylo O.M.(2018) Orhanizatsiino – ekonomichne zabezpechennia stratehichnoho marketynhu na pidpryiemstvi. [Organizational and economic support of strategic marketing at the enterprise] Bulletin of Odessa National University. Economy. Volume 23 Issue 2 (67) Retrieved from: http://liber.onu.edu.ua/pdf/visn_econom_23_2(67).pdf [in Ukrainian].

6. Koretskyi M.Kh., Degtyar A.O., Datsii O.I (2017) Stratehycheskyi menedzhment [Strategic management]. K.: Center of Educational Literature. p.240 [in Ukrainian].

7. Martynenko M.M., Ignatieva I.A.(2016) Stratehycheskyi menedzhment [Strategic management] tutorial for students Kyiv: Caravela. p. 10,176 [in Ukrainian].

8. Thompson A. A., Strickland A. J. (2018) Stratehycheskyi menedzhment [Strategic management] The art of strategy development and implementation: a textbook for universities. with English under the editorship L.G. Zaitseva, M.I. Sokolovay. Banks and Exchanges, UNITY. p. 18,576 [in English].

9. Cymbal S.V. (2019) Rozrobka ta realizatsiia proektu dyversyfikatsii avtotransportnoho pidpryiemstva [Development and implementation of the project of diversification of the motor vehicle enterprise Bulletin of the] Vinnytsia Polytechnic Institute. No. 6. P. 69–73. [in Ukrainian].

10. Shershnyova Z.E. (2014) Stratehichne upravlinnia [Strategic management] assistant. for students in. N. with. Kyiv. KNEU, p. 19,299-301 in Ukrainian].

11. Alla P. Grechan Professor, Artem O. Bezuglyi, Olena G. Parfentieva, Kateryna A. Kompanets, Alina M. Hroza. (2020) Strategic development and ensuring competitiveness of transport companies in the context of market digitization [Strategic development and ensuring competitiveness of transport companies in the context of market digitization]. International Journal of Management (IJM) Volume 11. Issue 6. June 2020. Pp. 1124-1133 DOI:10.34218/IJM.11.6.2020.100 Retrieved from: https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJM/VOLUME_11_ISSUE_6/IJM_11_06_100.pdf [in Turkey].

12. Hatten T.S. Small Business Management [Business Management]. Entrepreneurship and Beyond. Cengage Learning; 6 edition (January 1, 2015). – P.41. - ISBN-13: 978-1285866383 in Ukrainian].

13. Higgins J.M.(2016) Strategic management and organizational policy [Strategic management and organizational policy] P.34. Retrieved from: ISBN-13: 978-0030024184 [in English].

14. Johnson G., Scholes K. (2010) Exploring Corporate Strategy [Exploring Corporate Strategy] Pearson Education Canada; 9 edition.– P. 10. Retrieved from: ISBN-13: 978-0135256350 [in English].

15. Shendel D.E., Hatten K.J. (2017) Business Policy or Strategic Management [Business Policy or Strategic Management] A Broader View for an Emerging Discipline. Academy of Management Proceedings. August. P. 99-102 [in English].

УДК 338.245.4
UDC 338.245.4
DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-432-440

ФОРМУВАННЯ МАРКЕТИНГОВОЇ СТРАТЕГІЇ ВИХОДУ ПІДПРИЄМСТВ СФЕРИ ПОСЛУГ З ПІСЛЯ ВІЙСЬКОВОЇ КРИЗИ

FORMATION OF THE MARKETING STRATEGY FOR THE EXIT OF SERVICE SECTOR ENTERPRISES AFTER THE MILITARY CRISIS





Артемчук Валентина Олександрівна, *старший викладач кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, Київ, Україна, artemchuk@ntu.edu.ua,*

https://orcid.org/0000-0001-7326-1373

Литвишко Лілія Олександрівна*, кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, Київ, Україна, l.lytvyshko@ntu.edu.ua,*

https://orcid.org/0000-0001-9315-046X

Анотація. Враховуючі критичний стан України, що спричинений воєнним станом та окупацією РФ в статті досліджено сучасний стан діяльності підприємств сфери послуг. Політична та економічна криза суттєво вплинула на сферу послуг. В ньому відбулися організаційні зміни, весь сектор направлень на забезпечення всім необхідним цивільного населення та оборонних сил України. Встановлено, що ці політичні і економічні зміни стали причиною модифікації і перетворення сфери послуг.

Дослідження наукового простору призвело до висновків, що питанням розвитку підприємств сфери послуг приділялось досить велика увага науковців, але діяльність їх в сучасному кризисному воєнному стані були не розкрито. Тому в статті застосовані методи стратегічного аналізу, а саме: проведено SWOT- аналіз та PEST-аналіз факторів макросередовища. SWOT-аналіз показав, що наразі відіграють більшою мірою комерційні ризики, що відображають позитивні і негативні сторони діяльності підприємств сфери послуг. Але основними ризиками в умовах війни можна визначити ризики трьох рівнів, що суттєво впливають на становище підприємств сфери послуг. Важливо відзначити, що поточна економічно-політична ситуація сприяє фінансовому успіху сфери послуг, зростанню його прибутку і нарощування завантажувальних потужностей. Саме, вторгнення РФ перетворили сервісний сектор в один з підтримуючих складових озброєних сил України і цивільного населення.

Для формування стратегічного напряму та вибору маркетингової стратегії подальшого розвитку підприємств сфери послуг в після воєнного стану стало за необхідне проведення додаткового дослідження з використанням методу SPACE-аналізу. Саме такий науковий підхід і дав підстави визначити головну стратегію виходу підприємств з пост воєнної кризи. Встановлено, що підприємства сфери послуг наразі знаходяться в стані насичення або ж скорочення попиту на послуги; поточний бізнес перевищує потреби надходження грошей, що можуть бути вкладені в інші інноваційні послуги. Тому рекомендується використовувати підприємствам сфери послуг в сучасних умовах та в подальшому для поступового виходу з після військової кризи саме визначену стратегію розвитку, що представлена в статті..

Ключові слова: підприємства, сфери послуг, маркетингові стратегія, після військова криза, стратегічний аналіз.

Постановка проблеми. Рівень розвитку транспортних компаній та супутньої інфраструктури є одним із важливих складових міжнародних та експертних оцінок, що показує стан економіки по всій країні[1]. Але наразі Україна перебуває в стані війни з РФ і це призвело до занепаду всіх економічних складових держави. Політична та економічна криза суттєво вплинула на сферу послуг. В ньому відбулися організаційні зміни, весь сектор направлень на забезпечення всім необхідним цивільного населення та оборонних сил України.

Сьогодні політика підприємств цілком змінилася, і керівництво змушене включати в апарат управління службу маркетингу. Завданням маркетологів є дослідження ринку, товарів, конкурентів, споживачів і інші напрями. Служба маркетингу займається розробкою тактики підприємства і здійсненням товарної, цінової, збутової політики і стратегії просування товару на ринок. Для збереження такої цілісності організаційної структури підприємств сфери послуг в сучасних умовах полягає саме на керівництво. Але подальший розвиток в після війни залежить від розробки ефективної маркетингової стратегії. Тобто, стає зрозумілим, що наразі необхідно формування маркетингову стратегію виходу підприємств сфери послуг з після військової кризи.

Аналіз і огляд останніх досліджень. В науковій і навчальній літературі можна зустріти багато різноманітних визначень маркетингу. Їх розходження в якійсь мірі відображають як етапи розвитку, цілі і функції маркетингу, так і об'єкт і предмет дослідження цієї науки. Останні роки стали етапом проведення фундаментальних досліджень питань стратегічного маркетингу, а саме в роботах сучасних вчених: Антонюк І.Ю. [1], Безуглий А. О. [7], Бовш Л.А. [2], Городецький М. Я. [3], Гречан А. П. [7], Гроза А. М. [7], Ільченко В.Ю. [5], Компанець К.А. [1-5,7]., Ложачевська О.М. [5], Медведева А.О. [1], Парфентієва О. Г. [7], Шаповалова І. В. [7].

В роботі «Особливості інноваційного стратегічного управління підприємствами під час пандемії Covid-19.» [4] – автори визначали стратегічний розвиток підприємств сфери послуг, ще в першому кризисному історичному етапі, спричиненою Covid-19. Саме цей цей пір іуд приніс перші суттєві перетворення в сфері послуг і перехід ведення бізнесу в діджеталізований простір. Тому важливими здобутками наукової статті авторів є саме положення та пропозиції перебудови сфери послуг.

Автори Гречан Алла Петрівна, Безуглий Артем Олександрович, Парфентієва Олена Григорівна, Компанець Катерина Андріївна, Гроза Аліна Михайлівна - Стратегічний розвиток та забезпечення конкурентоспроможності транспортних компаній в умовах цифровізації ринку [7]. Антонюк І.Ю., Медведева А.О.- Прийоми маркетингу в організації ресторанного бізнесу України під час війни [1].

Встановлення ризикового бар'єру та визначення головних кризисних детермінантів розвитку сфери послуг визначаються в працях авторів: Ложачевська О.М., Ільченко В.Ю., Компанець К.А[5]. Але незважаючи на таку кількість наукових здобутків в сфері послуг сучасного світу, все ж таки питання формування маркетингової стратегії виходу підприємств сфери послуг з після військової кризи залишаються не опрацьовані. Тому нами і стало за необхідне визначити головні аспекти саме подальшого розвитку підприємств сфери послуг і формування головної стратегії виходу їх з глобальної післявоєнної кризи.

Мета дослідження. Мета статті полягає в формування маркетингової стратегії виходу підприємств сфери послуг з після військової кризи

Основна частина. Сучасний світ знаходиться в тяжких політичних та пандемічних умовах. Наприкінці лютого 2022 року різні галузі призупинили свою діяльність через бойові дії на території нашої держави. Український бізнес зазнав більших втрат, ніж за час пандемії. Наслідки завданої шкоди важко оцінити, оскільки бізнес по всій території країни досі під загрозою. В залежності від низки факторів і умов власники бізнесу почали повертатись до роботи та відновлювати діяльність, перш за все, задля підтримки фінансового становища країни. Крім того держава також закликає бізнесменів відновлювати роботу у регіонах із відносно спокійною ситуацією[3].

У минулому багато підприємств могли успішно функціонувати, звертаючи увагу переважно на щоденну роботу, внутрішні проблеми, пов'язані з підвищенням ефективності використання ресурсів у поточній діяльності. Нині під час пандемії і особливо воєнного стану в Україні незмінним залишається завдання раціонального використання потенціалу в поточній діяльності, однак винятково важливим стає здійснення такої стратегії, що забезпечує адаптацію фірми до мінливого навколишнього середовища[4].

Сучасні тенденції суспільного розвитку вимагають від людства скорочення споживання ресурсів, переходу на альтернативні види матеріалів та відновлювані джерела енергії, впровадження ресурсоефективних, маловідходних та більш чистих технологій[2]. Враховуючі таке становище сучасного ринку сфери послуг, стає за необхідне вивчення та формування маркетингових стратегій, що допоможуть виходу з кризи. Саме вище зазначені тенденції повинні бути покладанні в основу новостворених маркетингових стратегій.

Таблиця 1 – Матриця постелементного SWOT- аналізу
Table 1 – Matrix of post-elemental SWOT analysis

Зовнішнє середовище / Внутрішнє середовище	**Можливості**	**Загрози**
Сильні сторони	• Організація на міжнародному рівні надання послуг; • Підвищення якості надання послуг; • Аутсорсінг та аутстафінг з відомими брендами в сфері послуг; • Відкриття нових сервісних послуг; • Підвищення кваліфікації персоналу на закордонній практиці-перейняття схеми ведення бізнесу, обмін можливостями та досвідом.	• Нарощування конкурентних переваг шляхом продукування послуг, які не мають місця в жодному підприємстві сфери послуг; • Невідкладна модернізація, посилення конфігурації комплексу заходів з безпеки; • Гнучка цінова політика та лояльність для певних категорій людей(інваліди, люди похилого віку, діти); • Удосконалення системи програм лояльності споживачів сфери послуг(особливі можливості розходу суми балів); • У разі дефіциту балансових коштів або форсмажорних ситуацій - залучити краудфандерів(фінансування стартапів) та краудсорсерів(вирішують широкомасштабні задачі)-группа людей,яка залучає оборотні кошти в проект за допомогою інтернет-майданчиків.
Слабкі сторони	• Розширення мережі партнерських агентств; • Стратегія захоплення нових ринків; • Стабілізація та можлива адаптація цін згідно з купівельною спроможністю споживача; • Базування на платформі електронної комерції(MarketPlace); • Впровадження тактичної маркетингової політики та комуніацій; • Прийняття систем заохочування та винагороди персоналу; • Покращення інтерфейсу та віртуальної частини сайту-більше інформації та інтерактивності.	• Адаптивний ціновий діапазон послуг; • Застосування виховних принципів та етичних норм щодо високомірного персоналу; • Постіне маркетингове просування, щоб залишатися у світлі уваги споживачів(база – стратегічний маркетинг і стратегії інноваційного впливу - нейромаркетинг,сенсорний маркетинг,сцентмаркетинг та ін.); • Довгострокове страхування майна через невизначену політико-воєнну ситуацію; • Вироблення тактики «непохитної економічної стабільності».

Джерело: сформовано авторами[5]

Маркетингові стратегії з року в рік змінюються і те, що працювало декілька років тому, навряд чи буде працювати сьогодні. Якщо маркетингова стратегія і зовсім буде відсутньою, то керівництво ризикує піддати краху свій бізнес, так як буде займатися виробництвом послуг, які не мають ринкового попиту[3]. Тобто стає за необхідне визначити головні напрямки поступового виходу підприємств сфери послуг з післявоєнної кризи.

Першою передумовою дослідження стає аналіз та оцінка сучасного стану підприємств сфери послуг. Для цього стало за необхідне застосування методів стратегічного аналізу , а саме: проведення SWOT- аналізу та PEST-аналіз факторів макросередовища.

За результатами аналізу можна оцінити, чи володіє компанія внутрішніми силами і ресурсами, щоб реалізувати наявні можливості і протистояти загрозам, і які внутрішні недоліки вимагають якнайшвидшого усунення.

На основі первинного SWOT- аналізу були розроблені стратегічні рішення, щодо підвищення привабливості підприємств сфери послуг в сучасних умовах. Дослідження проводилось з підтримки Центру соціальних та маркетингових досліджень "Социс"[5]. Результати проведеного аналізу представлено в табл. 1.

Таким чином, виявлені сильні і слабкі сторони сфери послуг помітно вказують на ті аспекти, які знаходяться у виграшній позиції і їх потрібно підтримувати на належному рівні, і аспекти, модернізація яких може прискорити процес вдосконалення підприємств сфери послуг і уникнути втрати іміджу компанії.

Саме теперішній стан війни в України, призвів велику зацікавленість іноземних інвесторів та міжнародних компаній. Тому у подальшому це може відіграти важливу роль в формуванні перспективного розвитку сфери послуг в Україні.

SWOT-аналіз показав більш в більшої мірі комерційні ризики, що відображають позитивні і негативні сторони діяльності підприємств сфери послуг. Але основними ризиками в умовах війни можна визначити ризики трьох рівнів, що суттєво впливають на становище підприємств сфери послуг. Такими виділяються:

- перший рівень: загальні ризики міжнародного бізнес-середовища, які включають в себе політичні, макроекономічні та соціальні компоненти;
- другий рівень: галузеві ризики, до яких можна віднести фінансові ризики, ризики ринку товарів та ризики конкурентоспроможності;
- третій рівень: ризики на рівні міжнародних компаній, підприємств, до яких входять операційні ризики, ризики відповідальності та кредитні ризики[6].

Головною стратегією, яка стоїть перед підприємствами наразі являється стабілізація цінової політки підприємства. Також в подальшому необхідно впроваджувати маркетингові і технологічні стратегії, бо вони є ключовими у формуванні атмосфери сприйняття споживачем послуг. Потрібно влючати тактику бенчмаркінгу і синхомаркетингу через похитний споживчий ринок.

Грунтуючись на проведеному аналізі, можна зробити висновок, що в цілому для забезпечення конкурентної переваги на ринку послуг в Україні необхідно: проведення професійних досліджень ринку, аналіз портрета клієнтів; оптимізація роботи підприємств сфери послуг і всіх їх служб; опрацювання ефективної, налаштованої на очікування клієнта, політики; розробка заходів по підвищенню якості обслуговування споживачів; досягнення домовленостей з посередниками; розширення додаткового асортименту послуг.

Подальше дослідження базується на інструменті стратегічного маркетингу, а саме PEST-аналіз - це інструмент зі стратегічного довгострокового планування (табл. 2.).

Зіставлення показників аналізу демонструє, що здебільшого фактори зовнішнього середовища чинять позитивно-динамічний вплив на його ризвиток і рикові позиції. Особливо це відображається в економічному і технологічному секторі макросередовища.

Важливо відзначити, що поточна економічно-політична ситуація сприяє фінансовому успіху сфери послуг, зростанню його прибутку і нарощування завантажувальних потужностей. Саме, вторгнення РФ перетворили сервісний сервіс одну з підтримуючих складових озброєних сил України і цивільного населення. Економічні показники повинні наштовхнути підприємства сфери послуг до продукування стійкої економічної позиції або бізнес-плану в умовах постійного коливання валюти та загрози конкурентного витіснення. Вирізниться с поміж інших можливо завдяки перегляду технологічних прогресій, які відбуваються в науковому середовищі України і перенести їх в діапазон розвитку сегменту бізнеса.

Таблиця 2 – PEST-аналіз факторів макросередовища підприємств сфери послуг
Table 2 – PEST analysis of factors of the macro environment of enterprises in the service sector

Група факторів	Фактор	Значимість впливу фактора			
		За часом	За типом	За динамікою	За відносною значимістю
P Політичні	Загострення відносин з Росією через політичні різнобачення та окуповані території	N/F	-	=	IMP
	Напад агресора	N/F	-	<	CRITICAL
	Концентрована увага України до розвитку сфери послуг стратегічного сектору економіки.	F	+	>	VERY IMP
	Детінізація економічної сфери України	F	+	>	SIGN
	Внесення змін до ДБН, щодо проектування бізнесу	F	+	=	IMP
	Податкова політика	N/F	+	=	IMP
	Міжнародні угоди і зобов'язання, що стосуються бізнесу і виробництва	F	+	>	VERY IMP
	Інтеграція на міжнародні ринки торгівлі	N/F	+	=	VERY IMP
	Реформування організаційних механізмів сфери послуг і трансформація кадрової політики	N	+	=	SIGN
E Економічні	Девальвація валюти	N/F	-	=/<	CRITICAL
	Рівень інфляції	N/F	+	=/<	SIGN
	Залучення зовнішніх інвестицій	N	+	>	IMP
	Рівень безробіття	I	-	<	UNIMP
	Ціни на енергоресурси	N	-	=/>	IMP
	Стан економіки (перехідний тип)	N/F	-	=	IMP
	Постійні коливання курсу гривні	N	+	=/<	IMP
	Рівень розвиненості конкуренції	N/F	+	=	IMP
S Соціальні	Збільшення чисельності потенційних споживачів.	F	+	>	VERY IMP
	Низька платоспроможність населення	I	-	<	SIGN
	Зміна структури доходів	N	-	<	SIGN
	Старіння нації	N/F	-	=	SIGN
	Підвищення пенсійного віку населення	N/F	-	=	SIGN
	Збільшення кількості професій з гнучким графіком роботи, розвиток професії фрілансера	N/F	+	>	VERY IMP
T Технологічні	Автоматизація бізнес-процесів підприємств	N/F	+	=	VERY IMP
	Недостатнє державне фінансування наукових досліджень	N	-	=	IMP
	Нові продукти й патенти (швидкість відновлення й освоєння нових технологій)	N	+	>	VERY IMP
	Технології маркетингово впливу на підсвідомість споживача	N	+	>	IMP
	Програмна атестація персоналу	N	+	>	IMP
	Повторне використання природних ресурсів	F	+	>	IMP

Джерело: сформовано авторами[5]

На даному етапі аналізу сфери послуг необхідно не тільки виявити, чи продуктивна стратегія, а взагалі, продемонструвати потенційну спрямованість політики кожного підприємства сфери послуг за допомогою SPACE аналізу.

Його привабливість пояснюється можливістю проаналізувати наявну стратегію організації навіть тоді, коли вона існує у неявному вигляді. Автори методу SPACE-аналізу пропонують застосовувати багатокритеріальний підхід, який дозволяє здійснювати ідентифікацію, пошук репрезентативної вибірки характеристик, їх об'єднання у групи, присвоєння їм конкретних оцінок (вагових коефіцієнтів) у межах присвоєної шкали [7, с. 66].

У SPACE-аналізі виокремлюють чотири групи системних критеріїв оцінювання організації:

- економічний потенціал (або «фінансова сила»);
- конкурентні переваги;
- привабливість галузі (бізнес-напрямку);
- стабільність середовища (зовнішні умови бізнесу).

Матриця Space на основі ключових факторів в кожній групі до бази інноваційної стратегії представлена в табл. 3. Розрахунок результатів ведеться бальною системою, а саме: 5 – вищий бал; -5 – нижчий бал. Оцінку проводить група експертів компанії «Социс»[5].

«Вага» визначає значущість кожного критерію щодо всієї сукупності критеріїв та міститься в діапазоні від 0 до 1, сума значень при цьому має становити 1.

Таблиця 3 – Бальна оцінка за методом SPACE підприємств сфери послуг
Table 3 – Point assessment according to the SPACE method of enterprises in the service sector

Критерії	Оцінка, бали	Вага	Зважена оцінка, бали
Фінансовий стан			
Рентабельність інвестицій	1	0,4	0,4
Динаміка прибутку	2	0,4	0,8
Рівень фінансової стійкості	1	0,6	0,6
Загальна оцінка критерія			1,8
Конкурентоспроможність			
Частка підприємств сфери послуг на інфраструктурному ринку України	1	0,3	0,3
Конкурентоспроможність продукту (послуг)	3	0,7	2,1
Рентабельність реалізації продукції (послуг)	1	0,3	0,3
Загальна оцінка критерія			2,7
Привабливість галузі			
Рівень рентабельності сфери послуг	3	0,5	1,5
ступінь впливу законодавчих змін	4	0,4	1,2
Залежність розвитку галузі від кон'юнктури	3	0,4	1,2
Загальна оцінка критерія			3,9
Стабільність сфери послуг			
Стабільність прибутку	2	0,6	1,2
Рівень розвиток інноваційній діяльності підприємств	2	0,5	1,0
Маркетингові и рекламні можливості підприємств	5	0,4	0,8
Загальна оцінка критерія			3,0

Джерело: сформовано авторами[5]

Результати зваженої оцінки фінансової сили підприємств сфери послуг свідчать про неможливість в сучасних умовах швидкої окупності вкладеного капіталу і високоефективного використання ресурсів.

Рівень конкурентоспроможності підприємств свідчить про високі можливості конкурентної поведінки, чому сприяють показники привабливості галузі (3,4 бала), але останнім часом рівень її стабільності (2,7 бала) нижче, що пов'язано з постійним впливом зовнішніх факторів на діяльність підприємств сфери послуг.

Розуміння того, що сучасний стан війни України з РФ призвів до суттєвих перетворень сфери послуг і подальший розвиток до її закінчення майже не можливий. Тому враховуючі отримані

результати проведеного дослідження була побудована і запропонована стратегія виходу підприємств сфери послуг з після військової кризи (рис.1)

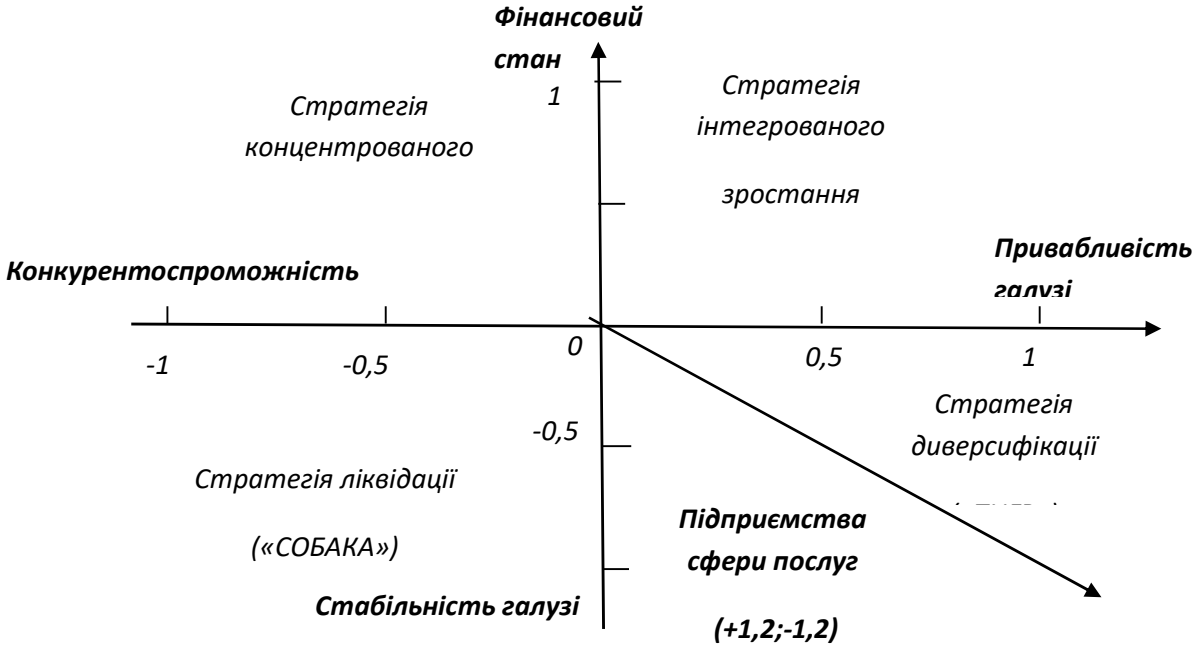


Рисунок 1 - Визначення вектора базової стратегії виходу підприємств сфери послуг з після військової кризи в системі координат SPACE.

Figure 1 - Definition of the vector of the basic exit strategy of service sector enterprises after the military crisis in the SPACE coordinate system.

Джерело: розроблено авторами

Початок вектора знаходиться в точці початку координат, кінець вектора знаходиться в точці А з координатами (ф. 1, ф. 2):

X= привабливість галузі; - конкурентоспроможність підприємств сфери послуг.

Y= фінансовий стан – стабільність галузі.

Відповідно для оцінки ці координат дорівнюють:

X=3,9-2,7=+1,2; Y=1,8-3=- 1,2

Вектор рекомендованої базової стратегії розвитку для сфери послуг України знаходиться в правому нижчому квадранті, що відповідає стратегії «Тигр» (базова стратегія диверсифікації). Тобто підприємства сфери послуг наразі знаходяться в стані насичення або ж скорочення попиту на послуги; поточний бізнес перевищує потреби надходження грошей, що можуть бути вкладені в інші інноваційні послуги. Тому рекомендаціями буде очікування в традиційному бізнесі та пошук додаткових видів діяльності, що мають перспективи розвитку. Саме цю стратегію необхідно використовувати підприємствам сфери послуг в сучасних умовах та в подальшому для поступового виходу з після військової кризи.

Висновки. Визначивши безпосередній стратегічний вектор підприємств сфери послуг, слід відзначити, що на результат реалізації диверсифікаційних заходів та показників опосередкованих типів стратегій значною мірою впливають ринкові параметри інших конкурентних галузей, які в сучасних умовах акумулювали свій бізнес. Даний сценарій може характеризуватися незначною динамікою відхилення показників в порівнянні з попередніми роками, але позитивним значеннями деяких або всіх ринкових індексів. Це говорить про те, що при всіх досягненнях в порівнянні з попередніми періодами, результати продажів в порівнянні з ринком виявилися гіршими і підприємства сфери послуг не змігли витягти максимум вигоди з поточної ринкової кон'юнктури, конкуренти були краще. Тобто в подальшому після закінчення воєнного стану в Україні керівникам підприємств сфери послу необхідно звернути увагу на наступні моменти: оцінити результати за сегментами і визначити "зайві" елементи, занизивши показники; перевірити політику конкурентної групи, що дозволило забезпечити більший ріст і досягти кращих показників продажів.

Перелік посилань

Антонюк І.Ю., Медведева А.О., Компанець К.А. Прийоми маркетингу в організації ресторанного бізнесу України під час війни. *Наука і техніка.* Випуск № 5(5) 2022. С. 78-87 URL: https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-5(5)-78-86

Бовш Л.А. Навчально-методичний посібник «Економіка готелів і ресторанів». Київ: КНТЕУ, 2017. – 265 с.

Ільченко В. Ю., Компанець К. А., Шаповалова І. В., Городецький М. Я. Реалізація бізнес-моделі екологічного маркетингу в автотранспортних підприємствах. *Вісник Донецького національного університету економіки і торгівлі імені Михайла Туган-Барановського. Серія «Економічні науки» : науковий журнал.* 2021. № 2(75). С. 19-26. URL:DOI : 10.33274/2079-4819-2021-75-2-19-26.

Компанець К.А., Литвишко Л.О., Артемчук В.О. Особливості інноваційного стратегічного управління підприємствами під час пандемії Covid-19. *Науково економічний журнал «Інтелект XXI», Випуск 6/2020.* URL:DOI: https://doi.org/10.32782/2415-8801/2021-1.16

Ложачевська О.М., Ільченко В.Ю., Компанець К.А. Ризиковий бар'єр в галузі міжнародного бізнесу. *«Економіка та суспільство» 2021. Вип..31.* URL:https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/734.DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-31-51

Центр соціальних та маркетингових досліджень "Социс" Read more at: https://socis.kiev.ua/ua/

Alla P. Grechan, Artem O. Bezuglyi, Olena G. Parfentieva, Kateryna A. Kompanets, Alina M. Hroza. Strategic development and ensuring competitiveness of transport companies in the context of market digitization. *International Journal of Management (IJM)* Volume 11. Issue 6. June 2020. Pp. 1124-1133 ISSN Print: 0976-6502 and ISSN Online: 0976-6510 URL:DOI:10.34218/IJM.11.6.2020.100 URL:https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJM/VOLUME_11_ISSUE_6/IJM_11_06_100.pdf

FORMATION OF THE MARKETING STRATEGY FOR THE EXIT OF SERVICE SECTOR ENTERPRISES AFTER THE MILITARY CRISIS

Artemchuk Valentina O., senior lecturer at the Department of Management, National Transport University, Kyiv, Ukraine, artemchuk@ntu.edu.ua, https://orcid.org/0000-0001-7326-1373.

Lytvyshko Liliya O., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Management, National Transport University, Kyiv, Ukraine, l.lytvyshko@ntu.edu.ua, https://orcid.org/0000-0001-9315-046X.

Abstract. Taking into account the critical state of Ukraine caused by the state of war and the occupation of the Russian Federation, the article examines the current state of activity of enterprises in the service sector. The political and economic crisis had a significant impact on the service sector. Organizational changes took place in it, the entire sector was directed to provide everything necessary for the civilian population and the defense forces of Ukraine. It has been established that these political and economic changes caused the modification and transformation of the service sector.

The study of the scientific space led to the conclusions that the issues of the development of enterprises in the service sector received quite a lot of attention from scientists, but their activities in the modern crisis state of war were not revealed. Therefore, the methods of strategic analysis are applied in the article, namely: SWOT-analysis and PEST-analysis of macro-environmental factors were carried out. The SWOT analysis showed that commercial risks, which reflect the positive and negative aspects of the activities of enterprises in the service sector, are currently playing a greater role. But the main risks in the conditions of war can be defined as risks of three levels, which significantly affect the situation of enterprises in the service sector. It is important to note that the current economic and political situation contributes to the financial success of the service sector, the growth of its profits and the increase of loading capacities. Precisely, the invasion of the Russian Federation turned the service sector into one of the supporting components of the armed forces of Ukraine and the civilian population.

In order to form a strategic direction and choose a marketing strategy for the further development of enterprises in the service sector in the post-war period, it became necessary to conduct an additional study using the SPACE-analysis method. It was this scientific approach that provided the basis for determining the main strategy for exiting enterprises from the post-war crisis. It has been established that service sector enterprises are currently in a state of saturation or reduction in demand for services; the current business exceeds the cash flow needs that can be invested in other innovative services. Therefore, it is recommended

that enterprises in the service sector use the specific development strategy presented in the article in modern conditions and in the future for a gradual exit from the post-war crisis.

Keywords: enterprises, service spheres, marketing strategy, post-war crisis, strategic analysis.

References

1. Antonyuk I.Yu., Medvedeva A.O., Kompanets K.A. (2022) Pryiomy marketynhu v orhanizatsii restorannoho biznesu Ukrainy pid chas viiny. [Marketing techniques in the organization of the restaurant business of Ukraine during the war]. Science and technology. Issue No. 5(5) P. 78-87 Retrieved from: https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-5(5)-78-86 [in Ukrainian].

2. Bovsh L.A.(2017) Navchalno-metodychnyi posibnyk «Ekonomika hoteliv i restoraniv». [Educational and methodological manual "Economics of hotels and restaurants"]. Kyiv: KNTEU. P. 265 [in Ukrainian].

3. Ilchenko V. Yu., Kompanets K. A., Shapovalova I. V., Horodetskyi M. Ya. (2021) Realizatsiia biznes-modeli ekolohichnoho marketynhu v avtotransportnykh pidpryiemstvakh [Implementation of the business model of ecological marketing in motor vehicle enterprises]. Bulletin of the Mykhailo Tugan-Baranovskyi Donetsk National University of Economics and Trade. "Economic Sciences" series: a scientific journal. No. 2(75). P. 19-26. Retrieved from: DOI : 10.33274/2079-4819-2021-75-2-19-26. [in Ukrainian].

4. Kompanets K.A., Litvyshko L.O., Artemchuk V.O. (2021) Osoblyvosti innovatsiinoho stratehichnoho upravlinnia pidpryiemstvamy pid chas pandemii Sovid-19 [Features of innovative strategic management of enterprises during the Covid-19 pandemic]. Scientific and economic journal "Intellect XXI", Issue 6/2020. Retrieved from: DOI: https://doi.org/10.32782/2415-8801/2021-1.16[in Ukrainian].

5. Lozhachevska O.M., Ilchenko V.Yu., Kompanets K.A. (2021) Ryzykovyi barier v haluzi mizhnarodnoho biznesu. [Risk barrier in the field of international business]. "Economy and Society" Issue..31. Retrieved from: https://economyandsociety.in.ua/index.php/journal/article/view/734.DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-31-51[in Ukrainian].

6. Tsentr sotsialnykh ta marketynhovykh doslidzhen "Sotsys" [Social and Marketing Research Center "Socis"] Retrieved from: https://socis.kiev.ua/ua/[in Ukrainian].

7. Alla P. Grechan, Artem O. Bezuglyi, Olena G. Parfentieva, Kateryna A. Kompanets, Alina M. Hroza.(2020) Stratehichnyi rozvytok ta zabezpechennia konkurentospromozhnosti transportnykh kompanii v umovakh tsyfrovizatsii rynku. [Strategic development and ensuring competitiveness of transport companies in the context of market digitization]. International Journal of Management (IJM) Volume 11. Issue 6. June 2020. Pp. 1124-1133 ISSN Print: 0976-6502 and ISSN Online: 0976-6510 Retrieved from: DOI:10.34218/IJM.11.6.2020.100.

8.URL:https://iaeme.com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJM/VOLUME_11_ISSUE_6/IJM_11_06_100.pdf /[in India].

УДК 656:338.5 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-441-449**
UDC 656:338.5

ОСОБЛИВОСТІ ЦІНОУТВОРЕННЯ МІЖНАРОДНИХ ТРАНСПОРТНИХ ПОСЛУГ

FEATURES OF THE PRICING OF INTERNATIONAL TRANSPORT SERVICES



Коваленко Наталія Василівна, *доктор економічних наук, професор кафедри «Менеджмент». Національний транспортний університет, Київ, Україна,* kovalenko-nv@ukr.net,

https://orcid.org/0000-0001-8011-1373



Малахова Юлія Анатоліївна*, кандидат економічних наук, доцент кафедри «Менеджмент». Національний транспортний університет, Київ, Україна,* yu.malakhova@ntu.edu.ua,

https://orcid.org/0000-0002-8769-7597

Анотація. Стаття присвячена дослідженню ціноутворення міжнародних автобусних перевезень на основі цінності послуги для споживачів.

Об'єкт дослідження – цінність послуг пасажирського автомобільного транспорту.

Мета роботи – є дослідження чинників, що визначають цінність послуги з міжнародних перевезень автомобільним транспортом з точки зору їх впливу на ціноутворення міжнародних автобусних перевезень.

Метод дослідження – методи опитування, синтезу та аналізу, експертної оцінки.

Забезпечити успіх транспортних компаній в довгостроковій перспективі допоможе ціноутворення на основі цінності послуги. В умовах воєнного стану попит на міжнародні перевезення зростає, зростає також ціна, проте залишається невідповідність між якістю та ціною транспортних послуг, що призводить до незадоволеності пасажирів послугами більшості компаній-перевізників.

Опитування пасажирів міжнародних автобусних маршрутів дозволило визначити ряд чинників, що визначають споживчу цінність для українців в міжнародних автобусних перевезеннях.

За допомогою експертної оцінки визначено, що найбільш значними з точки зору цінності міжнародних перевезень є стан транспортних засобів, комфорт і професійність та ввічливість водіїв. Узгодженість думок експертів підтверджена коефіцієнтом конкордації та рангової кореляції.

Результати дослідження в подальшому можуть бути використанні автотранспортними підприємствами при розробці стратегії ціноутворення на міжнародні автобусні перевезення.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – розробка стратегії ціноутворення на основі очікувань пасажирів міжнародних автобусних маршрутів.

Ключові слова: ціноутворення, транспортні послуги, міжнародні автобусні перевезення, споживча цінність, експертна оцінка.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Транспорт як найважливіша частина виробничої та суспільної інфраструктури займає особливе місце у функціонуванні ринкової економіки. Міжнародні транспортні перевезення є тією галуззю, яка забезпечує функціонування та взаємодію виробничих, торгових та інших сфер діяльності. Міжнародні автобусні перевезення є однією з найважливіших складових сфери

платних послуг, які надаються населенню. Ціна займає особливе місце у системі економічних категорій та охоплює всі стадії відтворювального процесу, впливає на ефективність функціонування пасажирських перевезень. Методи встановлення цін різноманітні, але виділяють ключові методи ціноутворення - затратні, економічні та ринкові.

Через відсутність авіаційних пасажирських перевезень та обмеженого доступу до залізничних шляхів автомобільні пасажирські перевезення стали безальтернативними та найдоступнішими способами переміщення населення, в умовах війни, яку розпочала російська федерація проти України. Обсяг міжнародних автобусних перевезень в Україні зріс майже втричі, зрозуміло, що цей ріст пов'язаний з масовим виїздом українців в країни Європейського союзу, Туреччини та інші країни в пошуках тимчасового прихистку.

За даними Міністерства інфраструктури України загальний обсяг ринку пасажирських перевезень за період з лютого по липень 2022 року склав 2,2 млрд грн. Це майже на 1,3 млрд. гривень більше, ніж за аналогічний період минулого року [6]. З початку війни ринок пасажирських перевезень повністю змінився, спрощено правила видачі дозволів на міжнародні автомобільні перевезення, з кінця лютого запрацювали 178 нових міжнародних перевізників. Це втричі більше ліцензій на міжнародні автомобільні перевезення, ніж видано за аналогічний період минулого року [8].

Загальна кількість проданих онлайн-квитків на автобусні перевезення (тільки з травня по липень цього року) склала 844,1 тис. квитків, це вдвічі більше, ніж за той же період минулого року. При цьому 85% від усіх електронних квитків на автобусні перевезення, придбаних з травня до липня цього року - це квитки на міжнародні рейси, і лише 15% - на внутрішні, найбільш актуальними напрямками руху за час війни стали Польща, Німеччина та Чехія [6].

Незважаючи на значне зростання пропозиції на ринку міжнародних перевезень, залишається ряд проблем, зокрема невідповідність якості послуг та рівня цін на них.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значний внесок у розвиток ціноутворення внесли такі класики економічної думки, як А. Сміт, А. Маршалл, В. Парето, Т. Негл, Ф.Котлер, К. Макконелл, Л. Брю, Г.Менк'ю, І. Ансофф , М.Окландер. Серед вітчизняних науковців дослідженню питання ціноутворення, зокрема в транспортній галузі, присвячено праці С. Ілляшенка, Я. Кладченко, О. Бакалінського, Я. Литвиненко, А. Павленка, М. Панасенко, В. Пьянова, Л. Сейко, Н. Смирнової В. Стадник, В. Тарасевича, В. Савчука, Д. Шевчука та ін. Проте, незважаючи на значні доробки в царині ціноутворення, варто відмітити, що дослідженням ціноутворення на міжнародні пасажирські перевезення, зокрема автомобільним транспортом, приділено не достатньо уваги.

Мета досліджень. Метою статті є дослідження чинників, що визначають цінність послуги транспортних перевезень з точки зору їх впливу на ціноутворення міжнародних автобусних перевезень.

Виклад результатів досліджень. Динамічний розвиток ринкової економіки вимагає системи регулювання цін, яка базується, регулюється та функціонує на законах сучасної економіки. Цінові стратегії, які формуються під впливом динамічного розвитку зовнішнього середовища та відносно сталого розвитку внутрішнього середовища, зазвичай опираються на вартість, попит та конкуренцію. Всі методи ціноутворення Гаркавенко С.С. поділяє три групи: методи ціноутворення, орієнтовані на витрати, попит і конкуренцію. Вибір методу ціноутворення залежить від внутрішніх факторів (обраної маркетингової стратегії, стратегічних цілей, етапу життєвого циклу товару, його якісних характеристик, ступеня новизни), а також зовнішніх факторів, зрештою, реальна ринкова ситуація і обумовлює вибір певного методу ціноутворення [3].

Для забезпечення успіху компаній-перевізників у довгостроковій перспективі при ціноутворенні на міжнародні пасажирські перевезення доцільно застосовувати стратегію ціноутворення на основі цінності послуги. На думку Томаса Негла [1], історично найбільш популярна політика ціноутворення орієнтована на витрати, є найлегшим шляхом до прибутковості товару чи послуги, проте вона забезпечує лише посередні фінансові результати. Забезпечити успіх товару чи послуги на ринку може ціноутворення, що враховує цінність для споживачів від користування товаром чи послугою (рис.1). Саме застосування концепції «ціна-вартість-цінність» забезпечує компаніям стратегічні переваги, а ціноутворення на основі цінності для товарів є основною умовою для виживання.

Споживач → Цінність → Ціна → Витрати → Товар/Послуга

Рисунок 1 – Ціноутворення на основі цінності
Джерело:[1].
Figure 1 – Value-based pricing
Source: [1].

Саме тому, нагальним питанням, що постає перед автомобільним підприємством є дослідження цінності послуг міжнародних автобусних перевезень для пасажирів.

Цінність послуг пасажирського автомобільного транспорту – це сукупність корисних для споживачів їх параметрів [9]. Споживча цінність транспортного обслуговування – сприйнята пасажирами різниця (або співвідношення) суми переваг від якості транспортного обслуговування та позатранспортних ефектів та (до) суми їхніх фінансових та нефінансових витрат [2]. Для виявлення та розуміння корисних для споживачів параметрів, які враховують їх бажання, потреби та прагнення і спрямоване дослідження споживчої цінності послуг міжнародних перевезень.

При встановленні ціни на пасажирські автобусні перевезення підприємство повинно орієнтуватися на цінність послуги перевезення, що надається для пасажира, а не на витрати по її наданню. Тому важливо вірно визначити складові побажань обслуговування і показати пасажиру, у чому полягає цінність кожного елемента послуги. Маркетингове дослідження споживчої цінності послуг міжнародних автобусних перевезень проводилося у два етапи. На першому етапі проведено опитування (анкетування) споживачів послуги міжнародного автобусного сполучення щодо їх очікувань при наданні послуги та на другому здійснено експертну оцінку споживчої цінності послуг міжнародних автобусних перевезень.

При проведенні опитування ключову роль відіграє коло питань, отримавши відповіді на які можна вирішити завдання дослідження. Для визначення переліку питань проводилося вільне опитування щодо очікувань пасажирів від послуги міжнародного перевезення пасажирів автобусами між країнами. У якості респондентів виступали учасники телеграм-спільноти, яка об’єднала подорожуючих українців, спільнота створена з метою обміну інформацією та допомоги в питаннях, що виникали під час організації та здійснення поїздок. Серед ключових складових побажань пасажирів міжнародних автобусних перевезень було виділено наступні:

1. Маршрут поїздки. Переважна більшість великих українських та іноземних перевізників здійснюють автобусні міжнародні перевезення з Києва та Львова, тоді як з таких обласних центрів як Одеса, Дніпро, Миколаїв, Харків кількість послуг з обмежена. Також деякі з пасажирів висловили готовність платити більше за прямі рейси, без заїзду для висадки та посадки пасажирів в місця, що знаходяться осторонь від маршруту руху, що значно скорочує час у дорозі.

2. Комфорт. На початку війни для людей, що покидали свої домівки в пошуках безпечного місця проживання, зручність транспортних засобів не мала особливого значення. Проте згодом, ця цінність для пасажирів знову стала важливою, вже сьогодні пасажири очікують в транспортних засобах наявність зручних сидінь, кондиціонеру, що підтримує комфортну температуру в салоні автобуса, розеток, WI-FI, туалету. Також пасажири відмітили, що наявність на рейсі стюардеси забезпечує чистоту салону та додатковий комфорт.

3. Професійність та ввічливість водіїв. Кваліфіковані водії, що не порушують правила руху, забезпечуючи тим безпеку та комфорт поїздки, готові допомогти, надати роз’яснення щодо будь-яких штатних та позаштатних ситуацій теж були відмічені споживачами транспортних послуг як бажана цінність при здійсненні міжнародної поїздки.

4. Стан транспортних засобів. Споживачі транспортних послуг готові платити більше за поїздку в сучасних та справних автобусах.

5. Дотримання графіку руху. Сьогодні значна частини пасажирів міжнародного сполучення користуються автобусами, щоб дістатися до міст з розвиненою транспортною інфраструктурою, особливо аеропортів, оскільки в Україні в умовах воєнного стану не здійснюються авіаперевезення. Тому дотримання графіку руху також було виділено в якості чинника, що визначає споживчу цінність для пасажира міжнародного автобусного перевезення.

6. Доступ до інформації. Пасажир звертає увагу на можливість придбання квитка через Інтернет, отримання повної інформації про рейс, в тому числі і на затримку рейсу, заміну транспортного засобу, контакти водія тощо.

7. Можливість перевозити тварин. Власники тварин відмічають, що обираючи перевізника обов'язково звертають увагу на можливість перевозити своїх улюбленців.

8. Можливість отримати снеки, гарячі напої та воду під час поїздки.

Для обґрунтування чинників, що справляють найбільший вплив на споживчу цінність послуг міжнародних автобусних перевезень, було також враховано думку експертів у галузі пасажирських перевезень. Для оцінки та обробки результатів опитування експертів було використано інструментарій експертної оцінки, експертний аналіз в маркетингових дослідженнях має ряд переваг:

- використання досвіду експертів у процесі аналізу;
- можливість враховувати вплив різносторонніх якісних чинників;
- не має необхідності в точних кількісних вихідних даних;
- наявність методик проведення експертного дослідження.

Вибір чинників найбільшого впливу на споживчу цінність послуг міжнародних автобусних перевезень здійснено в два етапи: на першому - експертам запропоновано оцінити рівень впливу на ціноутворення міжнародних перевезень, відібраних при анкетуванні споживачів, чинників; на другому етапі проведено перевірку отриманих результатів.

При виборі експертів, що входили до експертної групи, враховувалися визначальні характеристики їх значимості та кваліфікації: професійний статус; практичний досвід (понад 5 років); посада (керівники, маркетологи, менеджери відділів продажу провідних автотранспортних підприємств, що надають послуги з міжнародних перевезень, науковці в галузі маркетингу та транспортного менеджменту); інформованість та компетентність в області ціноутворення; евристичність (здатність виявляти неочевидні проблеми); креативність експерта (здатність вирішувати завдання, які важко формалізуються); здатність відстоювати свою думку в колективі; незалежність; системність мислення експерта та всебічне бачення проблеми [5, 7].

Для проведення експертного дослідження сформовано групу, що складалася з 15 експертів, їх кількість перевищувала кількість чинників у 2 рази. Оцінка експертами відносної важливості чинників здійснювалася шляхом присвоєння їм балів в межах від 0 до 10, при цьому нуль надавався, якщо група або чинник, на думку експерта, не має значного впливу; 10 балів – якщо чинник (група чинників) має найсуттєвіший вплив. Експерт мав право надати однакову кількість балів декільком чинникам, якщо на його думку вони однаково суттєві.

Для статистичних оцінок результатів експертизи визначені такі показники (за кожним чинником): середній ранг для кожного чинника; вага впливу чинника; частота максимальних оцінок отриманих окремим чинником; коефіцієнт активності експертів по чиннику; розмах варіації оцінок експертів; коефіцієнт конкордації для усієї групи експертів; коефіцієнт розбіжності рангів; сума різниць однакових рангів по кожній групі; коефіцієнт кореляції рангу; різниця по модулю величин рангів оцінок поставлених парою експертів (табл. 1).

Таблиця 1 – Порядок розрахунку показників оцінок результатів експертизи за кожним чинником. Джерело: [4,5,7]

Table 1 – The procedure for calculating the indicators of evaluations of examination results for each factor. Source: [4,5,7].

№ п/п	Назва показника	Алгоритм розрахунку	Умовні позначення
1	Середній ранг для кожного чинника ($\underline{S_i}$)	$\underline{S_i} = \frac{S_i}{m}$	де S_i – сума рангів за кожним чинником; m – кількість експертів, що взяли участь в колективному експертному оцінюванні
2	Вага впливу j-го чинника (W_j)	$W_j = \frac{M_j}{\sum_{n=1}^{j} Mij}$,	де M_j – оцінка j-го чинника; M_{ij} – оцінка i-м експертом j-го чинника; n – кількість чинників.

Продовження таблиці 1

№ п/п	Назва показника	Алгоритм розрахунку	Умовні позначення
3	Частота максимальних оцінок отриманих окремим чинником ($К_{10j}$)	$К_{10j} = \frac{m_{10j}}{m_j}$	де m_j – кількість експертів, що оцінили *j-мй* чинник; m_{10j} – кількість максимальних оцінок (10 балів), наданих *j*-ому чиннику.
4	Коефіцієнт активності експертів по *j*-му чиннику (K_{aej})	$K_{aej} = \frac{m_j}{m}$,	де m_j – кількість експертів, що оцінили *j*-ий чинників; m – загальна кількість експертів.
5	Розмах варіації оцінок експертів (L_j)	$L_j = C_{j\max} - C_{j\min}$,	де C_{jmax} ,C_{jmin} – відповідно максимальна і мінімальна оцінки, поставлені експертами *j*-му чиннику.
6	Коефіцієнт конкордації для усієї групи експертів ($К_{кон}$)	$K_{кон} = \frac{12\sum_{j=1}^{n} d_j^2}{m^2(n^3-n) - m\sum_{i=1}^{m} T_i}$,	де d_j – коефіцієнт розбіжності рангів *j-го* чинника; T_i – різниця пов'язаних рангів *j-го* чинника.
7	Коефіцієнт розбіжності рангів (d_j)	$d_j = \underline{S_j} \frac{\sum_{j=1}^{n} S_j}{n}$,	S_j - сума рангів за *j*-м чинником
8	Сума різниць однакових рангів по кожній групі (T_i)	$T_i = \sum_{i=1}^{l} (t_i^3 - t_l)$,	де l – кількість груп однакових рангів; t_l - кількість однакових рангів у кожній групі.
9	Коефіцієнт кореляції рангу	$P_{\alpha\beta} = 1 - - \frac{\sum_{j=1}^{n} \Psi_j^2}{\frac{1}{6} * (n^3 - n) - \frac{1}{12} * (T_\alpha + T_\beta)}$	де Ψ_j - різниця по модулю величин рангів оцінок j-*го чинника*, поставлених експертами α і β:
10	Різниця по модулю величин рангів оцінок поставлених парою експертів	$\Psi j = \lvert T_{\alpha j} + T_{\beta j} \rvert$	де $T_{\alpha j}$, $T_{\beta j}$ - показники пов'язаних рангів оцінок експертів α і β, (розраховуються за формулою 8).

За формулами 1-5 табл. 1 розраховано показники рівня впливу чинників на споживчу цінність послуг міжнародних автобусних перевезень (табл. 2).

Аналіз показників відносної важливості груп факторів засвідчує абсолютну активність експертів, оскільки вони оцінили всі запропоновані чинники. В своїй більшості вони вважають, що суттєвий вплив на споживчу цінність міжнародних транспортних послуг здійснюють: стан транспортних засобів, комфорт і професійність та ввічливість водіїв.

Найменш впливовими експерти вважають можливість отримати снеки та напої. Проте, у даного чинника досить значний розмах варіації в оцінках, що може свідчити про неузгодженість думок експертів.

Частота максимально можливих оцінок показує, що максимальні оцінки експерти встановили для стану транспортних засобів, комфорту, професійності та ввічливості водіїв, дотримання графіку руху

Таблиця 2 - Статистична оцінка порівняльної важливості впливу чинників на споживчу цінність послуг міжнародних автобусних перевезень.

Джерело: розраховано авторами

Table 2 - Statistical assessment of the comparative importance of the influence of factors on the consumer value of international bus transportation services.

Source: calculated by the authors.

№ п/п	Показники	Умовні позначення	Чинник впливу							
			Стан транспортних засобів	Комфорт	Професійність та ввічливість водіїв	Доступ до інформації	Дотримання графіку руху	Маршрут поїздки	Можливість отримати снеки та напої	Можливість перевозити тварин
1	Сума рангів	S_j	20	37,5	39	86,5	72	71	104	105
2	Середній ранг	Sj	1,3	2,5	2,6	5,8	4,8	4,7	6,9	7,0
3	Сума балів	M_j	147	135	134	102	113	110	80	80
4	Середній бал	M_j	9,8	9,0	8,9	6,8	7,5	7,3	5,3	5,3
5	Середня вага балів	W_j	0,164	0,150	0,149	0,113	0,126	0,122	0,088	0,088
6	Частота макси-мальних оцінок	K_{10j}	0,80	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	Коефіцієнт активності експертів	$K_{авj}$	1	1	1	1	1	1	1	1
8	Розмах варіації	L_j	1	2	2	3	4	4	5	7

Для наукового обґрунтування остаточного рішення щодо вибору домінуючих чинників необхідно визначити ступінь узгодженості думок експертів [4], яку здійснено:

- для колективу експертів – за коефіцієнтом конкордації (формули 6-8 табл.1);
- для кожної пари експертів – за коефіцієнтом кореляції рангу (формули 9,10 табл.1).

Результати оцінки узгодженості думок всієї групи експертів зведено в табл. 3.

Коефіцієнт конкордації варіюється в межах від 0 до 1,0, при цьому 0 означає повну неузгодженість думок експертів, а 1 – повну узгодженість їх думок. Розрахований коефіцієнт близький до 1, отже ступінь узгодження думок всієї групи експертів досить висока. Необхідності повторного оцінювання та ранжуванні результатів опитування не має.

Статистичну істотність коефіцієнта конкордації перевірено за критерієм Пірсона. Розрахункове значення X^2_p вище за його табличне значення X^2_T для n –1 ступенів свободи та довірчої ймовірності P = 0,95 або P = 0,99, свідчить про істотність коефіцієнта конкордації. У протилежному випадку необхідно збільшити кількість експертів для оцінки.

Коефіцієнт парної кореляції рангу Спірмена змінюється в межах від -1 до 1. При цьому значення P=1 характеризує повну узгодженість думок експертів, значення P=-1 – взаємну протилежність їх думок.

Результати розрахунків коефіцієнтів кореляції рангу, наведені в табл.3, свідчать про досить високу міру узгодженості думок між парами експертів щодо оцінки впливу на споживчу цінність послуги міжнародних автобусних перевезень визначених чинників.

Таблиця 3 – Розрахунок показників узгодженості думок всієї групи експертів щодо впливу чинників на споживчу цінність міжнародних автобусних перевезень.

Джерело: розраховано авторами

Table 3 – Calculation of indicators of agreement of opinions of the entire group of experts regarding the influence of factors on the consumer value of international bus transportation.

Source: calculated by the authors.

Показник	Розрахунок
Кількість груп зв'язаних рангів	l = 24 (2,5; 2,5); (4,5; 4,5); (2; 2; 2); (7; 7; 7); (3,5; 3,5); (5,5; 5,5); (2,5; 2,5); (5; 5; 5); (1,5; 1,5); (3,5; 3,5); (2,5; 2,5); (4,5; 4,5); (4; 4; 4); (1,5; 1,5); (5,5; 5,5); (2,5; 2,5); (2,5; 2,5); (2,5; 2,5); (4,5; 4,5); (3,5; 3,5); (5,5; 5,5); (1,5; 1,5); (3,5; 3,5); (2,5; 2,5)
Показник зв'язаних рангів	$T_i = (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (3^3 - 3) + (3^3 - 3) + (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (3^3 - 3) + (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (3^3 - 3) + (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (2^3 - 2) + (2^3 - 2) = 198$
Коефіцієнт розбіжності рангів	$\sum dj^2 = (20{,}0 - 66{,}9)^2 + (37{,}5 - 66{,}9)^2 + (39 - 66{,}9)^2 + (86{,}5 - 66{,}9)^2 + (72 - 66{,}9)^2 + (71 - 66{,}9)^2 + (104{,}0 - 66{,}9)^2 + (105 - 66{,}9)^2 = 7097$
Коефіцієнт конкордації	$К_{кон} = \frac{12 * 7097}{15^2 * (8^3 - 8) - 15 * 198} = 0{,}77$
Критерій Пірсона: розрахунковий	$X_p^2 = \frac{12 * 7097}{8 * 15 * (8 + 1) - \frac{1}{8 - 1} * 198} = 81{,}0$
Табличне значення	n = 8 – 1 ступенів свободи, отже для P = 0,95: X^2_T = 18,5, для P = 0,99: X^2_T = 14,1.

Проведені розрахунки, зокрема значення коефіцієнту конкордації близьке до одиниці, його статистична істотність, високі значення коефіцієнтів парної рангової кореляції підтверджують узгодженість думок експертів щодо переважного впливу на споживчу цінність послуги міжнародних автобусних перевезень стану транспортних засобів, комфорту, професійності та ввічливості водіїв.

Цінність транспортної послуги – це суб'єктивна характеристика, яка відображає міру значущості послуги з перевезення для кожного конкретного пасажира. Таким чином, це і є одним із методів ціноутворення за яким встановлюється ціна, в тому числі, на міжнародні транспортні послуги. Послуга з перевезення коштує стільки, скільки готовий заплатити пасажир, а скільки за нього заплатить пасажир залежить від тієї цінності, яку він очікує отримати від надання транспортної послуги.

Висновки та пропозиції: Забезпечити успіх компаніям-перевізникам в довгостроковій перспективі допоможе орієнтація їх послуг на очікування споживачів. В умовах воєнного стану, не зважаючи на збільшення кількості транспортних компаній, що здійснюють міжнародні перевезення, рівень незадоволеності рівнем якості послуг та невідповідністю ціни серед українців зростає. Опитування пасажирів міжнародних автобусних маршрутів дозволило визначити ряд чинників, що визначають споживчу цінність для українців в міжнародних автобусних перевезеннях.

Експертна оцінка виокремлених чинників дозволила визначити як найбільш впливові - стан транспортних засобів, комфорт і професійність та ввічливість водіїв. Узгодженість думок експертів підтверджена коефіцієнтом конкордації та рангової кореляції. Результати дослідження в подальшому можуть бути використанні автотранспортними підприємствами при розробці стратегії ціноутворення на міжнародні автобусні перевезення.

Перелік посилань

1. Thomas T. Nagle. The Strategy and Tactics of Pricing: A Guide of Profitable Decision Making. 3rd editiion. Prentice Hall, 2002. P. 398
2. Бакалінський О. В. Утворення споживчої цінності у пасажирських перевезеннях залізницями. Ефективна економіка № 6, 2012 http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1224 (дата звернення: 02.11.2022).
3. Гаркавенко С. С. Маркетинг. Навч. посібник. 4-те вид., доп. Київ: Лібра, 2006. 717 с.
4. Застело О.В. Аналіз методів визначення узгодженості думки групи експертів під час оцінювання рівня сформованості іншомовної комунікативної компетентності слухачів. Комп'ютер у школі та сім'ї. 2015. №8. С. 18-22.

5. Калініна І. О., Гожий О. П., Мусенко Г. О. Врахування компетентності експертів у методах багатокритеріального аналізу в задачах раціонального вибору. Наукові праці Чорноморського державного університету імені Петра Могили. Комп'ютерні технології. 2012. Вип. 179, Т. 191. С. 116–123.

6. Пасажирські автобусні перевезення в умовах воєнного стану: зміни на ринку та перспективи розвитку. Торгово-промислова палата. URL: https://ucci.org.ua/press-center/ucci-news/diskusiia-na-temu-pasazhirski-avtobusni-perevezennia-v-umovakh-voiennogo-stanu-zmini-na-rinku-ta-perspektivi-rozvitku-vidbulas-29-serpnia-u-torgovo-promislovii-palati-ukrayini (дата звернення: 02.11.2022).

7. Подолянчук С. В. Визначення компетентності експертів з оцінювання наукової діяльності у вищому педагогічному навчальному закладі. Теорія і практика управління соціальними системами. 2014. № 4. С. 112–122.

8. Центр транспортних стратегій. URL: https://cfts.org.ua/news /2022/08/31/obsyag_mizhnarodnikh_avtobusnikh_perevezen_v_ukrani_z_pochatku_viyni_zris_mayzhe_vtrichi_miu_71714 (дата звернення: 02.11.2022).

9. Шинкаренко В.Г. Параметри споживчої цінності послуг пасажирського автомобільного транспорту. Економіка транспортного комплексу: збірник наукових праць, 2012. Вип. 20. С. 102–110.

FEATURES OF THE PRICING OF INTERNATIONAL TRANSPORT SERVICES

Kovalenko Nataliya V., Dr. of Economics, Associate Professor, National Transport University, kovalenko-nv@ukr.net, Kyiv, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelyanovich-Pavlenko str., 1. https://orcid.org/0000-0001-8011-1373

Malakhova Yuliya A., Ph.D. Economics, associate professor department of management, National Transport University, e-mail: yu.malakhova@ntu.edu.ua, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelyanovich-Pavlenko str., 1. https://orcid.org/0000-0002-8769-7597

Abstract. The article is devoted to the study of the pricing of international bus transportation based on the value of the service for consumers.

The object of research is the value of passenger road transport services.

The purpose of the work is to study the factors that determine the value of international road transportation services from the point of view of their influence on the pricing of international bus transportation.

Research method - methods of survey, synthesis and analysis, expert assessment.

Pricing based on the value of the service will help to ensure the success of transport companies in the long term. In the conditions of martial law, the demand for international transportation is increasing, the price is also increasing, but the discrepancy between the quality and price of transport services remains, which leads to dissatisfaction of passengers with the services of most carrier companies.

The survey of passengers of international bus routes made it possible to determine a number of factors that determine the consumer value of international bus transportation for Ukrainians.

With the help of an expert assessment, it was determined that the most significant factors from the point of view of the value of international transportation are the condition of vehicles, comfort and professionalism and courtesy of drivers. Consistency of experts' opinions is confirmed by the coefficient of concordance and rank correlation.

In the future, the results of the research can be used by motor transport companies when developing a pricing strategy for international bus transportation.

Prognostic assumptions regarding the development of the object of research - the development of a pricing strategy based on the expectations of passengers of international bus routes.

Key words: pricing, transport services, international bus transportation, consumer value, expert assessment.

References

1. Thomas T. Nagle. (2002) The Strategy and Tactics of Pricing: A Guide of Profitable Decision Making. 3rd editiion. Prentice Hall, P. 398

2. Bakalinskyi O. V. (2012) Utvorennia spozhyvchoi tsinnosti u pasazhyrskykh perevezenniakh zaliznytsiamy [Creation of consumer value in passenger transportation by railways]. *Efektyvna ekonomika* no. 6. Available at: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1224 (accessed: 02.11.2022) [in Ukrainian].

3.Harkavenko S. S. (2006) Marketynh.[Marketing] Navch. posibnyk. 4-te vyd., dop. Kyiv:Libra. 717 p. [in Ukrainian].

4. Zastelo O.V. (2015) Analiz metodiv vyznachennia uzghodzhenosti dumky hrupy ekspertiv pid chas otsiniuvannia rivnia sformovanosti inshomovnoi komunikatyvnoi kompetentnosti slukhachiv [Analysis of the methods of determining the coherence of the opinion of a group of experts during the assessment of the level of formation of foreign language communicative competence of listeners] *Kompiuter u shkoli ta simi*. No 8. pp. 18-22. [in Ukrainian].

5. Kalinina I. O., Hozhyi O. P., Musenko H. O. (2012) Vrakhuvannia kompetentnosti ekspertiv u metodakh bahatokryterialnoho analizu v zadachakh ratsionalnoho vyboru [Taking into account the competence of experts in the methods of multi-criteria analysis in problems of rational choice] *Naukovi pratsi Chornomorskoho derzhavnoho universytetu imeni Petra Mohyly. Kompiuterni tekhnolohii*. Vol. 179, no. 191. pp. 116–123. [in Ukrainian].

6. Pasazhyrski avtobusni perevezennia v umovakh voiennoho stanu: zminy na rynku ta perspektyvy rozvytku [Passenger bus transportation under martial law: market changes and development prospects] Torhovo-promyslova palata. Available at: https://ucci.org.ua/press-center/ucci-news/diskusiia-na-temu-pasazhirski-avtobusni-perevezennia-v-umovakh-voiennogo-stanu-zmini-na-rinku-ta-perspektivi-rozvitku-vidbulas-29-serpnia-u-torgovo-promislovii-palati-ukrayini (accessed: 02.11.2022).

7. Podolianchuk S. V. (2014) Vyznachennia kompetentnosti ekspertiv z otsiniuvannia naukovoi diialnosti u vyshchomu pedahohichnomu navchalnomu zakladi [Determining the competence of experts in the evaluation of scientific activity in a higher pedagogical educational institution] Teoriia i praktyka upravlinnia sotsialnymy systemamy. no. 4. pp. 112–122. [in Ukrainian].

8. Tsentr transportnykh stratehii [Center for Transport Strategies] Available at: https://cfts.org.ua/news/2022/08/31/obsyag_mizhnarodnikh_avtobusnikh_perevezen_v_ukrani_z_pochatku_viyni_zris_mayzhe_vtrichi_miu_71714 (accessed: 02.11.2022).

9. Shynkarenko V.H. (2012) Parametry spozhyvchoi tsinnosti posluh pasazhyrskoho avtomobilnoho transportu [Parameters of consumer value of passenger road transport services] *Ekonomika transportnoho kompleksu: zbirnyk naukovykh prats*, Vol. 20. pp. 102–110. [in Ukrainian].

УДК 338.22.01 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-112-450-458**
UDC 338.22.01

ПЕРСПЕКТИВИ ТА ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ МІЖНАРОДНОЇ ТОРГІВЛІ ТРАНСПОРТНИМИ ПОСЛУГАМИ УКРАЇНИ

PROSPECTS AND PROBLEMS OF UKRAINE'S INTERNATIONAL TRADE IN TRANSPORT SERVICES DEVELOPMENT



Муленко Володимир Миколайович, *аспірант кафедри економіки, Національний транспортний університет, Україна, 01010, м. Київ, вул. М.Омельяновича-Павленка, 1.,*

ttps://orcid.org/0000-0003-0950-6449

Анотація. Стаття присвячена дослідженню загроз та можливостей розвитку міжнародної торгівлі транспортними послугами України. Метою роботи є виявлення на основі аналізу стану та структури міжнародної торгівлі транспортними послугами України перспектив та проблем розвитку транспортного сектору країни в нових економічних та геополітичних реаліях. Дослідження здійснювалось з використанням методів економічного, системного, історичного та графічного аналізу.

В результаті аналізу встановлено, що ефективність використання наявного в України транспортного та транзитного потенціалу на сьогодні є низькою. В структурі експорту транспортних послуг тривалий час домінував трубопровідний транспорт, частка якого почала скорочуватись лише в останні роки під впливом зовнішніх факторів. Визначено, що повномасштабна війна на території України створила ряд додаткових загроз для реалізації транспортного потенціалу країни. Найбільшою проблемою транспортного сектору сьогодні є фізичне знищення рухомого складу транспортних підприємств та руйнування транспортної інфраструктури. Держава на сьогодні вже вживає заходів для збереження функціонування інфраструктури транспорту, проводить заходи відновлення, залучає бізнес до процесів відбудови. Однак, уряду необхідно більш активно підтримувати транспортні компанії в питанні оновлення їх парку транспортних засобів, шляхом сприянню використання лізингу, часткового покриття державою витрат на закупівлю транспортних засобів тощо. Враховуючи значну роль трубопровідного транспорту в структурі експорту, скорочення транзиту газу через українську газотранспортну систему створює загрозу втрати країною її статусу транзитера. Нейтралізації цієї проблеми вимагає від держави активізації дипломатичної діяльності з метою долучення України до транзиту енергоносіїв до Європи з альтернативних джерел. Крім того, доцільним є дослідження технічних можливостей та економічної доцільності переорієнтації української газотранспортної системи на транспортування біометану чи водню.

Окрім названих проблем, виявлено можливості розвитку сектору міжнародної торгівлі транспортними послугами, які виникли на сьогоднішній день. Встановлено, що долучення України до міжнародних ініціатив, вступ до регіональних альянсів та підписання угод в сфері транспорту з ЄС дозволить підтримувати функціонування транспортного сектору країни під час війни; створить передумови для швидкого післявоєнного відновлення, активнішого залучення України до європейської транспортної мережі, подальшого активного розвитку транспортного сектору та більш повної реалізації наявного у країни транзитного потенціалу.

Ключові слова: міжнародна торгівля, транспортні послуги, експорт, транзитний потенціал, транспортний сектор.

Вступ. Сектор транспортних послуг з моменту здобуття Україною незалежності відігравав значну роль в її економічному розвитку. Вигідне економіко-географічне положення країни дозволило їй стати великим транспортним мостом між країнами Європи, Азії та Близького Сходу. Наявність тисячі кілометрів доріг, залізничних колій, численних морських та річкових портів, аеропортів, розгалужених газо- та нафтотранспортних систем перетворили Україну на великий транспортний хаб Східної Європи. Однак, починаючи з 2014 року, під впливом численних геополітичних та економічних факторів, ефективність функціонування транспортного сектору, а також значення України як транзитера, почали знижуватися. Повномасштабна війна, яка розпочалася в 2022 році, призвела до істотного зменшення обсягів перевезень українською територією, а також фактично поставила під загрозу статус України як транзитної держави. В зв'язку з цим виникає необхідність дослідження загроз та можливостей розвитку української сфери торгівлі міжнародними транспортними послугами в нових економічних та політичних реаліях.

Аналіз останніх досліджень, у яких започатковано вирішення проблеми. Дослідженню проблематики та перспектив розвитку міжнародної торгівлі транспортними послугами України присвячено широке коло наукових праць таких авторів, як І. Амеліна, А. Брайковська, Р. Веприцький, С. Гончаров, М. Григора, О. Зоріна, Т. Камінська, К. Назаренко, А. Окороков, М. Постан та інші. Однак, економічна ситуація, в якій на сьогодні опинилась Україна, створює необхідність проведення комплексного дослідження стану міжнародної торгівлі транспортними послугами з метою виявлення нових викликів та можливостей для розвитку транспортного сектору.

Мета статті – виявлення на основі аналізу стану та структури міжнародної торгівлі транспортними послугами України перспектив та проблем розвитку транспортного сектору країни в нових економічних та геополітичних реаліях.

Виклад основного матеріалу. На сьогодні наявний в України транспортний та транзитний потенціал не використовується в повному обсязі. Згідно даних Платіжного балансу, міжнародна торгівля транспортними послугами за останні 5 років не демонструвала стабільних тенденцій. В період 2017-2019 років спостерігалося поступове зростання обсягів експорту транспортних послуг України – за даний період експорт зріс на 331 млн дол. США (на 5,59%). Починаючи з 2020 року експорт транспортних послуг почав активно скорочуватися, що пов'язано зі зменшенням обсягів перевезень на фоні впроваджених коронавірусних обмежень. За період 2019-2021 років обсяг експорту транспортних послуг скоротився на 23,88% (1493 млн дол. США). Загалом, за останні 5 років сукупний експорт послуг транспорту України скоротився на 19,62% (на 1162 млн дол. США). Імпорт транспортних послуг також демонстрував коливання обсягів в період 2017-2021 років. Ріст імпорту аналогічно експорту відбувався в період 2017-2019 років – за даний період імпорт зріс на 19,3% (на 407 млн дол. США). В 2020 році відбулось суттєве скорочення імпорту транспортних послуг, яке було викликане карантинними обмеженнями, впровадженими на фоні пандемії COVID-19. В 2020 році імпорт скоротився на 23,69% (на 596 млн дол. США) у порівнянні з попереднім роком. На відміну від експорту, імпорт транспортних послуг в 2021 році почав зростати і збільшився на 914 млн дол. США (на 47,6%) у порівнянні з минулим роком. Імпорт в 2021 році у порівнянні з 2017 роком зріс на 34,38% (або на 725 млн дол. США). Варто зазначити, що сальдо міжнародної торгівлі послугами за досліджуваний період зберігало позитивне значення, однак демонструвало активне зниження починаючи з 2019 року: якщо в 2017 році позитивне сальдо становили 3813 млн дол. США, в 2019 році – 3737 млн дол. США, то в 2021 році сальдо було на рівні 1926 млн дол. США (в порівнянні з 2017 роком значення сальдо скоротилось майже на 50%) (рисунок 1).

В 2022 році очікується подальше значне скорочення обсягів експорту транспортних послуг в зв'язку з військовими діями на території України, блокуванням її морських портів, руйнуванням аеропортів та вокзалів, знищенням рухомого складу, закриттям повітряного простору над територією країни та пошкодженням доріг і колій. Імпорт транспортних послуг в 2022 році, ймовірно, продемонструє незначне скорочення, що буде обумовлено активним використанням іноземних транспортних перевізників для забезпечення логістики гуманітарних вантажів та здійснення комерційних транспортних перевезень.

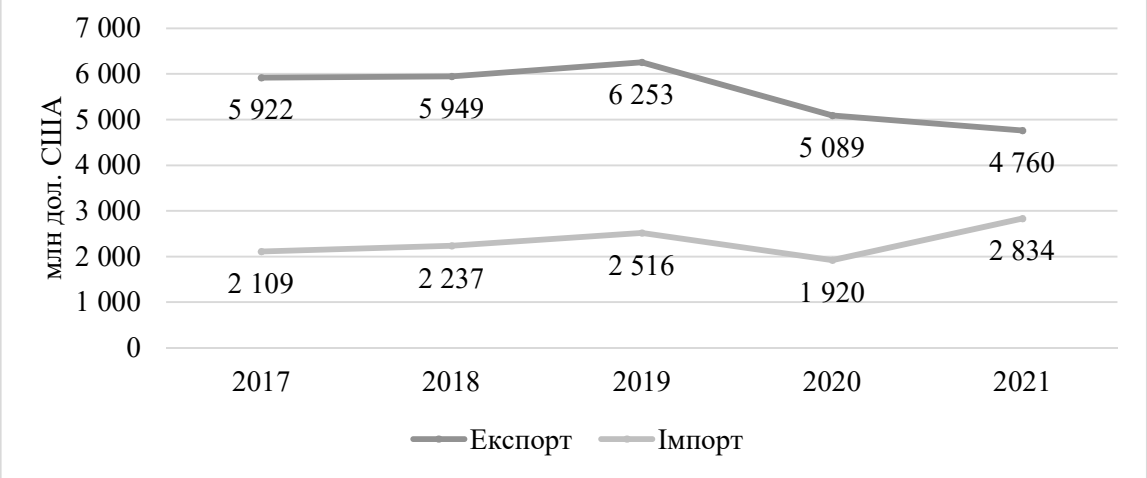


Рисунок 1 - Динаміка міжнародної торгівлі транспортними послугами України, 2017-2021 роки [Розроблено на основі джерела 1]
Figure 1 - Dynamics of international trade in transport services of Ukraine, 2017-2021 [Developed on the basis of source 1]

Найбільшу частку в структурі експорту транспортних послуг за досліджуваний період займали послуги трубопровідного транспорту – частка цих послуг коливалась в межах 34-51%. Варто відмітити, що експорт послуг трубопровідного транспорту за період 2017-2021 років демонстрував здебільшого скорочення (незначний ріст спостерігався лише в 2019 році), що призвело до скорочення частки наданих послуг на 15% (з 50,5 до майже 35%). Другим за обсягами в структурі експорту був повітряний транспорт – частка даного транспорту знаходилась в межах 18-23%. Експорт послуг повітряного транспорту також демонстрував переважно ріст, лише в 2020 році на фоні коронавірусних обмежень відбулось скорочення на 43,45%, а частка експорту даним транспортом сягнула мінімуму за досліджуваний період. Третім в структурі експорту був морський транспорт (частка коливалась в межах 9-13%) – експорт даним транспортом скорочувався в 2017-2018 роках, а з 2019 року демонстрував стабільне зростання. Експорт залізничним транспортом здебільшого зменшувався (лише в 2021 році відбулось зростання на 13,8%), а доля цього транспорту в структурі експорту була в межах 7-10%. Частка послуг автомобільного транспорту в структурі експорту, а також обсяги експорту послуг цього транспорту, стабільно зростали (за досліджуваний період доля зросла з 4,63 до 8,7%, а обсяги експорту збільшились на 140 млн дол. США). Обсяги експорту послуг інших видів транспорту також зростали за досліджуваний період, а їх частка в структурі експорту виросла з 4,4 до 8,1% (таблиця 1).

Таблиця 1 Динаміка структури експорту транспортний послуг України, 2017-2021 роки [Розроблено на основі джерела 1]
Table 1 Dynamics of the export structure of transport services of Ukraine, 2017-2021 [Developed on the basis of source 1]

Вид транспорту	2017		2018		2019		2020		2021	
	млн дол.	%	млн дол.	%	млн дол.	%	млн дол.	%	млн дол.	%
Морський	611	10,32	522	8,77	596	9,53	605	11,89	616	12,94
Повітряний	1092	18,44	1221	20,52	1420	22,71	803	15,78	1047	22
Залізничний	581	9,81	539	9,06	501	8,01	406	7,98	462	9,71
Автомобільний	274	4,63	304	5,11	338	5,41	338	6,64	414	8,7
Трубопровідний	2998	50,62	2960	49,76	2985	47,74	2443	48,01	1664	34,96
Інший	274	4,63	269	4,52	292	4,67	346	6,8	387	8,13

В 2022 році очікується значне скорочення експорту послуг всіх видів транспорту. В структурі експорту транспортних послуг в зв'язку з блокуванням морських портів України, фактично повним припиненням авіаперевезень та дуже обмеженим використанням газотранспортної системи очікується істотне скорочення часток трубопровідного, морського та повітряного транспортів. Ймовірним є

зростання частки залізничного та автомобільного транспортів, що обумовлено значним використанням даних наземних видів транспорту для забезпечення експорту української продукції, в першу чергу продовольства.

Основу імпорту транспортних послуг складали послуги морського, повітряного та залізничного транспорту. Частка морського транспорту в структурі імпорту протягом досліджуваного періоду демонструвала стійке зростання (вона зросла з 21% у 2017 році до майже 48% в 2021 році). Фізичні обсяги імпорту послуг морського транспорту за період 2017-2021 років зросли втричі. Повітряний транспорт домінував у структурі імпорту до 2019 році - його частка в цей період була на рівні 33-36% та демонструвала відносно незначне скорочення. Введені в 2020 році карантинні обмеження призвели до суттєвого скорочення обсягів авіаперевезень та значного спаду імпорту послуг повітряного транспорту (в 2020 році обсяги імпорту скоротилися більше ніж на половину, а частка цих послуг зменшилась майже на 15%). В 2021 році почалось відновлення авіаперевезень, внаслідок чого їх обсяги зросли більше ніж на 70%, а їх частка збільшилась до майже 23%. Імпорт послуг залізничного транспорту зростав в 2017-2018 роках (ріст на 7,5%), в 2018-2020 роках відбулось падіння обсягів імпорту цим транспортом (скорочення на 35%), яке змінилось деяким ростом в 2021 році (на майже 25%). Частка послуг залізничного транспорту демонструвала незначне зростання в 2017-2018 роках, яке змінилось стійким падінням що спостерігається і досі (частка даного транспорту в структурі імпорту скоротилась на 8,5%). Доля послуг автомобільного транспорту коливалась в межах 9-15% і не демонструвала стійких тенденцій. На послуги трубопровідного та іншого транспорту в 2021 році припадало менше ніж 5% в структурі імпорту (таблиця 2).

Таблиця 2 – Динаміка структури імпорту транспортний послуг України, 2017-2021 роки [Розроблено на основі джерела 1]
Table 2 – Dynamics of the import structure of transport services of Ukraine, 2017-2021 [Developed on the basis of source 1]

Вид транспорту	2017		2018		2019		2020		2021	
	млн дол.	%	млн дол.	%	млн дол.	%	млн дол.	%	млн дол.	%
Морський	443	21,01	577	25,79	826	32,83	838	43,65	1360	47,99
Повітряний	743	35,23	775	34,64	854	33,94	374	19,48	644	22,72
Залізничний	495	23,47	532	23,78	470	18,68	345	17,97	429	15,14
Автомобільний	256	12,14	202	9,03	231	9,18	275	14,32	274	9,67
Трубопровідний	80	3,79	79	3,53	60	2,38	0	0,00	1	0,04
Інший	82	3,89	54	2,41	56	2,23	60	3,13	70	2,47

В 2022 очікується істотне скорочення часток імпорту послуг повітряного та морського транспорту, в зв'язку з раніше згадуваними блокуванням портів та закриттям повітряного простору України. Доля імпорту послуг залізничного та автомобільного транспорту може дещо зрости або залишитися на рівні 2021 року, що буде обумовлено використанням саме цих видів транспорту для доставки гуманітарних та інших вантажів до України. Частка трубопровідного транспорту, ймовірно, залишатиметься мізерною.

Дані аналізу свідчать про кризові явища в експорті транспортних послуг України, які виникли на фоні геополітичних та економічних викликів, а також пандемії коронавірусу. Війна на території України створює ряд нових загроз для транспортного сектору країни в цілому та міжнародної торгівлі транспортними послугами. Знищення транспортної інфраструктури та рухомого складу, неможливість здійснення перевезень через територію країни, масова переорієнтація товарних потоків в обхід України через проблеми безпеки – це лише деякі з проблем що ставлять під загрозу статус країни як транзитера. Водночас, варто відмітити, що нові геополітичні реалії створюють певні можливості для розвитку транспортного сектору країни. Введення санкцій проти Росії та Білорусі змусило численні компанії шукати маршрути в обхід підсанкційних територій і Україна може виступати перспективним альтернативним транспортним маршрутом транспортування товарів з Азії до Європи. Крім того, на сьогодні відбувається активний пошук нових економічних контактів між країнами Європи та країнами Перської Затоки і українська територія може стати транзитним мостом для забезпечення ефективного товарообігу між регіонами.

Найбільшою проблемою функціонування транспортного сектору сьогодні є фактичне знищення рухомого складу та парку транспортних засобів підприємств всіх видів транспорту, а також руйнування транспортної інфраструктури. За даними Київської школи економіки, станом на 13 липня було пошкоджено чи знищено 105,2 тис. легкових авто та 17,3 тис. одиниць іншого пасажирського транспорту; захоплено, зруйновано чи пошкоджено 23,9 тис. км доріг, пошкоджено 18 аеропортів [2]. Станом на 8 червня повідомлялось про знищення чи пошкодження більше 300 мостів, 6 тис. кілометрів колій та 40 залізничних мостів [3]. Знищення транспортної інфраструктури ускладнює логістику всіх видів транспорту та фактично унеможливлює надання транспортних послуг на території України. Тому відновлення інфраструктури на сьогодні є першочерговим завданням для підтримки сектору торгівлі транспортними послугами. За даними Міністерства інфраструктури України за останні 3 місяці було відкрито рух 43 тимчасовими переправами, 13 залізничними мостами і переправами, розчищено понад тисячу кілометрів доріг [4]. Міністерством інфраструктури також визначені основні стратегічні проекти відбудови інфраструктури України: відбудова та нове будівництво 51,2 тис. км автодоріг, будівництво понад 1,4 тис. мостів (із урахуванням стандартів НАТО), закупівля, ремонт і модернізація понад 7 тис. одиниць залізничного рухомого складу, реконструкція/будівництво 5 нових аеропортів, модернізація 3 портів на Дунаї [4].

До відновлення інфраструктури сьогодні активно залучається бізнес. За даними Міністерства інфраструктури, бізнес інвестує 90 млн доларів у будівництво нових терміналів в річкових портах. Окрім цього, більше 30 мільйонів планується проінвестувати на спорудження нових залізничних терміналів. Крім того, Міністерством презентовано ключові інфраструктурні проекти для залучення коштів приватного бізнесу: розвиток залізничної інфраструктури для нарощування обсягів українського експорту; збільшення пропускної спроможності автомобільних пунктів пропуску на західних кордонах; будівництво та ремонт доріг, які ведуть до кордонів; розвиток українських дунайських портів («Ізмаїл», «Рені» та «Усть-Дунайськ») [5].

Однак, держава досить опосередковано долучається до процесу відновлення рухомого складу, зосереджуючись переважно на залізничному транспорті. В зв'язку з цим на сьогодні необхідно створити програму підтримки відновлення транспортного парку підприємств автомобільного, повітряного та морського транспорту. Програма повинна включати, зокрема, часткове покриття державою вартості транспортних засобів при їх закупівлі за кордоном, зниження митних ставок на ввезення необхідних транспортних засобів, створення державних замовлень на українських підприємствах-виробниках з подальшим переданням виготовленого транспорту у користування транспортними підприємствами на пільгових умовах, стимуляція використання лізингових операцій для оновлення рухомого складу тощо. Фінансування даної програми здійснюватиметься за рахунок фінансової підтримки країн-партнерів України та коштом державного бюджету.

Однією з найбільших загроз для сфери транспортних послуг України є можливість втрати транзиту газу та нафти до Європу, який був джерелом значних фінансових надходжень до бюджету країни. За даними «Оператора газотранспортної системи України» (ОГТСУ) станом на червень обсяги транзиту газу українською ГТС скоротились втричі у порівнянні з попереднім роком [6]. Крім того, курс країн Європейського Союзу на відмову від російських енергоносіїв призведе до повної зупинки транзиту через Україну. За прогнозами ОГТСУ в перспективі 3-5 років Європа повністю відмовиться від російського газу і фактично потреби в транзиті через Україну вже не буде [7]. Вже сьогодні ОГСТУ шукає можливі шляхи компенсації втрати транзиту та альтернативні застосування для української ГТС. Одним з перспективних напрямків використання ГТС є транспортування та експорт біометану. Україна має значний потенціал виробництва біометану завдяки розвиненому агропромисловому комплексу. Вже сьогодні держава та ОГТСУ активно готують законодавчу базу та здійснюють технічну підготовку ГТС до транспортування біометану.

Україна може також долучитися до транзиту газу до країн Європи з нових джерел. На сьогодні відбуваються активні переговори щодо постачання газу між країнами ЄС та країнами Каспійського моря та Перської затоки. Україна може активізувати свою дипломатичну діяльність та долучитися до переговорного процесу, запропонувавши власну ГТС для забезпечення необхідних обсягів постачання газу до Європи. Крім того, доцільним може бути повернення до переговорів щодо будівництва газогону Білий потік, який був запропонований в 2006 році. Реалізація даного проекту дозволить Україні

отримати джерело додаткових фінансових надходжень та зберегти функціонування ГТС, а країнам-експортерам газу – диверсифікувати маршрути постачання газу до Європи.

Перспективним також є долучення України до ініціативи European Hydrogen Backbone (ЕНВ) та технічна переорієнтація ГТС на транспортування водню. В квітні 2022 року було підписано меморандум про взаєморозуміння між ОГСТУ та ЕНВ [8]. Однак переорієнтація ГТС на транспортування водню є технічно складною та вимагатиме значних фінансових витрат. Разом з тим, враховуючи курс країн Європи на безвуглецеву енергетику, переорієнтація ГТС є економічно доцільною та дозволить ГТС України залишитися значним джерелом фінансових надходжень в майбутньому.

Транзит нафти територією України у порівнянні з транзитом газу залишається відносно незначним. Однією з причин низького рівня залучення до транспортування нафти була технічна недосконалість української НТС та українських НПЗ. Враховуючи курс європейських країн на відмову від російської нафти та втрату білоруськими НПЗ ринків збуту через санкції, на сьогодні в України з'явилися можливості для активного залучення до транзиту нафти та виробництва нафтопродуктів. Крім значних дипломатичних зусиль, долучення української НПЗ до транзиту нафти вимагатиме проведення модернізації НТС, в тому числі і з впровадженням послідовного транспортування різних сортів нафти; підтримки функціонування системи нафтопроводів шляхом виконання робіт з діагностики та ремонту для забезпечення надійної і безпечної експлуатації; впровадження енергозберігаючих технологій для зниження експлуатаційних витрат. В ширшому контексті відмови від російської нафти в рамках ЄС, може отримати перспективу ще один незакінчений у минулі десятиріччя проект – добудова нафтопроводу Одеса-Броди до польського Плоцька [9]. Крім того, розвиток української НТС вимагатиме забезпечення рівних умов доступу до системи для потенційних клієнтів та впровадження конкурентоспроможних тарифів при постачанні нафти на українські НПЗ та її транзит територією України.

Крім зазначених проблем, сфера міжнародної торгівлі послугами на сьогодні отримала ряд можливостей, що дозволять значно пришвидшити її відновлення та розвиток у коротко- та середньостроковій перспективі. 29 червня між Україною та ЄС було підписано Угоду про вантажні перевезення автомобільним транспортом – Угоду про транспортний безвіз. За умовами Угоди на період її дії здійснюється скасування вимоги про отримання дозволу на вантажоперевезення, яке здійснюється в країни ЄС та/або з перетином кордонів країни ЄС (транзитом). Угода також скасувала вимоги наявності виключно міжнародного водійського посвідчення. Крім того, Найближчим часом Україна планує приєднатися до Конвенції про спільний транзит (NCTS), що «розмиє» митні кордони при транзиті між Україною та ЄС. Також очікується приєднання України до Угоди про оцінку відповідності та прийнятність промислової продукції (АССА) (промисловий безвіз), що врегулює взаємне визнання Україною та ЄС сертифікатів відповідності на промислову продукцію [10]. В комплексі, приєднання до всіх цих угод дасть наступні переваги Україні при експорті української продукції: преференційна ставки мита (0% для всіх українських товарів); відсутність необхідності отримання дозволу на перевезення; оформлення митного режиму експорту прямо на підприємстві; оформлення єдиної транзитної декларації Т1 в єдиному режимі транзиту; відсутність необхідності проведення додаткових оцінок відповідності та отримання сертифікатів відповідності. Все це створить нові можливості для нарощування експорту українським підприємствам, а також стимулюватиме розвиток ринку транспортних послуг та інфраструктури транспорту.

Значні можливості перед українським транспортним сектором відкриває долучення України до міжнародних ініціатив та альянсів. В лютому 2022 році було утворено альянс між Україною, Польщею та Великобританією. Незважаючи на те, що даний союз є військовим об'єднанням, його створення сприятиме поглибленню економічних зав'язків та стимулюватиме розвиток транспортного сполучення між країнами-членами. Окрім оборонного альянсу, Україна в червні 2022 року долучилась до Ініціативи трьох морів (ІТМ) на правах партнера-учасника. Було окреслено кілька пріоритетних сфер, у яких Україна може тісно працювати з державами-учасниками ІТМ: логістика (зокрема реалізація трансєвропейського коридору Via Carpathia); енергетика (експорт електрики з України); інфраструктура та діджиталізація (розширення пунктів пропуску на кордонах України, підтримка інфраструктурних проектів у сфері диджиталізації, посилення регіональних цифрових зв'язків) [11]. Крім того, ІТМ може відіграти значну роль у відновленні зруйнованої інфраструктури України та забезпеченні експорту української продукції під час війни.

Певні можливості на сьогодні з'явилися і щодо розвитку трубопровідного транспорту України. Враховуючи загрозу втрати країною транзиту енергоносіїв та визначальну роль України в забезпеченні продовольчої безпеки світу, перспективним видається застосування трубопровідного транспорту для здійснення безперебійного експорту окремих видів сільськогосподарської продукції. Крім вже анонсованого створення трубопроводу для транспортування рослинної олії з України до Польщі, доцільним буде вивчення технічної можливості та економічної доцільності побудови системи пневматичних труб для транспортування насипної продукції (в першу чергу українського збіжжя) до країн Європи, Північної Африки та Азії. Реалізація подібного проекту дозволить забезпечити стабільний та швидкий експорт українського зерна, підвищити безпеку транспортування та зменшити залежність експорту сільськогосподарської продукції від доступності морських перевезень.

Висновки. В останні роки відбувається суттєве скорочення ролі України на світових ринках перевезень та втрата країною її позицій як транзитера, що зумовлено впливом низки економічних та геополітичних чинників. Повномасштабне вторгнення на територію України створило ряд нових загроз як для сектору транспортних послуг, так і для економіки України в цілому.

Однією з найбільших проблем функціонування сфери транспортних послуг є знищення рухомого складу та руйнування транспортної інфраструктури. Подолання цієї загрози вимагає активного залучення держави та приватного бізнесу до процесів відбудови та оновлення парку транспортних засобів підприємств. Враховуючи значну роль трубопровідного транспорту в експорту транспортних послуг України, скорочення транзиту газу є істотним фактором ризику для економічного розвитку країни. Для нейтралізації даної проблеми державі необхідно проводити активну дипломатичну діяльність з метою залучення української газотранспортної системи до транзиту енергоносіїв з альтернативних джерел, а також здійснити технологічну переорієнтацію ГТС на транспортування біометану чи водню.

Крім загроз, нові реалії створили можливості для подальшого розвитку транспортного сектору України. Підписання між Україною та ЄС Угоди про вантажні перевезення автомобільним транспортом, створення альянсу між Україною, Польщею та Великобританією, долучення України до ІТР – все це відіграватиме значну роль у підтримці функціонування ринку транспортних перевезень у часи війни та створить передумови для відновлення транспортного сектору у повоєнний період.

Адекватне реагування на нові загрози та повноцінне використання всіх можливостей, що виникли в нових економічних реаліях, дозволить країні значно зменшити негативний вплив війни на сектор міжнародної торгівлі транспортними послугами, забезпечити умови для відбудови транспортної інфраструктури, зберегти статус країни як транзитера, а також створити передумови для подальшого розвитку і зростання сфери транспортних послуг та економіки України в цілому.

Перспективні напрямки подальших досліджень: оцінка вартості відновлення транспортної інфраструктури України та розробка проекту її відбудови; дослідження економічної доцільності та ефекту від переорієнтування української ГТС на транспортування водню/біометану; прогнозування напрямків та тенденцій розвитку українського транспортного сектору після підписання «транспортного безвізу» та приєднання України до ІТР.

Перелік посилань

1. Динаміка платіжного балансу України. URL: https://bank.gov.ua/files/ES/BOP_y.pdf (дата звернення 01.09.2022).

2. Загальна сума прямих задокументованих збитків становить $95.5 млрд, мінімальні потреби у відновленні зруйнованих активів — $165.1 млрд / KSE – Kyiv School of Economics. URL: https://kse.ua/ua/about-the-school/news/zagalna-suma-pryamih-zadokumentovanih-zbitkiv-stanovit-95-5-mlrd-minimalni-potrebi-u-vidnovlenni-zruynovanih-aktiviv-165-1-mlrd/ (дата звернення 01.09.2022).

3. В Україні запустили "карту руйнувань": на ній вже 1 500 зруйнованих об'єктів / Київ.media. URL: https://kyiv.media/news/v-ukrayini-zapustyly-kartu-rujnuvan-na-nij-vzhe-1-500-zrujnovanyh-obyektiv (дата звернення 01.09.2022).

4. Ukraine Recovery Conference: Олександр Кубраков презентував план «виживання» інфраструктури України / Міністерство інфраструктури України. URL: https://mtu.gov.ua/news/33593.html (дата звернення 01.08.2022).

5. Бізнес уже інвестує у розвиток української інфраструктури – Олександр Кубраков / Міністерство інфраструктури України. URL: https://mtu.gov.ua/news/33596.html (дата звернення 01.09.2022).

6. Транзит газу через Україну впав до мінімуму за останні 30 років – Оператор ГТС. URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3520062-obemi-tranzitu-gazu-cerez-ukrainu-dosagli-minimumu-za-ostanni-30-rokiv-operator-gts.html (дата звернення 01.09.2022).

7. Газотранспортній системі потрібна масштабна оптимізація — гендиректор ТОВ «Оператор ГТС України» / Ukraine media centre. URL: https://mediacenter.org.ua/uk/na-gazotransportnu-sistemu-chekaye-masshtabna-optimizatsiya-gendirektor-tov-operator-gts-ukrayini/ (дата звернення 01.09.2022).

8. Залежність від російського викопного палива має припинитися якомога швидше, – Франс Тіммеранс, віцепрезидент Єврокомісії. URL: https://tsoua.com/news/zalezhnist-vid-rosijskogo-vykopnogo-palyva-maye-prypynytysya-yakomoga-shvydshe-frans-timmerans-viczeprezydent-yevrokomisiyi/ (дата звернення 01.09.2022).

9. Україна 2022. Як не втратити свій шанс стати сильною державою / Українськи інститут майбутнього. URL: https://uifuture.org/publications/ukrayina-2022-yak-ne-vtratyty-svij-shans-staty-sylnoyu-derzhavoyu/ (дата звернення 01.09.2022).

10.Павленко І. «Транспортний безвіз»: відповіді на найпоширеніші запитання українського експортера. URL: https://biz.ligazakon.net/analitycs/212314_transportniy-bezvz-vdpovd-na-nayposhirensh-zapitannya-ukranskogo-eksportera (дата звернення 01.09.2022).

11.Що таке Тримор'я і чому Україна прагне приєднатися до цього об'єднання 12 країн ЄС / Новое время НВ. URL: https://nv.ua/ukr/world/geopolitics/trimor-ya-shcho-ce-ta-yaki-krajini-do-nogo-vhodyat-ukrajina-stala-partnerom-iniciativi-troh-moriv-50251323.html (дата звернення 01.09.2022).

PROSPECTS AND PROBLEMS OF UKRAINE'S INTERNATIONAL TRADE IN TRANSPORT SERVICES DEVELOPMENT

Mulenko Volodymyr M., post-graduate student of the Economics Department, National Transport University, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovich-Pavlenko, 1, https://orcid.org/0000-0003-0950-6449.

Abstract. The article is focused on the study of threats and opportunities for the development of Ukraine's international trade in transport services. The purpose of the study is to identify, based on the analysis of the state and structure of Ukraine's international trade in transport services, the prospects and problems of the country's transport sector development in the new economic and geopolitical realities. Methods of study – methods of economic, system, historical and graphical analysis.

As the result of the analysis, it was established that the efficiency of transport and transit potential available in Ukraine usage today is low. For a long time, pipeline transport dominated in export of transport services structure and share of this transport began to decrease only in recent years under the influence of external factors. It was determined that the full-scale war on the territory of Ukraine created a number of additional threats to the realization of the country's transport potential. The biggest problem of the transport sector today is the physical destruction of the rolling stock of transport enterprises and the destruction of the transport infrastructure. Today, the government is already taking measures to preserve the functioning of the transport infrastructure, carrying out restoration measures, and involves business in the reconstruction process. However, the government needs to support transport companies more actively in updating their fleet of vehicles, by promoting the use of leasing or partially covering vehicle purchase costs. Given the significant role of pipeline transport in the export structure, the reduction of gas transit through the Ukrainian gas transport system creates a threat of country losing its transit status. Neutralization of this problem requires the government to intensify diplomatic activity with the aim of involving Ukraine in the transit of energy carriers to Europe from alternative sources. In addition, it is advisable to study the technical possibilities and economic feasibility of reorienting the Ukrainian gas transportation system to the transportation of biomethane or hydrogen.

In addition to the mentioned problems, opportunities for the development of the international trade in transport services, which have arisen to date, have been identified. It has been established that Ukraine's involvement in international initiatives, joining regional alliances and signing agreements in the field of

transport with the EU will allow maintaining the functioning of the country's transport sector during the war; create prerequisites for rapid post-war recovery, more active involvement of Ukraine in the European transport network, further active development of the transport sector and more complete realization of the country's existing transit potential.

Keywords: international trade, transport services, export, transit potential, transport sector.

References

1. Dynamika platizhnoho balansu Ukrayiny (Dynamics of Ukraine's balance of payments). URL: https://bank.gov.ua/files/ES/BOP_y.pdf (Last accessed: 01.09.2022) [in Ukrainian].

2. Zahalna suma pryamykh zadokumentovanykh zbytkiv stanovyt $95.5 mlrd, minimalni potreby u vidnovlenni zruynovanykh aktyviv — $165.1 mlrd (The total amount of direct documented losses is $95.5 billion, the minimum needs for the restoration of destroyed assets are $165.1 billion). URL: https://kse.ua/ua/about-the-school/news/zagalna-suma-pryamih-zadokumentovanih-zbitkiv-stanovit-95-5-mlrd-minimalni-potrebi-u-vidnovlenni-zruynovanih-aktiviv- 165-1-mlrd/ (Last accessed: 01.09.2022) [in Ukrainian].

3. V Ukrayini zapustyly "kartu ruynuvan": na niy vzhe 1 500 zruynovanykh obyektiv (In Ukraine, a "destruction map" was launched: it already shows 1,500 destroyed objects). URL: https://kyiv.media/news/v-ukrayini-zapustyly-kartu-rujnuvan-na-nij-vzhe-1-500-zrujnovanyh-obyektiv (Last accessed: 01.09.2022) [in Ukrainian].

4. Ukraine Recovery Conference: Oleksandr Kubrakov prezentuvav plan «vyzhyvannya» infrastruktury Ukrayiny (Ukraine Recovery Conference: Oleksandr Kubrakov presented the plan for the "survival" of Ukraine's infrastructure). URL: https://mtu.gov.ua/news/33593.html (Last accessed: 01.09.2022) [in Ukrainian].

5. Biznes uzhe investuye u rozvytok ukrayinskoyi infrastruktury – Oleksandr Kubrakov (Business is already investing in the development of Ukrainian infrastructure - Oleksandr Kubrakov). URL: https://mtu.gov.ua/news/33596.html (Last accessed: 01.09.2022) [in Ukrainian].

6. Tranzyt hazu cherez Ukrayinu vpav do minimumu za ostanni 30 rokiv – Operator HTS (Gas transit through Ukraine has fallen to a minimum in the last 30 years - "Operator of Ukraine's gas transportation system"). URL: https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3520062-obemi-tranzitu-gazu-cerez-ukrainu-dosagli-minimumu-za-ostanni-30-rokiv-operator-gts.html (Last accessed: 01.09.2022) [in Ukrainian].

7. Hazotransportniy systemi potribna masshtabna optymizatsiya — hendyrektor TOV «Operator HT·S Ukrayiny» (The gas transportation system needs large-scale optimization — general director of LLC "Operator of Ukraine's gas transportation system"). URL: https://mediacenter.org.ua/uk/na-gazotransportnu-sistemu-chekaye-masshtabna-optimizatsiya-gendirektor-tov-operator-gts-ukrayini/ (Last accessed: 01.09.2022) [in Ukrainian].

8. Zalezhnist vid rosiyskoho vykopnoho palyva maye prypynytysya yakomoha shvydshe, – Frans Timmerans, vitseprezydent Yevrokomisiyi (Dependence on Russian fossil fuels must end as soon as possible - Frans Timmerans, Vice President of the European Commission). URL: https://tsoua.com/news/zalezhnist-vid-rosijskogo-vykopnogo-palyva-maye-prypynytysya-yakomoga-shvydshe-frans-timmerans-viczeprezydent-yevrokomisiyi/ (Last accessed: 01.09.2022) [in Ukrainian].

9. Ukrayina 2022. Yak ne vtratyty sviy shans staty sylnoyu derzhavoyu (Ukraine 2022. How not to lose your chance to become a strong state). URL: https://uifuture.org/publications/ukrayina-2022-yak-ne-vtratyty-svij-shans-staty-sylnoyu-derzhavoyu/ (Last accessed: 01.09.2022) [in Ukrainian].

10.Pavlenko, I. (2022) "Transportnyy bezviz": vidpovidi na nayposhyrenishi zapytannya ukrayins'koho eksportera ("Transport visa-free": answers to the most common questions of the Ukrainian exporter). URL: https://biz.ligazakon.net/analitycs/212314_transportniy-bezvz-vdpovd-na-nayposhirensh-zapitannya-ukranskogo-eksportera (Last accessed: 01.09.2022) [in Ukrainian].

11. Shcho take Trymorya i chomu Ukrayina prahne pryyednatysya do tsoho obyednannya 12 krayin YeS (What is The Three Seas Initiative and why Ukraine wants to join this association of 12 EU countries). URL: https://nv.ua/ukr/world/geopolitics/trimor-ya-shcho-ce-ta-yaki-krajini-do-nogo-vhodyat-ukrajina-stala-partnerom-iniciativi-troh-moriv-50251323.html (Last accessed: 01.09.2022) [in Ukrainian].