УДК 625.767 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-013-021**
UDC 625.767

ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДХОДІВ ЩОДО ОЦІНКИ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ПІД ЧАС РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТУ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ

RESEARCH OF APPROACHES TO ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT DURING THE IMPLEMENTATION OF THE ROAD CAPITAL REPAIR PROJECT



Бубела Андрій Володимирович, *доктор технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри «Транспортного будівництва та управління майном", e-mail:* bubelaandrey@ukr.net, *тел.. +380505535594,*

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



Загорняк Олег Васильович, *кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцнт кафедри «Транспортного будівництва та управління майном", e-mail: zagornyakoleg@gmail.com, тел. +380632335399,*

https://orcid.org/0000-0003-3830-4520



Соколова Наталія Михайлівна, *кандидат економічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцнт кафедри «Транспортного будівництва та управління майном", e-mail:* nata_ns@ukr.net, *тел. +380934037365,*

https://orcid.org/0000-0003-0678-8882

Анотація. Відомо, що всі виробничі ресурси є обмеженими і рідкісними. Особливо гостро ця економічна проблема стоїть перед такими основними компонентами природних ресурсів як земля, лісові ресурси, родовища корисних копалин, водні ресурси, тваринний світ, які людина використовує у процесі виробництва різноманітних благ і без яких неможлива господарська діяльність. Планування, будівництво та експлуатація автодоріг мають вестися відповідно до екологічних норм, а самі норми мають забезпечувати мінімізацію впливу автотранспортних мереж на довкілля. Високий рівень концентрації важкої промисловості, необґрунтовані масштаби меліорації земель, екологічний волюнтаризм у розвитку і розташуванні продуктивних сил та фінансування природоохоронних заходів за залишковим принципом призводять до екологічної кризи. Наслідки економічної діяльності призвели до забруднення життєво важливих видів ресурсів та деградації навколишнього середовища. Автотранспорт є потужним джерелом забруднення атмосфери, територій прилеглих до автодоріг, та шумового забруднення. У даній статті визначені характер і ступінь основних видів впливів на навколишнє середовище при капітальному ремонті об'єкта та при його подальшій експлуатації. Досліджені заходи щодо запобігання негативного впливу на довкілля, такі як: раціональне використання земельних та природних ресурсів, захист атмосферного повітря. Розглянуті шляхи та способи нормалізації стану навколишнього природного середовища, основним джерелом якого на автомобільній дорозі є безпосередньо транспортні засоби та дорожні машини. Кількість шкідливих

викидів та відстань їх поширення змінюється в залежності від інтенсивності та складу руху, дорожніх, природних та кліматичних умов.

У процесі із існуючих потенційних видів впливів на навколишнє середовище є вплив на атмосферне повітря. На геологічне середовище, мікроклімат, водне середовище, ґрунт, рослинний та тваринний світ. Вплив на навколишнє середовище ділянки дороги після капітального ремонту має постійний характер та не є шкідливим при умові їх гармонічного поєднання з природою.

Ключові слова: вплив на навколишнє середовище, проект капітального ремонту, автомобільна дорога, екологічні фактори.

Вступ

Сучасний розвиток складної мережі автомобільних доріг розглядається як негативний чинник впливу на довкілля, оскільки він супроводжується трансформацією чи прямим знищенням природних комплексів, ландшафтів. Збереження дикої природи та розвиток транспорту – ось два основні питання, які стоять перед суспільством і державою в Україні, Європі та в усьому світі.

Важливість таких підходів до розвитку автотранспортної структури знайшли відображення у міжнародних нормативно-правових актах, зокрема, у Протоколі про сталий транспорт до Рамкової конвенції про охорону і сталий розвиток Карпат [1], що набув чинності 14 січня 2019 року [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 прийнятий Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» [3].

Оцінка впливу на довкілля (ОВД) – це процедура, що передує запланованій господарській діяльності (у даному випадку – будівництву чи реконструкції автошляхів) і передбачає виявлення характеру, інтенсивності і ступеня небезпеки цієї діяльності на стан довкілля і здоров'я населення. Вона спрямована на запобігання шкоди довкіллю, забезпечення екологічної безпеки, охорони, раціонального використання і відтворення природних ресурсів з урахуванням державних, громадських та приватних інтересів. Згідно офіційного визначення [4] – автомобільна дорога представляє собою лінійний комплекс інженерних споруд, призначений для безперервного, безпечного та зручного руху транспортних засобів. Нормативно визначеними етапами робіт по експлуатації та ремонту автомобільних доріг загального користування є роботи, які пов’язані з такими об’єктами: земляне полотно та споруди дорожнього водовідведення (крім водопропускних труб), дорожнє покриття, транспортні споруди, об'єкти дорожнього сервісу, інженерного облаштування, організація дорожнього руху і споруди дорожньої служби [5] При виконанні цих робіт здійснюється суттєвий вплив на довкілля.

В період здійснення робіт з капітального ремонту можливими джерелами впливу на навколишнє середовище можуть бути будівельні машини, автотранспорт, електрозварювальні та фарбувальні роботи. При цьому, можливе незначне забруднення атмосферного повітря пилом, продуктами згоряння палива, розчинниками лакофарбових матеріалів.

Під час капітального ремонту відбуватиметься наступний вплив на компоненти навколишнього середовища:

– підвищення рівня шуму;
– викиди відпрацьованих газів від будівельної техніки;
– забруднення прилеглих територій пилом;
– зняття рослинного ґрунту.

Під час експлуатації:

– викиди відпрацьованих газів (CO, SO2, NOx, CnHm, сажа);
– транспортний шум.

Через загальний економічний спад зменшуються відрахування у фонд охорони навколишнього природного середовища з місцевих бюджетів та платежів підприємств, що ускладнює впровадження природоохоронних заходів.

Ці і інші проблеми обумовлюють зниження якості довкілля. Тому на сьогоднішній день найважливішим завданням є відновлення всіх складових навколишнього природного середовища та недопущення його подальшої деградації.

Мета і методи. При оцінці впливів на природне середовище джерел потенційного забруднення запроектованого об'єкту, основними методами прогнозування стану довкілля в районі його розміщення є:

- метод системного підходу (екологічне і техніко-економічне обґрунтування запланованої діяльності);
- розрахунково-аналітичний метод (оцінка впливу запланованої діяльності на довкілля);
- системно-аналоговий метод (зіставлення еколого-економічних взаємозв'язків запланованої діяльності об'єкту з типовими об'єктами-аналогами).

Метою оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС) є визначення доцільності і прийнятності планованої діяльності і обґрунтування економічних, технічних, організаційних, санітарних, державно-правових та інших заходів щодо забезпечення безпеки навколишнього середовища.

Основними завданнями ОВНС є:

- загальна характеристика існуючого стану території району, де планується здійснити плановану діяльність;
- розгляд і оцінка екологічних, соціальних і техногенних факторів, санітарно-епідемічної ситуації;
- визначення переліку можливих екологічно небезпечних впливів і зон впливів планованої діяльності на навколишнє середовище;
- прогноз змін стану навколишнього середовища відповідно до переліку впливів;
- визначення комплексу заходів щодо попередження або обмеження небезпечних впливів планованої діяльності на навколишнє середовище, необхідних для дотримання вимог природоохоронного та санітарного законодавств і інших законодавчих та нормативних документів, які стосуються безпеки навколишнього середовища;

Виходячи з актуальності питань досліджень впливу на навколишнє середовище, планування, будівництво та експлуатація автомобільних доріг повинні проводитися у відповідності до екологічних норм, а самі норми мають забезпечувати мінімізацію впливу автотранспортних мереж на довкілля. Проведений аналіз публікацій та досліджень з даної проблематики показав, що вагомий внесок у розвиток теоретичних та практичних засад розв'язання проблем, пов'язаних із розвитком автомобільних доріг та їх негативним впливом на навколишнє середовища зробили у своїх працях такі науковці як Угненко Є.Б., Луканін В.Н., Карасьова Л.О., Демішкан В.Ф., Гончаренко В.П., Прусенко Є.Д., Чоборовська І.С., Новікова А.М., Хрутьба В.О., Зуб Л.М., Костюшин В.А. та ін.

Особливе місце в дослідженнях посідає аналіз кумулятивних ефектів існуючих доріг, порівняльна оцінка альтернативних проектів будівництва доріг (в тому числі за критерієм щільності мережі доріг в регіоні, де буде виконуватися капітальне будівництво, враховуючи думки громадськості). За різними оцінками в більшості країн витрати на екологічну експертизу та моніторинг складають 10 – 20% від вартості проектів у дорожній галузі.

Мета публікації полягає у дослідженні підходів щодо оцінки впливу на довкілля при проведенні капітального ремонту автомобільної дороги та запропонувати заходи по зменшенню викидів в атмосферне повітря при капітальному ремонті. Визначені характер і ступінь потенційних видів впливів на навколишнє середовище при капітальному ремонті об'єкта та при його подальшій експлуатації. Крім того, визначені шляхи і способи нормалізації стану навколишнього природного середовища, заходи щодо ліквідації або пом'якшення можливого негативного впливу на навколишнє середовище і здоров'я населення.

Результати і пояснення. Проведення робіт з капітального ремонту супроводжується утворенням відходів будівництва (відходи будівельних робіт) та побутових відходів. При виконанні робіт з капітального ремонту проводять демонтаж існуючої автомобільної дороги – асфальтобетонного покриття проїзної частини, водовідвідних елементів, існуючих елементів облаштування проїзної частини, які, згідно договорів з комунальними службами, вивозяться на полігон твердих побутових відходів, а також утилізуються на спецпідприємствах.

Державний класифікатор України Класифікатор відходів ДК 005-96 [6].

Таблиця 1 – Аналіз складових елементів поводження з відходами згідно з класифікатором ДК КВ 005-96

Table 1 – Analysis of components of waste management according to the classifier DK KV 005-96

№ п/п	Назва робіт утворення відходів	Відходи згідно з класифікатором ДК КВ 005-96 Клас небезпеки IV	Поводження
1	Залишки асфальту та суміші асфальтобетонної	4510.2.9.04	Передача на переробку з подальшим повторним використанням
2	Відходи змішані будівництва та знесення будівель і споруд	4510.2.9.09	Передача на переробку з подальшим повторним використанням
3	Металобрухт	4510.2.9.08	Передача на переробку
4	Обрізки стовбурів та крони дерев	0201.2.1.01	Транспортування на ліцензоване підприємство на відстань 2 км
5	Розчищення вхідного та вихідного русла труби від замулення та сміття	7720.3.1.01	Навантаження сміття від розчищення екскаватором у автомобілі-самоскиди та транспортування на ліцензоване підприємство

Будівельні відходи можуть бути використані для різних планувальних робіт при освоєнні території, використані повторно або захоронені. Вивіз будівельного сміття для подальшого захоронення повинно здійснюватись на договірних засадах з підприємствами, які мають ліцензію у сфері поводження з відходами.

Під час капітального ремонту можливі наступні впливи на навколишнє середовище:

- тимчасовий вплив – негативний вплив за рахунок відпрацьованих газів, шуму та пилу від працюючих машин та механізмів;
- постійний вплив – зняття родючого шару ґрунту на території об’єкту.

Аналіз впливу автомобільної дороги на навколишнє середовище виходить з порівняння очікуваних результатів змін у природному і соціально-економічному середовищі при існуючих та перспективних умовах експлуатації.

Для оцінки впливу об’єкту, який підлягає реконструкції на атмосферне повітря населеного пункту, визначають рівень забруднення атмосферного повітря на межі прилеглої житлової забудови. Визначення рівня забруднення здійснюється на основі розрахунків розсіювання викидів забруднюючих речовин при існуючих експлуатаційних умовах.

Як вихідні дані, для розрахунку викидів автотранспорту в атмосферу беруться результати існуючої та перспективної розрахункової інтенсивності автотранспортних потоків з поділом за основними категоріями автотранспортних засобів, кліматичні характеристики району тяжіння, фонове забруднення території та поперечний і повздовжній профілі об’єкту.

Аналізу підлягають забруднюючі речовини, що містяться у відпрацьованих газах двигунів транспортних засобів: оксид вуглецю (CO), вуглеводні (CH), діоксид азоту (NO_2), сірчистий ангідрид (SO_2), сажа та бенз(а)пирен.

Перелік забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферне повітря автомобільним транспортом, та значення їх гранично допустимих концентрацій (ГДК) наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Гранично допустимі концентрації які викидаються в атмосферне повітря автомобільним транспортом

Table 2 – Maximum allowable concentrations emitted into the atmosphereby road

№ п/п	Найменування ЗР	Код ЗР	ГДК$_{мр}$, мг/м^3	ГДК$_{сд}$, мг/м^3	Клас небезпеки
1	Азоту двооксид (NO_2)	0301	0,2	0,04	3
2	Ан гідрид сірчистий (SO_2)	0330	0,5	0,05	3
3	Вуглецю оксид (CO)	0337	5,0	3,0	4
4	Вуглеводні насичені (C_nH_m)	2754	1,0	-	4
5	Сажа	0328	0,15	0,05	3

Розрахунок кількості забруднюючих речовин досліджують за наступними речовинами: діоксид азоту, сажа, оксид вуглецю та вуглеводні. Розрахункові точки було прийнято в межах прилеглих до проїзної частини територій, на які поширюється прямий чи опосередкований екологічний впл в проектованого об'єкту (захисна смуга, резервно-технологічна смуга).

В розрахунках враховуються фонові концентрації забруднюючих речовин прийняті згідно «Порядку визначення величин фонових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі» [7] (затверджений Наказом Міністерства екології та природних ресурсів України № 108 від 04.04.2018 р.): NO_2 – 0,008 мг/м^3 (0,04 ГДК); CO – 0,4 мг/м^3 (0,08 ГДК); Сж – 0,06 мг/м^3 (0,4 ГДК); SO_2 – 0,02 мг/м^3(0,04 ГДК); СН – 0,4 мг/м^3(0,4 ГДК).

Джерелом шуму при експлуатації ділянки дороги є рух автотранспорту, а саме звуковий ефект при контакті коліс автомобіля із покриттям проїзної частини та шум його двигуна.

Характерною особливістю шуму, що створюють транспортні потоки, є різкі коливання його рівнів, що обумовлені неоднорідністю потоку, зміною режиму руху транспортних засобів тощо.

Для визначення стану акустичного середовища необхідно здійснити прогнозний розрахунок еквівалентного рівня шуму ($L_{Атер}$) який визначається згідно ДБН Б.1.1-31.2013 та ДСТУ-Н Б В.1.1-33.2013[8].

Також визначені шляхи зниження рівня шуму під час експлуатації об'єкту:

– використання дорожнього покриття, яке при експлуатації транспортними засобами характеризується мінімальним рівнем шуму;

– забезпечення постійної швидкості руху автомобілів (без змін режимів руху).

За рахунок прийнятих проектних рішень передбачаються спеціальні заходи щодо попередження запобігання небезпечним геологічним явищам на всій ділянці автомобільної дороги, а саме:

- вертикальне планування прилеглої до дороги території у межах смуги відведення, яке забезпечує уникнення застою поверхневої води;
- влаштування водопропускних споруд для відведення поверхневого стоку в понижені місця з поперечним похилом території;
- укріплення системи поверхневого водовідведення з метою попередження розмивів та інфільтрації ґрунтових вод;
- дотримання необхідного похилу схилів та укосів з врахуванням їх висоти і складу ґрунту і їх укріплення.

При виконанні робіт з капітального ремонту не прогнозуються прояви зсувів, однак, при неправильному влаштуванню схилів, насиченні атмосферними опадами укріплених ґрунтів, або при підтопленні території, можуть виникнути умови для їх активізації. Щоб запобігти цьому явищу, необхідно дотримуватись будівельних норм та проводити роботи з капітального ремонту у відповідності з проектною документацією та дотримання технології будівництва.

Для запобігання подальшої втрати якісних характеристик ґрунту та забруднення придорожньої смуги повинно виконуватись регулярне механізоване прибирання проїзної частини об'єкту спеціалізованими бригадами служби експлуатації дороги та періодично відновлювати посадки газонних трав вздовж об'єкту службою експлуатації доріг.

Затрати на природоохоронні заходи входять в комплекс будівельних робіт і враховані в кошторисних розрахунках які повинні бути приведені в спеціальних томах проекту.

Проектом на капітальне будівництво передбачається комплекс заходів щодо попередження небезпечних явищ:

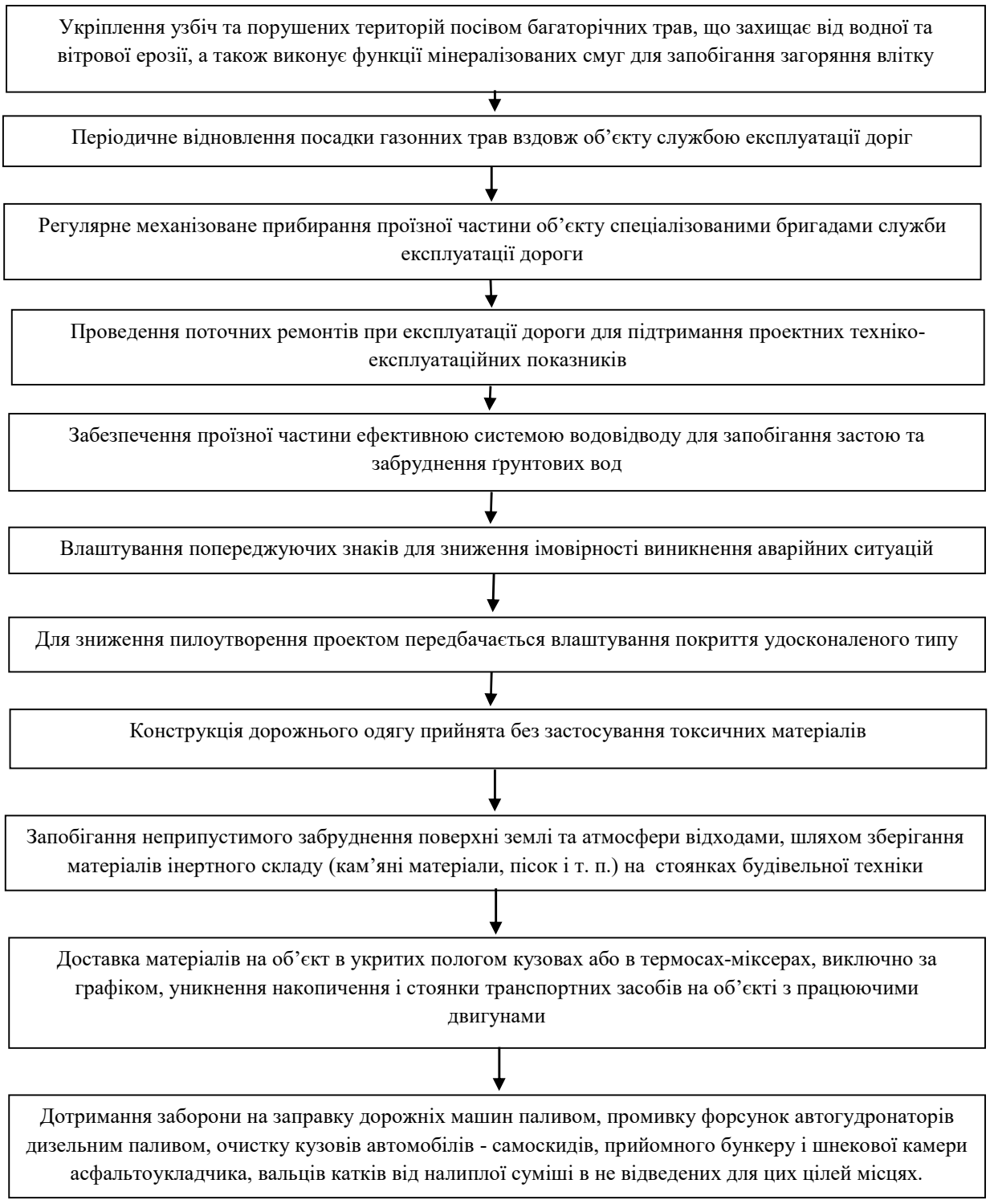


Рисунок 1 – Комплекс заходів щодо попередження небезпечних явищ
Figure 1 – A set of measures to prevent dangerous phenomena

В процесі експлуатації ділянки дороги повинно передбачатися проведення моніторингових спостережень за підтриманням нормативного стану довкілля (дотримання гранично допустимих рівнів екологічного навантаження на природне та техногенне середовище) на території зони впливу об'єкту.

Моніторинг стану навколишнього середовища в районі впливу об'єкта є важливим інструментом, що підтримує управління екологічною безпекою, і може розглядатися як одна із інформаційних складових, які забезпечують загальне управління дорогою. Забезпечення моніторингу повинно бути передбачено за рахунок коштів на утримання автомобільної дороги. Організація моніторингу, обсяг затрат, що необхідні на його реалізацію, безпосередньо залежать від цілей його задач.

Питанням після будівельного моніторингу буде займатися організація, що експлуатує дорогу.

Програма екологічного моніторингу передбачає нагляд за якістю повітря, води, ґрунтів, за шумом, за ефективністю роботи водовідвідної мережі, як при капітальному ремонті, так і при експлуатації.

Підрядник, що здійснює будівельні роботи має свою виробничу базу, на якій проводиться ремонт та технічне обслуговування автотранспорту та будівельної техніки. Збір, зберігання і утилізація цих відходів здійснюється в установленому порядку відповідно до існуючого Проекту нормативів утворення відходів на їх розміщення, який є на кожному підприємстві.

Для зменшення негативного впливу відходів на оточуюче середовище в період ремонтних робіт необхідно передбачити наступне:

– роздільне зберігання відходів в залежності від класу небезпеки та агрегатного стану;

– обов'язковий вивіз з подальшою утилізацією або видаленням відході, укладання договору між виконавцем будівельних робіт та підприємствами, ліцензованими у сфері поводження з відходами.

Зважаючи на відносну екологічну безпечність об'єкту та специфіку планованої діяльності, що не вносить кардинальних змін в функціональні властивості об'єкту, які б могли підвищити вірогідність виникнення додаткових несприятливих процесів, рівень ризику можна вважати прийнятним.

Висновки та рекомендації

В результаті капітального ремонту ділянки дороги буде упорядкований рух автотранспорту, внаслідок чого швидкість автотранспорту значно зросте, таким чином забруднення прилеглих до об'єкту ґрунтів від вихлопних газів зменшиться. В цілому інженерно-транспортне облаштування ділянки позитивно вплине на техногенне середовище.

Найбільший вплив здійснюють дорожньо – будівельні та транспортні машини, що проявляється в забрудненні атмосфери, ґрунту, поверхневих вод, підвищенню шуму та вібрації, що може викликати негативні зміни у всіх компонентах навколишнього середовища на період проведення робіт з капітального ремонту.

При виконанні технологічних процесів з розробки і, переміщення, вкладання та ущільнення ґрунту, а також при укладці або монтажу матеріалів та конструкцій відбувається забруднення атмосферного повітря в основному за рахунок відпрацьованих газів дорожньо – будівельних та транспортних машин, а також пилом тонко дисперсних ґрунтів, кам'яних матеріалів тощо.

Об'єм відпрацьованих газів та вміст в них шкідливих речовин в основному залежать від кількості палива, що споживається та технічного стану двигуна, головним чином системи подачі палива.

Що стосується джерел шуму та вібрації, то вони негативно впливають на здоров'я робітників, що приймають участь в технологічних процесах, а також населення, що безпосередньо проживає в районі проведення робіт з капітального ремонту.

Слід враховувати, що технологічні процеси капітального ремонту дороги короткотривалі та здійснюють тимчасовий вплив на навколишнє середовище в порівнянні з періодом експлуатації.

Інтенсивність зовнішнього шуму дорожніх машин залежить від типу робочого органу, виду приводу, режиму роботи та відстані від місця роботи.

Зниження рівня шуму від будівельної техніки можливо досягти шляхом застосування раціональної технології ведення робіт, яка складається в скороченні тривалості робіт дорожньо – будівельних машин, призупинення робіт у вечірні години та вночі, виборі раціонального режиму дорожньо – будівельних машин.

Вимоги до підйомно – транспортних механізмів, будівельного обладнання, електроприладів та іншої техніки, а також до виконання будівельних робіт викладені в нормативно-правових актах з охорони праці. На генпідрядну будівельну організацію покладається вимога виконувати роботи

відповідно до чинних на момент виконання робі документів. Реєстр діючих нормативно-правових актів з охорони праці щорічно переглядається та затверджуються.

Відповідальність за впровадження при капітальному ремонті природоохоронних заходів, заходів із забезпечення санітарно-гігієнічних вимог та дотримання вимог з охорони праці працюючих на будівництві лежить на генпідрядній будівельній організації.

Перелік посилань

1. Рамкова конвенція про охорону та сталий розвиток Карпат [Ел. ресурс]. –Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998_164

2. 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

3. Закон України Про оцінку впливу на довкілля [Ел. ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19

4. Закон України Про автомобільні дороги [Ел. ресурс]. – Режим доступу : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2862-15

5. СОУ 42.1-37641918-105:2013 Класифікація робіт з експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування.

6. Державний класифікатор України. Класифікатор відходів ДК 005-96 [Ел. ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va018609-08#Text

7. Порядку визначення величин фонових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі [Ел. ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/z0480-18#Text

8. ДБН В.1.1-31:2013 Захист територій, будинків і споруд від шуму, затверджені наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 27.12.2013 № 630.

RESEARCH OF APPROACHES TO ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT DURING THE IMPLEMENTATION OF THE ROAD CAPITAL REPAIR PROJECT

Bubela Andriy V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, National Transport University, Professor of the Department of Transport Construction and Property Management, *e-mail:* bubelaandrey@ukr.net, *+380505535594, https://orcid.org/0000-0002-5619-003X*

Zagornyak Oleg V., Associate Professor of the Department of Transport construction and property management of the National Transport University, Kyiv, Ukraine. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3830-4520

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. It is known that all production resources are limited and rare. This economic problem is especially acute for such major components of natural resources as land, forest resources, mineral deposits, water resources, wildlife, which people use in the production of various goods and without which economic activity is impossible. The planning, construction and operation of roads should be carried out in accordance with environmental standards, and the standards themselves should minimize the impact of road networks on the environment. The high level of concentration of heavy industry, unreasonable scale of land reclamation, environmental voluntarism in the development and location of productive forces and the financing of environmental measures on a residual basis lead to an ecological crisis. The effects of economic activity have led to the pollution of vital resources and the degradation of the environment.

This article identifies the nature and extent of the main types of environmental impacts during the overhaul of the facility and its subsequent operation. Measures to prevent negative impact on the environment, such as: rational use of land and natural resources, protection of atmospheric air. Ways and means of normalization of the state of the environment, the main source of which on the highway are directly vehicles and road vehicles are considered. The amount of harmful emissions and the distance of their spread varies depending on the intensity and composition of traffic, road, natural and climatic conditions.

In the process of existing potential types of environmental impacts is the impact on ambient air. On the geological environment, microclimate, aquatic environment, soil, flora and fauna. The impact on the environment of the road section after major repairs is permanent and is not harmful provided they are harmoniously combined with nature.

References

1. Ramkova konventsiia pro okhoronu ta stalyi rozvytok Karpat [El. resurs]. –Rezhym dostupu: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998_164. [in Ukrainian]

2. Protokol pro stalyi transport do Ramkovoi konventsii pro okhoronu tastalyi rozvytok Karpat [El. resurs]. – Rezhym dostupu: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/998_576. [in Ukrainian]

3. Zakon Ukrainy Pro otsinku vplyvu na dovkillia [El. resurs]. – Rezhym dostupu: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19. [in Ukrainian]

4. Zakon Ukrainy Pro avtomobil'ni dorohy [El. resurs]. – Rezhym dostupu : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2862-15. [in Ukrainian]

5. SOU 42.1-37641918-105:2013 Klasyfikatsiia robit z ekspluatatsiinoho utrymannia avtomobil'nykh dorih zahal'noho korystuvannia. [in Ukrainian]

6. Derzhavnyi klasyfikator Ukrainy. Klasyfikator vidkhodiv DK 005-96 [El. resurs]. – Rezhym dostupu: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va018609-08#Text. [in Ukrainian]

7. Poriadku vyznachennia velychyn fonovykh kontsentratsii zabrudniuval'nykh rechovyn v atmosfernomu povitri [El. resurs]. – Rezhym dostupu: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/z0480-18#Text. [in Ukrainian]

8. DBN V.1.1-31:2013 Zakhyst terytorii, budynkiv i sporud vid shumu, zatverdzheni nakazom Ministerstva rehional'noho rozvytku, budivnytstva ta zhytlovo-komunal'noho hospodarstva Ukrainy vid 27.12.2013 № 630. [in Ukrainian]

УДК 624.21
UDC 624.21
DOI: 0.33744/0365-8171-2022-111-022-030

ВИЗНАЧЕННЯ НАТЯГІВ ПІДВІСНИХ КАНАТІВ МОСТУ ЗА ЧАСТОТОЮ ВЛАСНИХ КОЛИВАНЬ

DETERMINATION OF TENSIONS OF SUSPENDED ROPES OF THE BRIDGE BY FREQUENCY OF NATURAL OSCILLATIONS



***Гамеляк Ігор Павлович**, Національний транспортний університет, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри аеропортів, Київ, Україна, e-mail: gip65n@gmail.com, тел.: +380503524124*

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



***Крючатов Сергій Дмитрович**, ТОВ «ПРОКСИС», директор, Київ, Україна, e-mail: hook@proxis.ua, тел.: +380674028273,*

https://orcid.org/0000-0001-9250-692X



***Оксень Євген Іванович**, Державне підприємство «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», доктор технічних наук, професор, Київ, Україна, e-mail: eioksen@gmail.com, тел.: +380506744778,*

https://orcid.org/0000-0003-1075-6840

Анотація. У статті розглянуті питання розробки і використання обладнання для цифрових вимірювань натягів канатів за частотою вільних поперечних коливань. точне вимірювання сили натягу канатів має практичне значення. Актуальність цієї задачі для народного господарства України полягає в потребах розробки простого і надійного методу та обладнання для швидкого і зручного вимірювання інженерами-будівельникам і інженерами-експлуатантам натягів канатів в будівельній галузі. Практичне значення роботи полягає в потребах своєчасного приведення прогонової будови Аркового мосту Подільського мостового переходу через р. Дніпро в м. Києві в проектне положення після виконання монтажу металоконструкцій з передачею ваги ферми мосту на чотири капітальні опори та 64 підвісні канати з повним розвантаженням чотирьох монтажних опор для подальшого улаштування мостового полотна і завершення будівельних робіт.

Об'єкт дослідження – процес вимірювання натягів підвісних канатів від власної ваги металевої частини мосту під час приведення ферми Аркового мосту в проектне положення металевих конструктивних елементів мосту.

Предмет дослідження – фіксація впливу сукупного переміщення верхніх точок кріплення (різьбових циліндричних муфт) 64 підвісних канатів на перерозподіл частот власних коливань і натягів в їх контурах.

Проведені дослідження дозволили розробити спеціалізоване обладнання вимірювання та фіксації сигналів коливань підвісних канатів. Конструктивно обладнання вимірювання та фіксації сигналів коливань підвісних канатів складається з восьми канального блока реєстрації, в який надаються попередньо нормалізовані високоточним зовнішнім перетворювачем сигналу IEPE виробництва Advantech ADAM-3017 з зовнішнім живленням з частотою пропускання сигналів до 50 кГц, блок живлення MeanWell MDR-20-24, зовнішнього 16 розрядного 8 канального модулю АЦП

виробництва Advantech USB-5817 з частотою опитування до 200 кГц на всі канали, вимірювального та фіксуючого ноутбука. Для вимірювання коливань канатів застосовано низькочастотний п'єзоелектричний перетворювач прискорення IEPE виробництва Sensing Tech CT11000L з діапазоном вимірювання 0,2–500 Гц. Розроблене обладнання забезпечило реалізувати технологію покрокового встановлення ферми Аркового мосту в проектне положення.

Ключові слова: висячий міст, підвісний канат, коливання, власна частота, натяг, вимірювання, обладнання, промислове застосування.

Постановка проблеми

Робота конструктивних елементів висячий мостів потребує контролю і регулювання натягів канатів як при будівництві, так і в процесі експлуатації. Оптимізація геометрії моста і перерозподілу зусиль в підвісних канатах безпосередньо пов'язана з приведенням прогонових будов в проектне положення під час послідовного виконання етапів будівельних робіт з нарощуванням маси мосту: встановлення металевих частин, вкладання покриття мостового полотна, прокладання комунікацій, улаштування рейкового транспорту та інше. Зміна температури навколишнього середовища, нагрів та охолодження, що змінюють лінійні розміри конструктивних елементів мосту, також призводять до перерозподілу навантажень на канати висячих мостів. Тому точне вимірювання сили натягу канатів має практичне значення, а розробка простого і надійного методу та обладнання для швидкого і зручного вимірювання інженерами-будівельникам і інженерами-експлуатантам є актуальною задачею для народного господарства України. Практичне значення роботи полягає в потребах своєчасного приведення прогонової будови Аркового мосту Подільського мостового переходу через р. Дніпро в м. Києві в проектне положення після виконання монтажу металоконструкцій з передачею ваги ферми мосту на чотири капітальні опори та 64 підвісні канати з повним розвантаженням чотирьох монтажних опор для подальшого улаштування мостового полотна і завершення будівельних робіт.

Як відомо, для вимірювання сили натягу канатів застосовуються наступні методи контролю [1]:

– вимірювання кінцевого зусилля;

– вимірювання подовження;

– поперечна відтяжка;

– за частотою вільних поперечних коливань.

Вимірювання натягів першими двома методами пов'язано з необхідністю встановлення в ланцюгах навантаження кожного з канатів стаціонарних датчиків сили або датчиків переміщення, що значно підвищує витрати і потребує періодичного розвантаження з демонтажу датчиків для їх калібрування. Метод поперечною відтяжки головним чином [2] застосовується для канатів з діаметром до 50 мм, оскільки при подальшому збільшенню діаметру габарити та вага вимірювального обладнання в подальшому непропорційно зростає, що ускладнює його встановлення на канаті і унеможливлює ефективне використання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Метод контролю натягу канатів за частотою вільних поперечних коливань отримав достатньо широке розповсюдження в практиці будівництва і експлуатації висячих мостів завдяки простоті використання. Метод має достатньо високу точності при використанні для відносно тонких розтягнутих канатів – у яких співвідношення діаметру до довжини менше ніж 0,008, а натяг перевищує 15 % від межі міцності. При цьому за результатами зіставлення розрахунків з експериментальними даними похибка не перевищує 4 %.

Оскільки метод вимірювання натягу канатів за частотою вільних поперечних коливань за принципом вимірювання є непрямим значення натягів встановлюють розрахунково відповідно до прийнятої моделі коливання канатів (рис. 1).

Для розрахунків натягів канатів в мостовій практиці [3–9] рекомендуються аналітичні залежності, які пройшли апробацію для класичних висячих, вантових мостів і мостів Нільсена:

– згідно з теорією плоскої деформації натягнутої струни, для якої нехтується розтягом при провисанні, жорсткістю на згин і кутом нахилу [3, 4], кН:

$$T = \frac{4qL^2 f^2}{1000n^2}, \qquad (1)$$

де, q – погонна маса каната, кг/м;

L – довжина каната, м;

n – мода коливань каната;

– з урахуванням жорсткості канату на згин [5], кН:

$$T = \frac{4qL^4 f^2 - \pi^2 EIn^4}{1000L^2 n^2}, \qquad (2)$$

де, E – модуль деформації матеріалу каната, Па;

I – момент інерції перетину каната, м^4;

– з урахуванням жорсткості канату на згин і кута нахилу відносно горизонту [8], кН:

$$T = g\frac{8mL^4 f^2 + gmL^3 n^2 \sin\alpha - 2\pi^2 EIn^4}{2L^2 n^2}, \qquad (3)$$

де, m – погонна маса каната, т/м;

α – кут нахилу каната відносно горизонту.

Доцільність застосування аналітичних формул (1), (2) та (3) обумовлено тим, що значення співвідношення стріли провисання до довжини прольоту часто невідоме, оскільки вимірювання статичної форми кабелю потребує великих витрат. Крім того, у деяких практичних випадках значення жорсткості на вигин і осьова жорсткість канату часто недоступні або не відповідають умовам експлуатації [6].

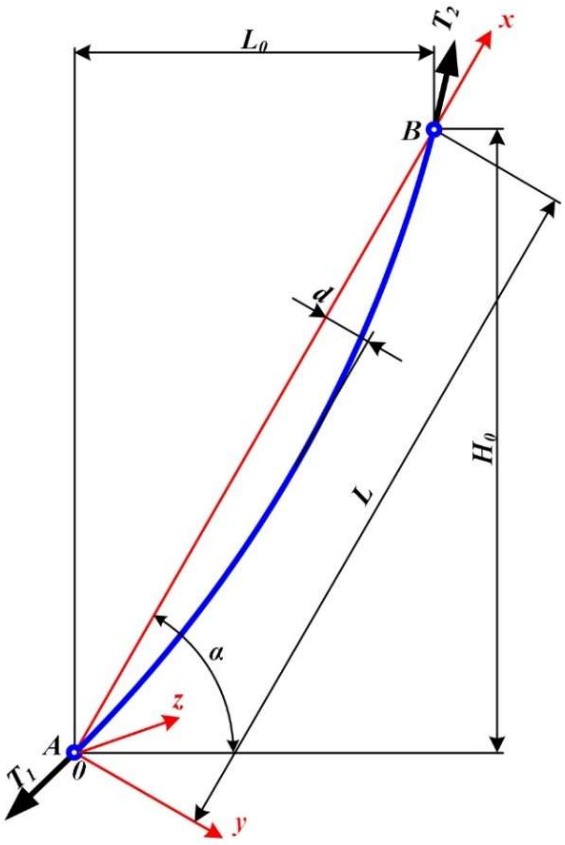


Рисунок 1 – Розрахункова схема поперечного коливання канату

Figure 1 – Calculation diagram of the transverse oscillation of the rope

В разі потреб визначення натягів з більшою точністю в роботі [7] пропонується застосовувати метод ідентифікації системи на основі кінцево-елементної моделі, режими якої відповідають виміряним частотам, використовуючи алгоритм оновлення чутливості та ітераційний алгоритм рішення. Застосування таких ускладнених методів на основі чисельного моделювання обумовлено тім, що точні аналітичні рішення рівнянь коливання закріпленого по краям канату з урахуванням прогинів і розтяжності невідомі.

Генерування власних коливань в контурі канату під час вимірювання за частотою вільних поперечних коливань здійснюється шляхом штучного навантаження:

– ударом;

– розгойдуванням;

– переміщенням транспортних засобів по мостовому полотну.

Постановка завдання

Значення частот власних коливань встановлюють амплітудно-частотним аналізом фрагментів сигналів поперечних коливань канату на ділянках їх затухання, які сформовані у вигляді вікна спостереження в режимі реального часу або з записом в файли. Потреби запису сигналів коливань канатів під час вимірювань для подальшої обробки обумовлені:

– самим принципом виконання амплітудно-частотного аналізу, для якого потрібен сигнал коливань у вигляді часового ряду;

– необхідністю аналізу двовимірного коливального процесу в канаті на протязі достатньо тривалого інтервалу часу для визначення характеру зміни частоти коливань в площині розташування одновимірного датчика;

– багато модальним коливальним процесом в канаті і необхідністю виділення мод з найбільшою енергією.

Мета роботи – підвищення надійності, оперативності і якості управлінських рішень, які приймаються співробітниками будівельної і проектної організацій в процесі встановлення в проектне положення металевих конструктивних елементів висячого мосту, а саме арки, підвісних канатів,

ферми, капітальних опор, деформаційних швів з об'єднанням прогонової будови мосту з естакадами під дією навантажень від власної ваги металевої частини мосту з повним розвантаженням чотирьох монтажних опор, шляхом визначення фактичних натягів за частотою їх власних коливань для приведення до проектних значень.

Виклад основного матеріалу

Арковий міст через р. Дніпро є частиною Подільського мостового переходу у м. Києві. Конструктивно ферма мосту шириною 35,8 м та довжиною 472 м встановлена на чотирьох капітальних опорах, але її центральна частина довжиною 344 м підвішена відносно металевої арки на 68 сталевих канатах (рис. 2).



Рисунок 2 – Арковий міст через р. Дніпро є частиною Подільського мостового переходу у м. Києві

Figure 2 – The arched bridge over the Dnipro River is part of the Podilsk bridge crossing in the city of Kyiv

Для вимірювання натягу канатів за частотою вільних поперечних коливань розроблено спеціалізоване обладнання вимірювання та фіксації сигналів коливань підвісних канатів. Конструктивно обладнання вимірювання та фіксації сигналів коливань підвісних канатів (рис. 3) складається з:

– восьми канального блока реєстрації, в який надаються попередньо нормалізовані високоточним зовнішнім перетворювачем сигналу IEPE виробництва Advantech ADAM-3017 з зовнішнім живленням з частотою пропускання сигналів до 50 кГц при коефіцієнті підсилення 100 та з частотою пропускання сигналів до 50 кГц при коефіцієнті підсилення 1 та 10;

– блок живлення MeanWell MDR-20-24 для монтажу на DIN рейку;

– зовнішнього 16 розрядного 8 канального модулю аналогово-цифрового перетворення (АЦП) виробництва Advantech USB-5817 з частотою опитування до 200 кГц на всі канали, що надає можливість розкриття проявів сигналів з частотою до 12,5 кГц при одночасному включенні всіх каналів для вимірювань;

– вимірювального та фіксуючого ноутбука, який пов'язуються з АЦП через USB-кабель.



Рисунок 3 – Загальний вигляд обладнання вимірювання та фіксації коливань підвісних канатів

Figure 3 – General view of the equipment for measuring and fixing the vibrations of suspended ropes

Для вимірювання коливань канатів застосовано низькочастотний п'єзоелектричний перетворювач прискорення IEPE виробництва Sensing Tech CT11000L з діапазоном вимірювання 0,2–500 Гц. Кріплення перетворювача CT11000L на канаті за допомогою клемового затискача наведено на рис. 4.



Рисунок 4 – Кріплення п’єзоелектричного перетворювача прискорення Sensing Tech CT11000L на канаті за допомогою клемового затискача

Figure 4 – Mounting the Sensing Tech CT11000L Piezoelectric Accelerometer to a Rope Using a Terminal Clamp

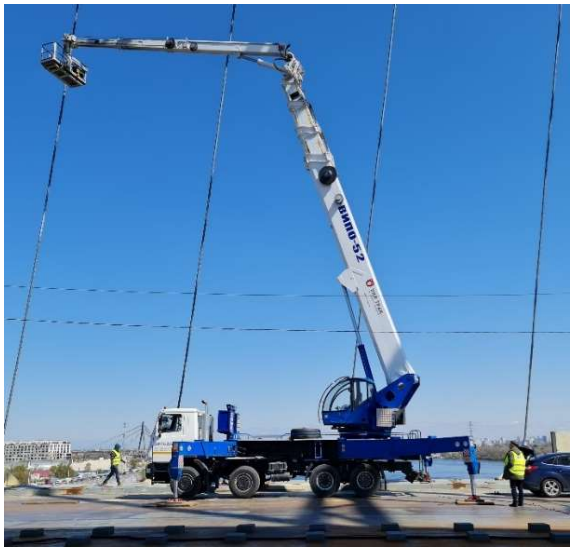


Рисунок 5 – Застосування автогідропідйомника ВІПО-52-01 МАЗ-6516 для генерації імпульсу коливань підвісних канатів

Figure 5 – Application of the VIPO-52-01 MAZ-6516 auto-hydraulic lift for the generation of the vibration pulse of suspended ropes

Для підвищення надійності збереження інформації запис результатів вимірювання здійснюється в послідовність коротких файли в бінарному форматі. Розмір файлу с записом встановлюється відповідно до потреб. Так, про кількості вимірювань в одному каналі 32768 каналі з частотою записів 10 кГц в файлі фіксується приблизно 3,25 с коливального процесу, а його довжина при цьому складає 262 кбайт. Пакети файлів з результатами вимірювань для кожного з випробувань надалі заносяться в базу даних і зберігаються на окремих архівних накопичувачах.

Вимірювання натягів підвісних канатів за частотою їх власних коливань здійснювалось для кожного з підвісних канатів окремо в наступному порядку:

– на підвісному канаті закріплюється перетворювач поперечних коливань;

– під’єднуються вимірювальні кабелів між перетворювачами та нормалізаторами сигналів;

– під’єднуються кабелі живлення до вимірювального комп’ютеру та нормалізаторів сигналів;

– вмикається обладнання та запускаються програми контролю та фіксації сигналів;

– вимірюється температура металу ферми, канату та арки за допомогою безконтактного пірометру. Значення температури металу ферми, канату та арки заносяться в програму запису сигналів коливань канату і зберігаються в бінарному форматі як масив разом з іншими даними

– за допомогою програми контролю виконується тестування коректності роботи обладнання вимірювання та фіксації сигналів коливань підвісних канатів;

– вмикається програма фіксації сигналів коливань;

– динамічним навантаженням генеруються коливання в підвісному канаті. Для генерації імпульсу коливань підвісних канатів застосовується автогідропідйомник ВІПО-52-01 МАЗ-6516 з висотою підйому 52 м (рис. 5);

– виконується фіксація сигналів коливань підвісного канату на протязі 10–60 с.

Оскільки ділянки сигналів, що містять самі імпульси згенерованих вібраційних коливань, займають в загальному об’ємі записів лише деяку частину, пошук, виділення та аналіз безпосередньо таких фрагментів сигналів виконуються в спеціалізованій програмі обробки результатів вимірювань.

Розрахунки частот власних коливань і натягів здійснюється окремо для кожного з підвісних канатів з експертним визначенням ділянок сигналів коливань в сукупності файлів. Вихідними даними для програми обробки результатів вимірювання є:

– файл з даними підвісних канатів, фрагмент якого наведено в табл. 1;

– сукупність послідовних файлів з записами результатів вимірювання з наступними даними: номер канату, температури арки, канату і ферми мосту, пароль доступу, частота опитування каналу SR, вектор прискорення канату.

Таблиця 1 – Дані підвісних канатів
Table 1 – Data of hanging ropes

Номер канату	Довжина L, м	Погона маса q, кг/м	Жорсткість на згин EI, Па/м^4	Кут нахилу α, радіан
1	3.11	55.5	115900	1.14447
2	7.237	55.5	115900	1.17743
3	11.225	55.5	115900	1.20062
4	15.104	42.6	30550	1.22686
5	18.6	42.6	30550	1.25088

Відповідно до логіки програми оператор призначає кількість файлів з записами результатів вимірювання після зчитування яких формується вектор прискорення канату (рис. 6) та встановлює часові координати початку і кінця вікна аналізу фрагменту S вектору коливань підвісного канату (рис. 7). За цими даними програма виконує швидке перетворення $C = fft(S)$, визначає частоти перших трьох максимумів амплітуд енергій коливань і будує амплітудно-частотну характеристику віконного фрагменту вектору коливань підвісного канату $E(\nu_i)$ (рис. 8), де:

$E(\nu_i) = |C_i|$ – поточні значення вектору енергій коливань;

SR – кількість опитувань каналу в секунду, Гц;

$\nu_i = i\dfrac{SR}{N}$ – поточні значення вектору частот коливань, Гц;

N – довжина вектору енергій коливань.

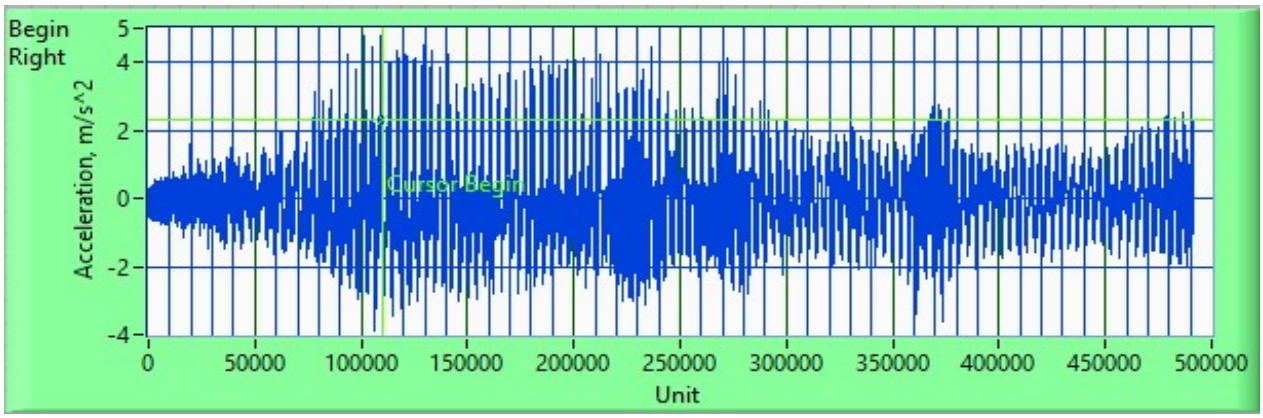


Рисунок 6 – Діаграма коливань підвісного канату
Figure 6 – Diagram of oscillations of a hanging rope

Для значень перших трьох максимумів амплітуд енергій коливань відповідно до залежностей (1), (2) та (3) розраховуються натяги канатів. За основу беруться натяги канатів, які визначені за частотами першої моди коливань. Значення натягів за частотами інших мод коливань використовуються для зіставлення і контролю.

Розроблене обладнання вимірювання натягів канатів за частотами власних коливань застосовано для приведення Аркового мосту в проектне положення шляхом покрокового натягування. За час приведення здійснено для 64 канатів мосту (чотири кутових канати з номерами 1 та 34 з обох сторін мосту за проектом на етапі монтажу металевої частини в роботу не включалися) три операції вимірювання при основному натягуванні, три операції вимірювання при регулюванні кутових канатів і три операції вимірювання при контролі загального стану мосту.

Після завершення операцій приведення прогонової будови Аркового мосту Подільського мостового переходу в проектне положення було виконано підсумкове вимірювання частот власних коливань підвісних канатів та проведені заключні розрахунки натягів підвісних канатів. Результати обробки вимірювання частот власних коливань та визначення відповідних натягів підвісних канатів для покращення сприйняття наведені у вигляді діаграми (рис. 9).

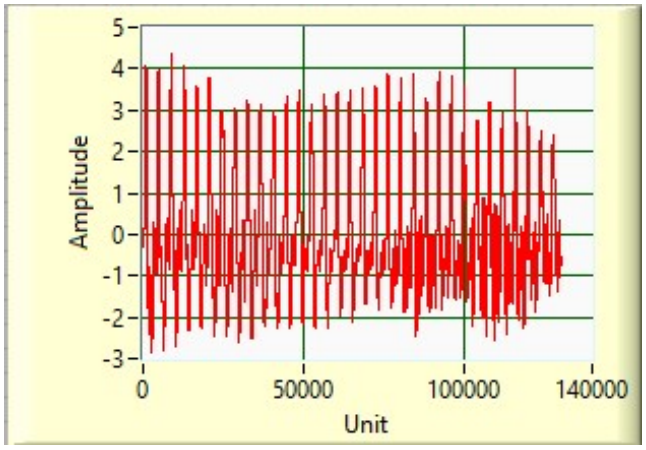


Рисунок 7 – Вікно фрагменту вектору коливань підвісного канату
Figure 7 – Window of a fragment of the suspension rope oscillation vector

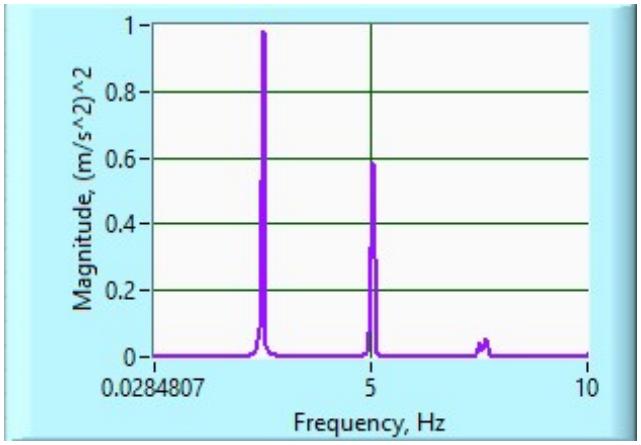


Рисунок 8 – Амплітудно-частотна характеристика віконного фрагменту вектору коливань підвісного канату
Figure 8 – Amplitude-frequency characteristic of the window fragment of the vector of vibrations of the hanging rope

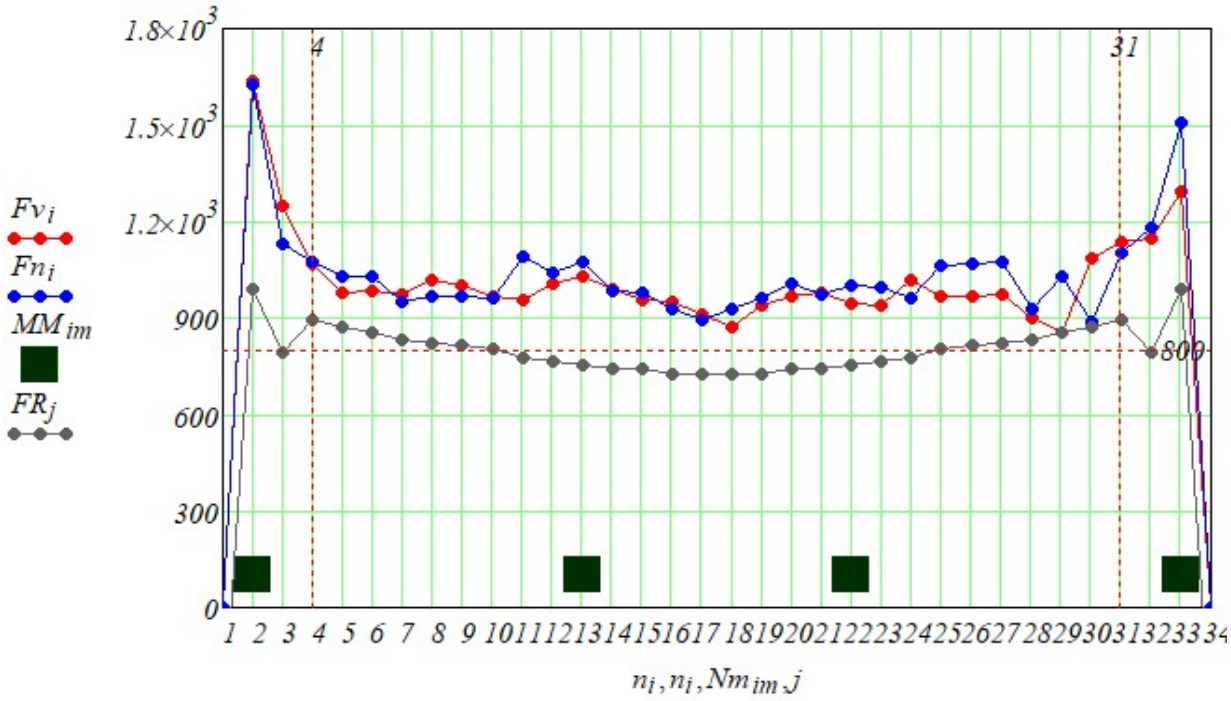


Рисунок 9 – Результати вимірювання натягів підвісних канатів
Figure 9 – The results of measuring the tension of hanging ropes

На діаграмі розташовано:

FR_j – нормативні значення зусилля в підвісних канатах при навантаженні вагою сталевих елементів конструкцій;

Fv_j – визначені натяги в підвісних канатах верхової сторони мосту;

Fn_j – визначені натяги в підвісних канатах верхової сторони мосту;

MM_{im} – місця розташування монтажних опор мосту;

j – номер канату починаючи від Труханова острова.

За результатами вимірювань визначено, що встановлені натяги підвісних канатів відповідають проектним вимогам ПМП АМ 37/24 КШ.О ЗМ1 «Подільський мостовий перехід через р. Дніпро в м. Києві. Міст через р. Дніпро. Робоча документація. Несучі конструкції арки канати підвіси» при навантаженні вагою сталевих елементів, а конструкція Аркового мосту рекомендується для подальших будівельних робіт.

Під час виконання циклу корегування натягів кутових підвісних канатів встановлені наступні конструктивні недоліки конструкції Аркового мосту Подільського мостового переходу:

– значна жорсткість кутових канатів за номерами 2 та 3 при їх незначній довжині призводить до суттєвої зміни натягів навіть при незначних переміщеннях (поворотах) регулюючих гайок;

– нахил кутових канатів (а також і всіх канатів, які розташовані з суттєвим нахилом відносно вертикального положення) призводить до значної зміни натягів при температурній деформації ферми (подовження та скорочення ферми при зміні температури навколишнього середовища).

Вказані недоліки суттєво ускладнюють регулювання натягів кутових підвісних канатів і призводять до уразливості всієї конструкції мосту при сезонній зміні температур.

Висновки

1. Розроблене обладнання та програмне забезпечення дозволили реалізувати технологію покрокового встановлення ферми Аркового мосту в проектне положення і забезпечили на третьому кроці формування натягів в підвісних канатах на рівні 100 тс. Як свідчать результати вимірювання натягів підвісних канатів Аркового мосту:

– встановлено факт відриву опорних поверхонь ферми від опорних частин монтажних опор. Натяги підвісних канатів в цілому відповідають проектним значенням, але кутові канати обох сторін мосту за номерами 2, 3, 4 та 33 мають перевищення проти проектних значень;

– мінімальне значення натягів складає 895 кН для канату номер 17 низової сторони. Максимальні значення натягів притаманні кутовим канатам обох сторін мосту з номерами 2 та 33 які сягають 1636 і 1626 та 1296 і 1509 кН.

2. Враховуючи достатньо високу точність таймера АЦП Advantech USB-5817 (роздільна здатність за частотою 12 розрядів/с, роздільна здатність за часом 50 пс) похибка визначення частоти коливань при вимірюванні частот до 100 Гц розробленого обладнання не перевищує 0,001 %. При використанні розробленого обладнання та програмного забезпечення для вимірювання натягів висячих мостів точність результатів обумовлюється непрямим методом таких вимірювань і зосереджується в призначенні залежностей для підсумкових розрахунків.

Перелік посилань

1. ДСТУ Б В.2.6-124:2010 (ГОСТ 22362-77, MOD) Конструкції залізобетонні. Методи вимірювання сили натягу арматури.

2. Инструкция по эксплуатации стальных канатов в угольной и сланцевой промышленности – М.: Недра, 1968. — 66 с.

3. Irvine H. M., Caughey T. K. The linear theory of free vibration of a suspended cable. // Proc., Royal Soc., London, England, Series A, Vol. 34I, 1974, p. 299–315.

4. Shinke T., Hironaka K., Zui H., Nishimura H. Practical formulas for estimation of cable tension by vibration method. // Proc. JSCE, 294, 1980, p. 25–34.

5. Shimada, T., Kimoto, K. and Narui, S. Study on estimating tension of tied hanger rope of suspension bridge by vibration method // Proc. JSCE, 404(I-11), 1989, p. 455–458.

6. Zui, H., Shinke T. and Namita Y.H. Practical formulas for estimation of cable tension by vibration method // Journal of Structural Engineering, ASCE, 122(6), 1996, pp. 651–656.

7. Byeong Hwa Kim, Taehyo Park, Hyunyang Shin, Tae-Yang Yoon A Comparative Study of the Tension Estimation Methods for Cable Supported Bridges // Steel Structures 7, 2007, p. 77–84.

8. Корнієв М. М. Сталеві мости: Теоретичний і практичний посібник з проектування. – У двох томах. – К.: Вид-во «Академпрес», 2010. – Т.1. – 532 с.

9. Корнієв М. М. Сталеві мости: Теоретичний і практичний посібник з проектування. – У двох томах. – К.: Вид-во «Академпрес», 2010. – Т.2. – 490 с.

DETERMINATION OF TENSIONS OF SUSPENDED ROPES OF THE BRIDGE BY FREQUENCY OF NATURAL OSCILLATIONS

Gameliak Igor P.,Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of the Airports Department, e-mail: gip65n@gmail.com tel. +380442807073, +380503524124, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovicha-Pavlenko str. 1, k. 344. https://orcid.org/0000-0001-9246-7561
Kriuchatov Sergii D., Technical Chief "PROXIS", director, Kyiv, Ukraine, e-mail: hook@proxis.ua, tel. +380674028273, https://orcid.org/0000-0001-9250-692X
Oksen Yevhen I., Doctor of Technical Sciences., Professor, State Enterprise «Research Institute of Building Structures» of Kyiv, Department of Research of the Technical Condition of Buildings and Structures in Hazardous Geological Processes, Leading Researcher, e-mail: eioksen@gmail.com, tel. +380506744778, Ukraine, 03162, Kyiv, Lesya Kurbasa Ave., bldg. 16, apt. 24. https://orcid.org/0000-0003-1075-6840

Abstract. The article deals with the issues of development and use of equipment for digital measurements of rope tension based on the frequency of free transverse oscillations. accurate measurement of rope tension is of practical importance. The relevance of this task for the national economy of Ukraine lies in the need to develop a simple and reliable method and equipment for quick and convenient measurement by construction engineers and operating engineers of rope tension in the construction industry. The practical significance of the work lies in the need to timely bring the span structure of the Arch Bridge of the Podilsky bridge crossing over the Dnipro River in Kyiv to the design position after the installation of metal structures with the transfer of the weight of the bridge truss to four main supports and 64 suspension cables with full unloading of four mounting supports for further arrangement of the bridge deck and completion of construction works.
The object of the research is the process of measuring the tension of suspension ropes from the own weight of the metal part of the bridge during bringing the truss of the Arch Bridge to the design position of the metal structural elements of the bridge.
The subject of the study is the determination of the impact of the combined movement of the upper attachment points (threaded cylindrical couplings) of 64 suspended ropes on the redistribution of the frequencies of natural oscillations and tensions in their contours.
The conducted research made it possible to develop specialized equipment for measuring and recording vibration signals of hanging ropes.

References

1. DSTU B V.2.6-124:2010 (HOST 22362-77, MOD) Konstruktsii zalizobetonni. Metody vymiriuvannia syly natiahu armatury. [in Ukrainian].
2. Ynstruktsyia po эkspluatatsyy stalnыkh kanatov v uholnoi y slantsevoi promыshlennosty – M.: Nedra, 1968. – 66 s. [in Russian].
3. Irvine H. M., Caughey T. K. The linear theory of free vibration of a suspended cable. // Proc., Royal Soc., London, England, Series A, Vol. 34I, 1974, p. 299–315. [in English].
4. Shinke T., Hironaka K., Zui H., Nishimura H. Practical formulas for estimation of cable tension by vibration method. // Proc. JSCE, 294, 1980, p. 25–34. [in English].
5. Shimada, T., Kimoto, K. and Narui, S. Study on estimating tension of tied hanger rope of suspension bridge by vibration method // Proc. JSCE, 404(I-11), 1989, p. 455–458. [in English].
6. Zui, H., Shinke T. and Namita Y.H. Practical formulas for estimation of cable tension by vibration method // Journal of Structural Engineering, ASCE, 122(6), 1996, pp. 651–656. [in English].
7. Byeong Hwa Kim, Taehyo Park, Hyunyang Shin, Tae-Yang Yoon A Comparative Study of the Tension Estimation Methods for Cable Supported Bridges // Steel Structures 7, 2007, p. 77–84. [in English].
8. Korniiev M. M. Stalevi mosty: Teoretychnyi i praktychnyi posibnyk z proektuvannia. – U dvokh tomakh. – K.: Vyd-vo «Akadempres», 2010. – T.1. – 532 s. [in Ukrainian].
9. Korniiev M. M. Stalevi mosty: Teoretychnyi i praktychnyi posibnyk z proektuvannia. — U dvokh tomakh. – K.: Vyd-vo «Akadempres», 2010. – T.2. – 490 s. [in Ukrainian].

УДК 625.7/.8
UDC 625.7/.8
DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-031-044

SPECIFICATION OF LOAD PARAMETERS FROM MODERN VEHICLES ON THE PAVEMENT STRUCTURE

УТОЧНЕННЯ ПАРАМЕТРІВ НАВАНТАЖЕННЯ ВІД СУЧАСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ НА КОНСТРУКЦІЮ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ



Гамеляк Ігор Павлович, *доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри аеропортів, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: gip65n@gmail.com, тел.: +380503524124*

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



Райковський Віталій Францевич, *кандидат технічних наук, завідувач сектору науково-технічного супроводу відділу відділу технологій дорожніх робіт ДП "ДерждорНДІ", e-mail: vintikntu@ukr.net, тел. +30982846899*

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



Густєлєв Олександр Олександрович, *кандидат технічних наук, доцент кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, Національний транспортний університет, тел. +380442859528, e-mail: gustelev_pao@ukr.net*

https://orcid.org/0000-0001-8257-358X

Анотація. Сучасні будівельні норми вимагають проектування і будівництва доріг під навантаження, сумісні з європейськими стандартами – 11,5 тони на вісь, що відповідає фактичній повній масі транспортного засобу 34 тони з максимальною кількістю осей (6 осей).

Лише 25 % доріг державного значення відповідає цим нормативним навантаження (а даними Укравтодору в мережі Facebook) [1-6] .

Є приклади, коли сучасні великовагові вантажні транспортні засоби (це важкі будівельні самоскиди і так звані фури) значно перевищують нормативне навантаження на одну вісь (11,5 тони на вісь). Це суттєво збільшує руйнівний вплив і зменшує нормативний термін служби автомобільної дороги.

Правила дорожнього руху в Україні забороняють рух транспортних засобів з фактичною масою більше ніж 40 тон дорогами державного значення. Виняток зроблено для контейнеровозів – гранична вага при цьому становить 44 тони.

На місцевих дорогах, які збудовані в основному під навантаження 6 тон на вісь, заборонено рух транспортних засобів з навантаженням на вісь понад 7 тон або фактичною масою понад 24 тони.

Проте, на жаль, в Україні спостерігається масове порушення цих норм. Ще більш ця проблема загострилась із зміною логістичних ланцюгів перевезень внаслідок військової агресії московських фашистів після 24 лютого 2022 р.

У світі не існує ні технологій, ні покриття, які були б здатні витримувати постійне навантаження у 80-120 тон.

Навіть незначне перевантаження (на 1-2 тони) спричинює руйнування дороги в рази. Максимально завантажений транспортний засіб, незалежно від кількості осей, завдає руйнівного впливу на дорожній одяг більше нормативного від 2 до 56 разів.

У роботі розглянуто марки конкретних транспортних засобів, які найбільш часто рухаються автомобільними дорогами України з уточненням наступних параметрів навантажень від коліс сучасних

транспортних засобів ,а саме відстані між осями, тиск повітря в шинах, площа та форма відбитку колеса в залежності від завантаження ТЗ з наступним використанням цих даних для розрахунку конструкцій дорожнього одягу.

Ключові слова. Тиск повітря в шинах, площа та форма відбитку колеса, транспортний засіб, навантаження на вісь параметрів навантажень від коліс сучасних транспортних засобів (відстані між осями, тиск повітря в шинах, площа та форма відбитку колеса) в залежності від завантаження ТЗ для розрахунку їх впливу на конструкцію дорожнього одягу.

Мета – експериментальне уточнення параметрів навантажень від коліс сучасних транспортних засобів (відстані між осями, тиск повітря в шинах, площа та форма відбитку колеса) в залежності від завантаження ТЗ для розрахунку їх впливу на конструкцію дорожнього одягу.

Завдання – визначити параметри навантажень від коліс сучасних транспортних засобів в натурних умовах (відстані між осями, тиск повітря в шинах, площа та форма відбитку колеса) в залежності від завантаження ТЗ для розрахунку їх впливу на конструкцію дорожнього одягу

Вступ

Транспортні засоби створюють комплексне навантаження на конструкції дорожнього одягу, яке впливає на його руйнування, виражене в характеристиках транспортного потоку. Стандартні методики з визначення параметрів конструкції дорожнього одягу спираються на граничні показники, які отримують, в основному, під час руйнування зразків у лабораторних умовах, у результаті чого вони не показують реальну взаємодію з транспортним потоком, а тільки характеризують властивість асфальтобетону. Для правильного прогнозування довговічності нежорсткого дорожнього одягу бажано оцінювати їх еквівалентними показниками, що викликає певну складність, як у проведенні таких досліджень, так і в оцінюванні отримуваних даних.

Принципові основи і методики досліджень режиму автомобільного руху та встановлення параметрів навантажень для проектування конструкції дорожнього одягу на Україні закладені роботами ХНАДУ (ХАДІ), КАДІ (НТУ) у (70 – 80) рр. минулого століття.

За останні десятиріччя в рамках різних програм досліджень проводилися дослідження з визначення режимів руху, інтенсивності і складу транспортного потоку для визначення пропускної здатності автомобільних дорогах загального користування. Системні дослідження з визначення параметрів руху та навантажень на осі сучасних ТЗ в Україні в останні десятиліття не проводили.

Для цього в роботі розглянуто марки конкретних транспортних засобів, які найбільш часто рухаються автомобільними дорогами України.

У даний час згідно ДБН 2.3.4 та ГБН В.2.3-37641918-559 Дорожній одяг нежорсткий. Проектування величини розрахункового питомого тиску колеса на покриття p і розрахункового діаметра D, зведеного до круга відбитка розрахункового колеса на поверхні покриття призначають з урахуванням нормативного (статичного) навантаження на вісь:

– для доріг Іа,Іб і II категорій – 115 (130) кН;
– для доріг Ш – IV категорій – 100 (115) кН;
– для доріг V категорії – 60 (100) кН.

При проектуванні дорожнього одягу дороги спеціального призначення за розрахункове повинне прийматися навантаження на вісь певної марки автомобіля або іншого транспортного засобу, систематична експлуатація яких передбачається на цьому об'єкті.

Через відсутність достовірних даних по навантаженню від конкретних схем ТЗ, фахівцями ДП «ДерждорНДІ» та кафедри Аеропорти Національного транспортного університету виконані польові дослідження з визначення параметрів впливу сучасних ТЗ на дорожній одяг за наступними їх схемами:

1) самоскид з колісною формулою 6х4.2;
2) самоскид з колісною формулою 8х4.2;
3) автопоїзд з колісною формулою 4х2.2+6 (напівпричіп);
4) автопоїзд з колісною формулою 6х4.2+6 (напівпричіп).

Методика вимірювань

Вимірювання параметрів навантаження виконувались в кінці березня на початку квітня 2021 р. на виробничій базі ТОВ «Юнігран» .

Навантаження на осі різних типів ТЗ визначали на вагах автомобільних призначених для зважування в русі при швидкості до 10 км/год.

Навантаження на вісь визначали при пустому ТЗ, при нормативному завантаженні та при перевантаженні 30 % понад нормативного значення та з максимально допустимим навантаженням згідно з рекомендаціями заводу виробника. Кількість проїздів, для встановлення розкиду значень навантаження на вісь, була встановлена у кількості 3-х послідовних вимірювань при температурі навколишнього середовища 8 – 12 °С Для встановлення впливу зміщення центру ваги проводили додаткові зважування.

Навантаження на вісь визначали при пустому ТЗ, при нормативному завантаженні та при перевантаженні 30 %. Кількість проїздів, для встановлення розкиду значень навантаження на вісь була не менше 2–х. Для встановлення впливу зміщення центру ваги проводили додаткові зважування.

За результатами зважування отримували роздруківку квитанції з вказаними навантаженнями на осі та загальну масу ТЗ (рис. 1).



Рисунок 1 – Видача квитанції про зважування
Figure 1 – Issuance of the receipt

Для кожної схеми ТЗ визначено:

- фактичний тиск повітря у кожному колесі;
- відстань між осями;
- відстань між центрами коліс;
- загальну масу пустого ТЗ (на табл. (1 – 4) позначено рівнем завантаження – 0);
- масу ТЗ з нормативним завантаженням (загальна маса – 40 т) (на табл. 1 – 4) позначено рівнем завантаження – 1);
- масу ТЗ з перевантаженням 30 % понад нормативного значення (на табл. (1 – 4) позначено рівнем завантаження – 2);
- масу ТЗ з максимально допустимим навантаженням згідно з рекомендаціями заводу виробника (на табл. (1 – 4) позначено рівнем завантаження – 3);
- фактичні навантаження на кожну вісь/напіввісь таблиця 5;
- форми та площі контакту шин з дорожнім покриттям табл. 1 – 5.

Загальні результати вимірювань наведено в таблиці 5.

Тиск повітря кожному колесі та площу відбитку визначали в статичному режимі навантаження (рис. 2) з використанням манометра з точністю 0,05 МПа. Тиск в кожному колесі доводили до розрахункового значення 8,5 МПа. При необхідності докачували або стравлювали.



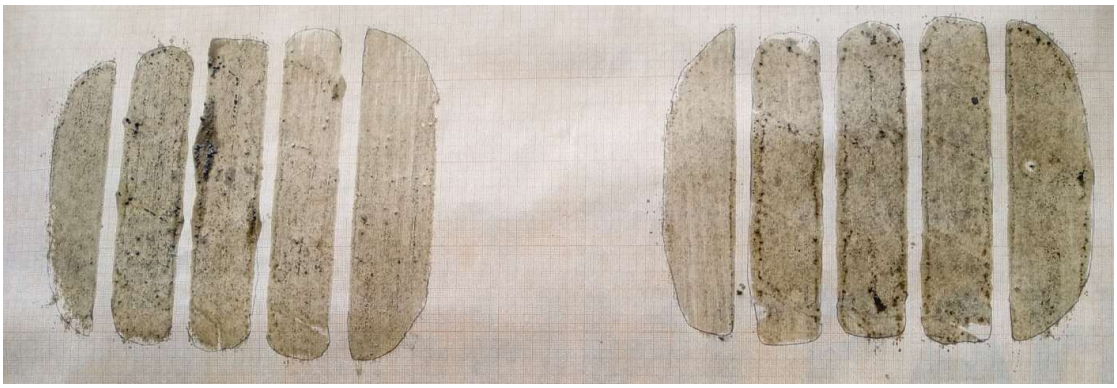
Рисунок 2 – Визначення тиску повітря у кожному колесі
Figure 2 – Determination of air pressure in each wheel

Для визначення площі відбитку, колесо разом із віссю ТЗ піднімали з використанням домкрата. Для отримання чіткого відбитку нижню частину колеса змащували оливою та опускали на міліметровий папір, що знаходився на рівній металевій поверхні (рис. 3).

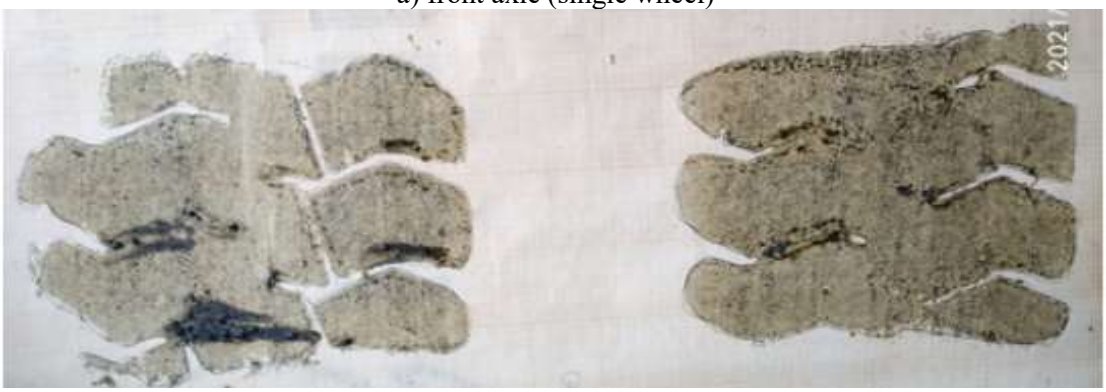


Рисунок 3 – Визначення форми відбитку колеса
Figure 3 – Designation of the shape of the wheel's impact

Потім колесо піднімали разом із віссю та витягували міліметровий папір. Отриманий відбиток фотографували та обробляли для визначення загальної площі відбитку та площі навантаження по виступах протектору. Приклади відбитків наведено на рис. 4.



а) передня вісь (одиночне колесо)
a) front axle (single wheel)



б) задня вісь (здвоєне колесо)
b) rear axle (dual wheel)

Рисунок 4 – Визначення форми відбитку колеса
Figure 4 – Designation of the shape of the wheel's spindle

На рис. 5 та табл. 1 - 4 наведено розподіл матеріалу в кузовах дослідних ТЗ при рівнях завантаження.

У табл. 5 наведено узагальнені дані розрахункових параметрів для транспортних засобів, що досліджувались.

Трьохвісний ТЗ (самоскид з колісною формулою 6х4.2)



рівень – 1 рівень – 2 рівень – 3

Шестивісний ТЗ (автопоїзд з колісною формулою 6х4.2+6 (напівпричіп))



рівень – 1 рівень – 2 рівень – 3

П’ятивісний ТЗ (автопоїзд з колісною формулою 4х2.2+6 (напівпричіп)

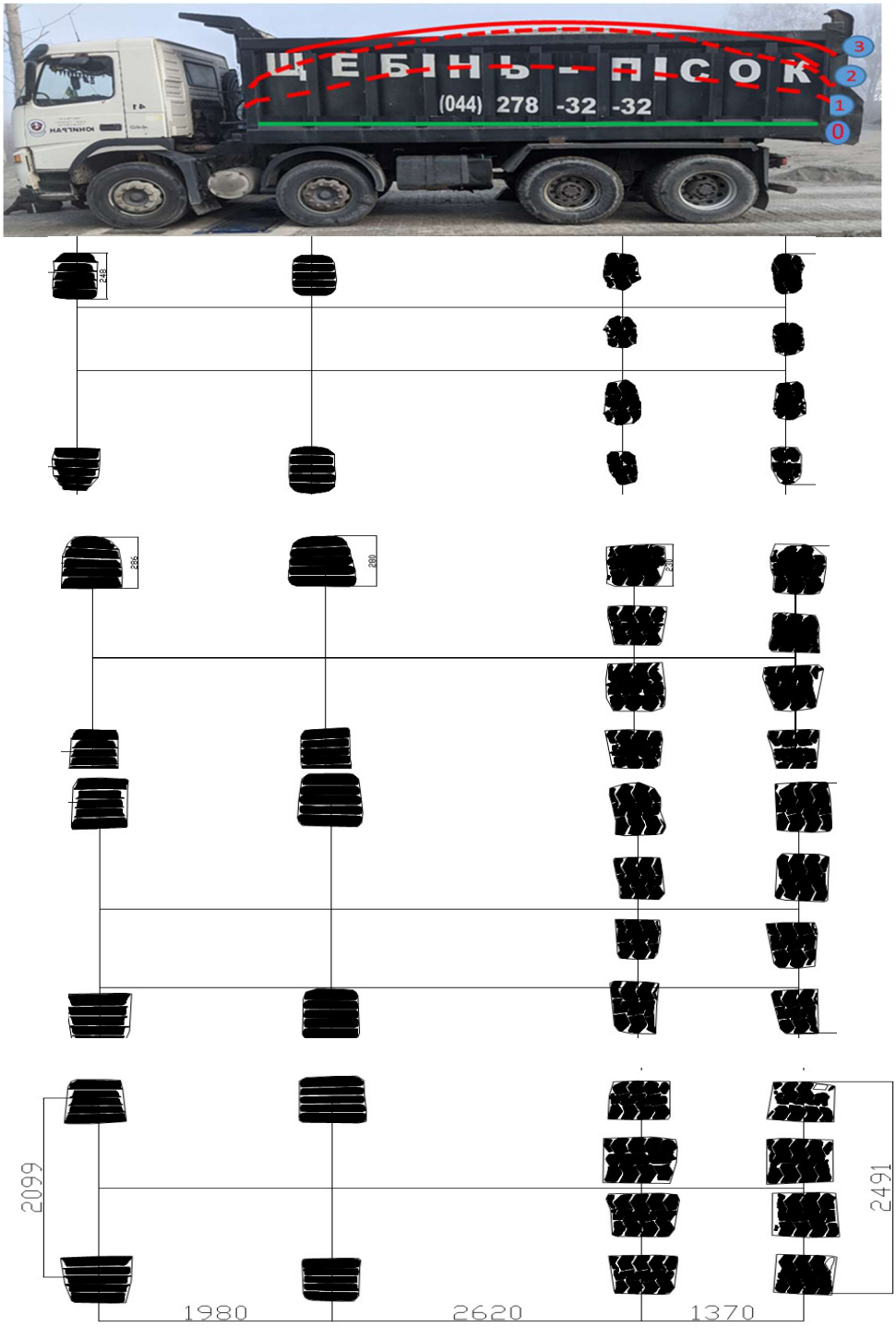


рівень – 1 рівень – 2 рівень – 3

Рисунок 5 – Розподіл матеріалу в кузові при рівнях завантаження (1 – 3)
Figure 5 – Distribution of material in the body at loading levels (1 – 3)

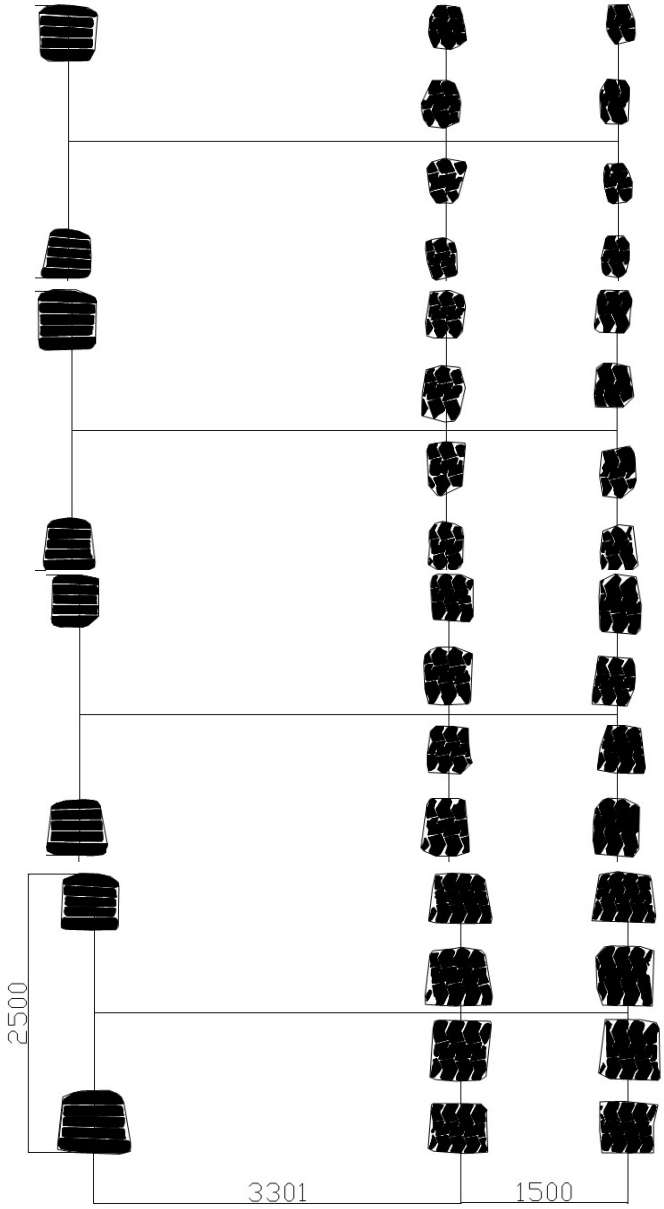
Таблиця 1 – Зміна площі контакту шин з покриттям у залежності від ступеня завантаження чотирьохвісного ТЗ (самоскид з колісною формулою 8х4.2)

Table 1 – Change of tire contact area depending on the degree of loading of the four-wheel drive TZ (8x4.2 self-propelled vehicle)

Загальна маса, кг	Відбитки шин
15080 (0)	
33600 (1)	
40140 (2)	
49900 (3)	

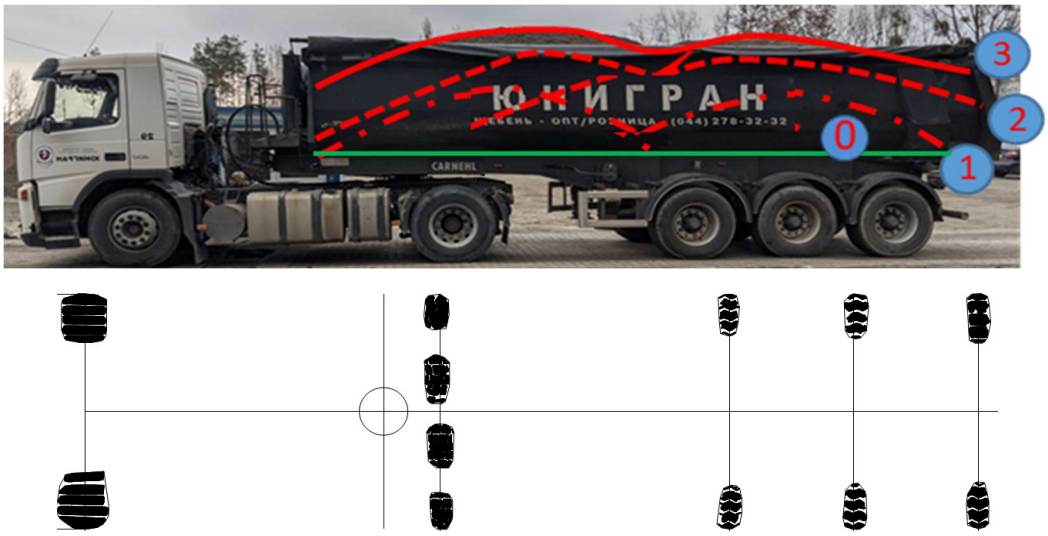
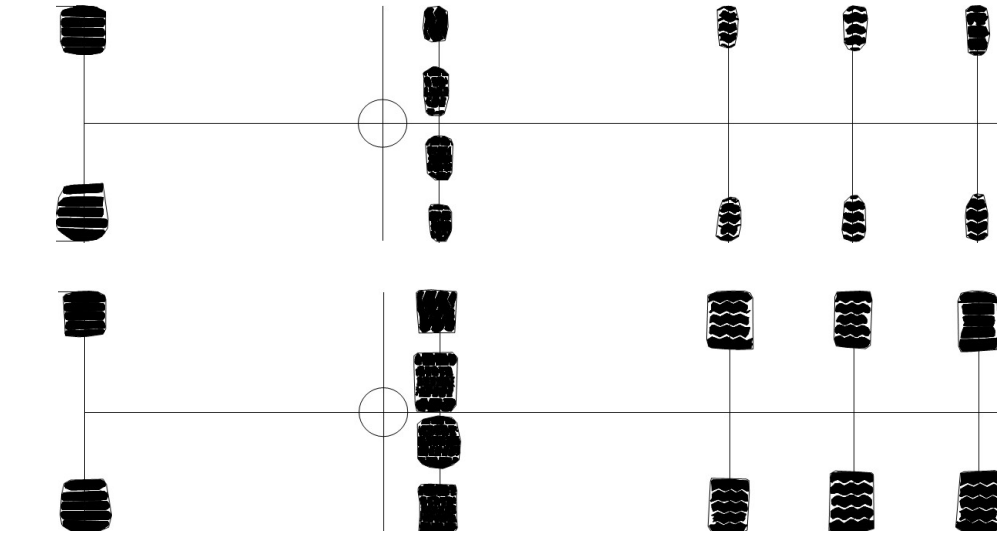
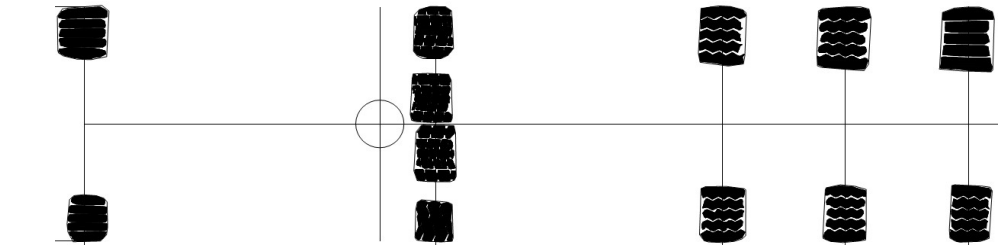
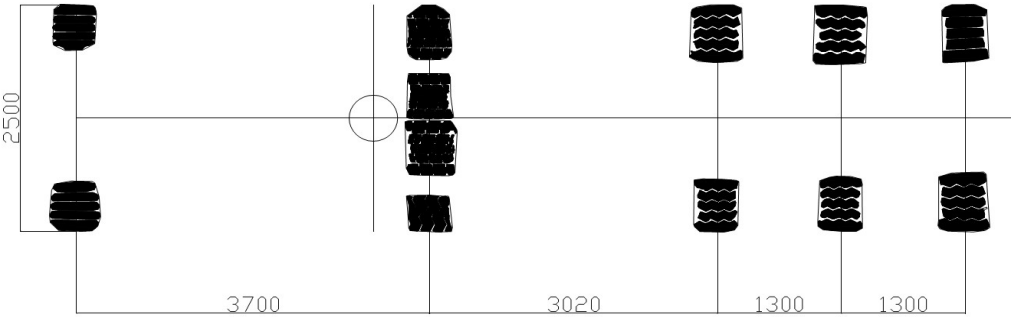
Таблиця 2 – Зміна площі контакту шин з покриттям у залежності від ступеня завантаження трьохвісного ТЗ (самоскид з колісною формулою 6х4.2)

Table 2 – Change of tire contact area depending on the degree of loading of a three-axle vehicle (6x4.2 wheeled vehicle)

Загальна маса, кг	Відбитки шин
14875 (0)	
22210 (1)	
28040 (2)	
40920 (3)	

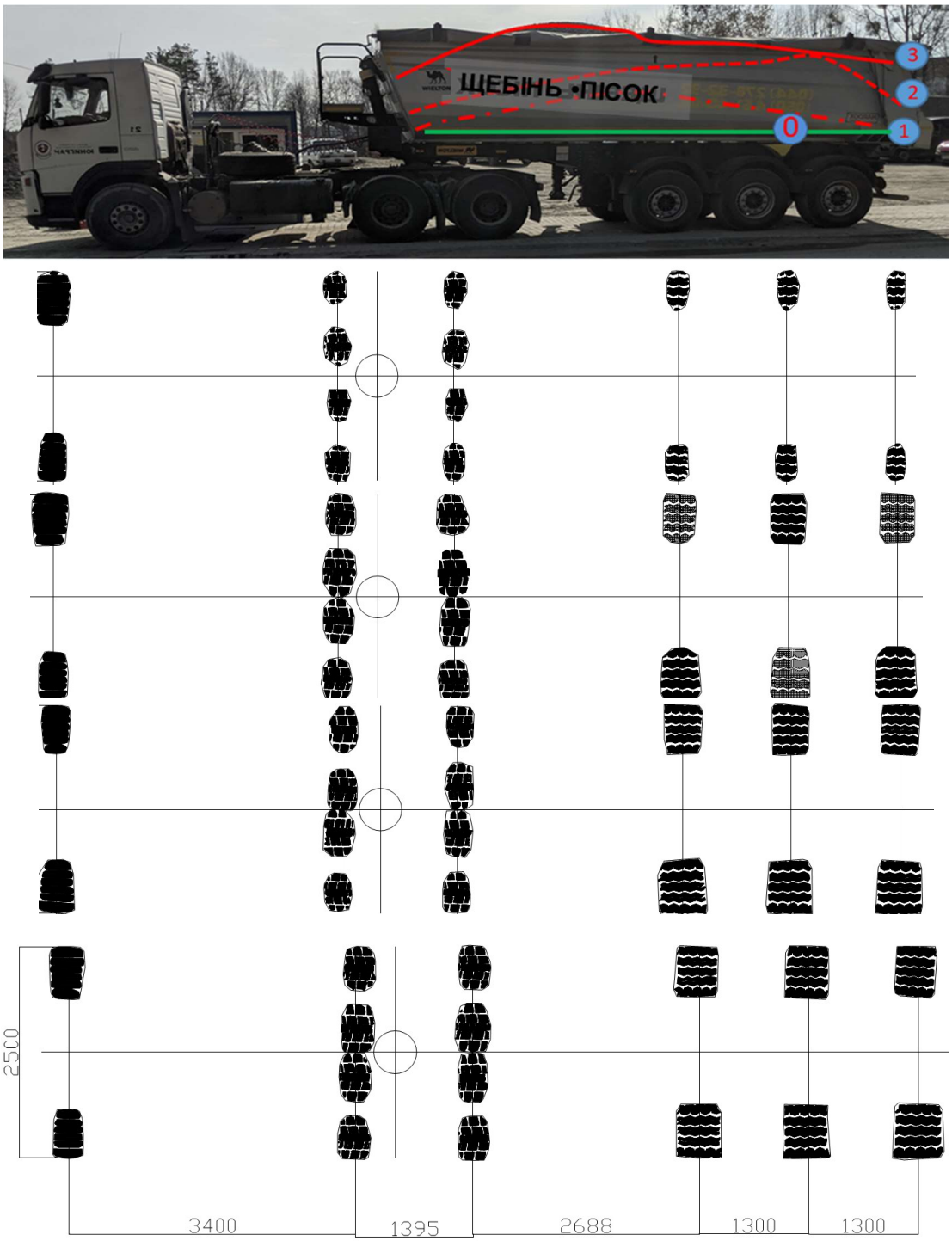
Таблиця 3 – Зміна площі контакту шин з покриттям у залежності від ступеня завантаження п’яти вісного ТЗ (автопоїзд з колісною формулою 4х2.2+6 (напівпричіп)

Table 3 – Change of tire contact area with the coating depending on the level of loading of the sixth-wheel drive vehicle (4x2.2+6 (on-loading truck))

Загальна маса, кг	Відбитки шин
14905 (0)	
41160 (1)	
47760 (2)	
52680 (3)	

Таблиця 4 – Зміна площі контакту шин з покриттям у залежності від ступеня завантаження шестивісного ТЗ (автопоїзд з колісною формулою 6х4.2+6 (напівпричіп))

Table 4 – Change of tire contact area with the coating depending on the loading level of a six-wheel drive vehicle (6x4.2+6 (a four-wheel drive vehicle))

Загальна маса, кг	Відбитки шин
17580 (0)	
41690 (1)	
47760 (2)	
52070 (3)	

Висновки

За результатами проведених досліджень фахівцями ДП «ДерждорНДІ» та НТУ вперше за останні 15 років виконано аналіз параметрів сучасних транспортних засобів (навантажень на осі та площі відбитку коліс, коефіцієнт приведення до розрахункового навантаження) та їх впливу на конструкції дорожнього одягу. В ході роботи встановлені залежності впливу досліджених транспортних засобів на напружено-деформований стан конструкції нежорсткого дорожнього одягу, зокрема:

– встановлено коефіцієнти приведення до розрахункового навантаження А2 (115 кН) з різним навантаження (нормативним, з перевантаження 30 % понад нормативного та за технічним паспортом заводу виробника) (рис. 10);

– встановлено коефіцієнти ефективності перевезення вантажу як відношення маси вантажу до маси пустого транспортного засобу для різних типів завантаження;

– встановлено руйнівний вплив перевантажених транспортних засобів на нежорсткий дорожній одяг (зміну потрібного модуля пружності $E_{потр}$, кількість прикладень розрахункової навантаження та скорочення строку служби конструкції дорожнього одягу в залежності від завантаження різних схем транспортних засобів);

– при перевезенні рухомих матеріалів (щебінь, зерно тощо) відбувається переміщення вантажу по кузову транспортних засобів і, як наслідок, зміна навантаження на осі різних схем транспортних засобів в діапазоні від 1 % до 2 % від маси вантажу.

На рис. 6 наведено графік зміни руйнівного впливу який характеризується коефіцієнтом приведення навантажень в залежності від загальної маси ТЗ з різною колісною схемою. Як виявилося 5 – ти та 6 –ти вісні ТЗ мають близький руйнівний вплив на КДО. Незначне збільшення загальної маси зверх експлуатаційних значення для конкретної колісної схеми приводить до катастрофічного зростання руйнівного впливу навантажень (коефіцієнт приведення, наприклад, при стандартній загальній масі 32 т становить - 3,5, при 38 т.- 8,8, а при 44 т вже більше 26!!! Також, для прикладу, при загальній масі 40 т для 3-х вісного ТЗ коефіцієнт приведення рівний 9,0, а для 4 –х вісного ТЗ вже майже 20, в той час як для 5-ти та 6-ти вісних ТЗ змінюється від 1,3 до 2,5.

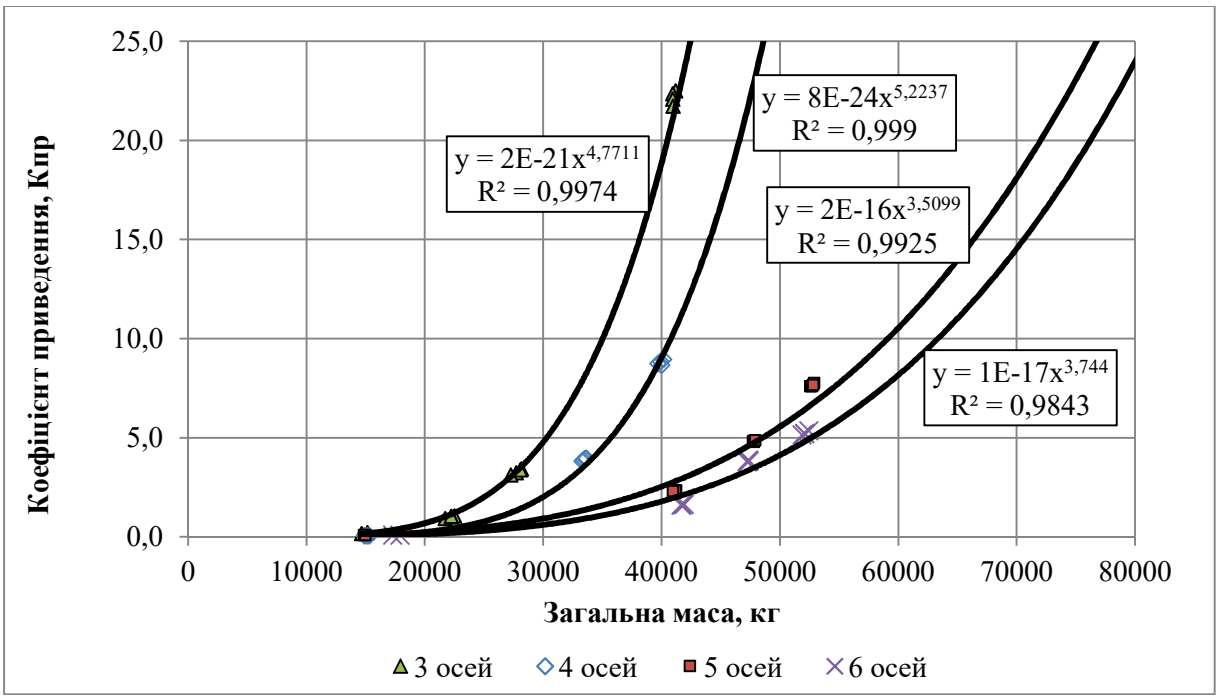


Рисунок 6 – Уточнення коефіцієнтів приведення навантажень в залежності від загальної маси ТЗ
Figure 6 – Refinement of coefficients of reduction of loads depending on the total mass of the vehicle

Коефіцієнт приведення S_n визначають за формулою 6.5 згідно з ГБН В.2.3-37641918-559.

При розрахунку коефіцієнта приведення від загальної маси значення його змінюються від 5,22 для 4 –х вісного ТЗ до 3,51- 3,74 для 5-ти тьа 6-ти вісного ТЗ.

Під час проєктування нежорсткого дорожнього одягу за розрахункові (окрім випадків, зазначених у ГБН В.2.3-37641918-559) приймають нормовані навантаження згідно з ДБН В.2.3-4, що відповідають граничним навантаженням на вісь ТЗ (таблиці 6), які встановлені на основі досліджень авторів.

Таблиця 6 – Розрахункові параметри навантаження
Table 6 – Calculated load parameters

Ч. ч.	Категорія дороги	Тип дорожнього одягу	Група розрахункового навантаження	Нормативне статичне навантаження на вісь,, кН	Нормативне статичне навантаження на поверхню покриття від колеса розрахункового автомобіля, $Q_{розр.}$, кН	Розрахункові параметри		
						Тиск повітря в шині, p,. МПа	Діаметр відбитка колеса, $D_н$., м	Діаметр відбитка колеса рухомого автомобіля, $D_д$. м
1	I	Капітальний	A_1*	130	65,0	0,90	0,303	0,346
			A_2	115	57,5	0,80	0,303	0,345
2	II	Капітальний	A_1*	130	65,0	0,90	0,303	0,346
			A_2	115	57,5	0,80	0,303	0,345
3	III	Капітальний	A_2	115	57,5	0,80	0,303	0,345
4	IV	Капітальний	A_2	115	57,5	0,80	0,303	0,345
		Удосконалений полегшений	A_3	100	50,0	0,60	0,326	0,371
5	V	Удосконалений полегшений	A_3	100	50,0	0,60	0,326	0,371
		Перехідний	В	60	30,0	0,50	0,276	0,315
* Група розрахункового навантаження A_1 приймається за відповідного обґрунтування								

Під час проєктування конструкції нежорсткого дорожнього одягу керуються вимогами ГБН В.2.3-37641918-559 при розрахунку використовують розрахунковий тиск повітря у шинах рівний *p = 0,8 МПа,* а для жорсткого згідно ГБН В.2.3-37641918-557 – *p = 0,9 МПа*. У випадку, коли на автомобільній дорозі суміжні ділянки мають різний тип конструкції дорожнього одягу (жорсткий та нежорсткий) під час проєктування виникає потреба у призначенні встановлення різної величини тиску повітря в шинах транспортних засобів, хоча транспортні засоби рухаються одні і ті ж. Інтенсивність навантаження від коліс транспортних засобів розподіляється по площі близькій до прямокутника, тому прийнятий розподілу вигляді круга з еквівалентним діаметром $D_н$ є умовним.

Через відсутність у нормативній базі документів щодо навантажень та габаритів, які встановлюють допустимі параметри навантаження необхідні для проєктування дорожнього одягу, неконтрольований рух ТЗ та недофінансування дорожньої галузі за останні 7 років обсяг руйнувань та деформацій конструкцій дорожнього одягу на автомобільних дорогах загального користування збільшився до 50 % від їх загальної протяжності.

Підвищення завантаження ТЗ призводить до збільшення навантаження на вісь, внаслідок чого зростають витрати на ремонт автомобільних доріг або будівництво. При цьому, вартість влаштування нового дорожнього одягу, яка складає близько (50 – 60) % вартості будівництва автомобільної дороги, приблизно пропорційна розрахунковому навантаженню на вісь, а вартість ремонту існуючого дорожнього одягу приблизно пропорційна співвідношенню осьових навантажень, піднесеному до 4-тої степені. Іншими словами, збільшення максимально допустимого навантаження на вісь призводить до швидкого руйнування автомобільних доріг і можливе після підвищення міцності конструкції дорожнього одягу.

Перелік посилань

1. http://biz.nv.ua/ukr/markets/omeljan–rozpoviv–de–v–ukrajini–z–javljatsja–pershi–betonni–dorogi–1200375.html

2. Гамеляк І.П., Райковський В.Ф. Експериментальне визначення навантаження на вісь транспортних засобів // *Автошляховик України*. 2014 № 3239′. С. 24 – 28.

3. Гамеляк І.П., Райковський В.Ф. Встановлення експериментальних залежностей між параметрами навантаження на вісь і тиском у шинах транспортних засобів // *Автошляховик України*. 2014 № 6/242. С. 27 – 34.

4. Гамеляк І.П., Райковський В.Ф. Встановлення параметрів режиму руху транспортних засобів для проєктування дорожнього одягу // *Вісник Національного університету "Львівська політехніка"*. 2010. № 662. С 118 – 125.

5. Дмитриченко М.Ф., Дмитрієв М.М., Гамеляк І.П., Райковський В.Ф., Якименко Я.М. Надійність конструкцій дорожнього одягу : навч. посібник. Київ, 2012. 206 с.

6. Гамеляк І.П. Основи забезпечення надійності конструкцій дорожнього одягу : автореф. дис. д-ра техн. наук. Київ, 2005. 33 с.

7. Шевчук В.Р. Оцінка руйнування нежорстких дорожніх одягів при проїзді великовантажних транспортних засобів: дис... канд. техн. наук: Київ, 1999. 263 с.

8. Hudson W.R., Flanagen P.R. An examination of environmental versus load effects on pavements. // Transp. Res. Rec. - 1987. - № 1121, 34-39.

9. Радовский Б.С., Супрун А.С., Казаков И.И. Проектирование дорожных одежд для движения большегрузных автомобилей. - К.: Будівельник, 1989. - 168 с.

10.Радовский Б.С., Супрун А.С. Конструирование дорожных одежд для многоосных транспортных средств большой грузоподъемности. - Обзорная информация ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1985, № 3, 60 с.

11.Радовский Б.С. Влияние нагрузок от автотранспортных средств на долговечность дорожных одежд. / Автомобильные дороги, 1984, № 10, с.6-8.

12.Òielking J., Roberts F. Tire contact pressure and its effect on pavement strain. / Journ. Transp. Eng., 1987, ¹ 1, p.56-71.

13.Sullivan M., Trends in truck transportation - issues pertaining to track-pavement interaction. / SAE Techn. Pap. Ser. - 1988, № 881848, p. 79-86.

14.The AASHO Road Test. Report 5. Pavements research. Spec. Report 61 E, Publ. 954. - Washington, 1962. - 351 p.

15.Радовский Б.С., Сливинский В.И., Мозговой В.В., Супрун А.С., Сом М.И., Швец В.В. О нормировании осевых нагрузок автомобильного подвижного состава. - Промышленный транспорт, 1980, № 10, с. 22-25.

16.Радовский Б.С. Теоретические основы конструирования и расчета нежестких дорожных одежд на воздействие подвижных нагрузок. - Дис. ... докт.техн.наук. - Киев, 1983. - 552 с.

17.Гамеляк І.П. Надійність встановлення розрахункових параметрів навантаження на конструкції дорожніх одягів. *Автомобільні дороги і дорожнє будівництво* : науково-технічний збірник. Київ, 2009. Вип. 76. С. 3-13.

18.Gameliak I.P., Raikovsky V.F. Change of coefficients of growth and composition Of the flow of transport in transport of Ukrainian roads. *Міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні конструкції та інноваційні будівельні матеріали»* (14 травня 2020 року м. Херсон). Херсон, 2020. С 8-12.

19.Гамеляк І.П., Райковський В.Ф. Уточнення методики приведення транспортних засобів до розрахункового навантаження. *LXX НТК професорсько-викладацького складу, аспірантів студентів та співробітників НТУ*: тези доповідей. К.: НТУ, 2014. С. 197.

20.Гамеляк І.П., Райковський В.Ф. Встановлення параметрів розрахункового навантаження для проєктування дорожніх одягів. *LXXI НК професорсько-викладацького складу, аспірантів студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів НТУ*: тези доповідей. К.: НТУ, 2015. С. 217.

21.МР В.2.3–02070915-848:2014. Методичні рекомендації зі встановлення параметрів розрахункового навантаження для проєктування дорожніх одягів. Київ, 2014. 34 с.

22.ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування

23.ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво.

SPECIFICATION OF LOAD PARAMETERS FROM MODERN VEHICLES ON THE PAVEMENT STRUCTURE

Gameliak Igor P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of the Airports Department, e-mail: gip65n@gmail.com tel. +380442807073, +380503524124, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovicha-Pavlenko str. 1, k. 344. https://orcid.org/0000-0001-9246-7561
Raikovskyi Vitalii F., Head of Scientific and Technical Support Division of "DerzhdorNDI" SE, https://orcid.org/0000-0002-6391-7647.
Gustieliev Oleksandr O., Ph.D., assistant professor of the Department of road building materials and chemistry National Transport University (NTU), https://orcid.org/0000-0001-8257-358X.

Abstract. Modern construction standards require the design and construction of roads for loading, compatible with European standards - 11.5 tons per axle, which corresponds to the actual total weight of the vehicle 34 tons with the maximum number of axles (6 axles).

Only 25% of state roads meet these normative loads (according to Ukravtodor on Facebook) [1-6] .There are examples when modern heavy goods vehicles (these are heavy construction dump trucks and so-called lorries) significantly exceed the standard load per axle (11.5 tons per axle). This significantly increases the destructive impact and reduces the standard service life of the road.

Road traffic regulations in Ukraine prohibit the movement of vehicles with an actual weight of more than 40 tons on roads of national importance. An exception is made for container trucks - the weight limit is 44 tons.

On local roads, built mainly for the loading of 6 tons per axle, the movement of vehicles with axle loading over 7 tons or the actual weight of over 24 tons is prohibited.

Unfortunately, however, in Ukraine there is a massive violation of these standards. This problem has become even more acute with the change of logistic chains of transportation as a result of the military aggression of Moscow after February 24, 2022.

There is no technology or coating in the world capable of withstanding a constant load of 80-120 tons.

Even a slight overload (by 1-2 tons) entails the destruction of the road at times. Maximum loaded vehicle, regardless of the number of axles, has a destructive effect on the pavement more than the normative from 2 to 56 times.

The paper considers the brands of specific vehicles, most frequently moving on the roads of Ukraine with the specification of the following parameters of loads from the wheels of modern vehicles, namely, the distance between the axles, tire pressure, area and shape of the wheel imprint, depending on the load of the vehicle with subsequent use of the data to calculate the pavement structures.

Keywords. Air pressure in tires, area and shape of wheel imprint, vehicle, axle loading parameters of wheel loads of modern vehicles (distance between axles, air pressure in tires, area and shape of wheel imprint) depending on vehicle loading to calculate their impact on tire design of pavement.

References

1. http://biz.nv.ua/ukr/markets/omeljan–rozpoviv–de–v–ukrajini–z–javljatsja–pershi–betonni–dorogi–1200375.html.
2. Gameliak I.P., Raikovskyi V.F. Eksperymentalne vyznachennia navantazhennia na vis transportnykh zasobiv // Avtoshliakhovyk Ukrainy. 2014 № 3239′. S. 24 – 28.
3. Gameliak I.P., Raikovskyi V.F. Vstanovlennia eksperymentalnykh zalezhnostei mizh parametramy navantazhennia na vis i tyskom u shynakh transportnykh zasobiv //Avtoshliakhovyk Ukrainy. 2014 № 6/242. S. 27 – 34.
4. Gameliak I.P., Raikovskyi V.F. Vstanovlennia parametriv rezhymu rukhu transportnykh zasobiv dlia proiektuvannia dorozhnoho odiahu // Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika". 2010. № 662. S 118 – 125.
5. Dmytrychenko M.F., Dmytriiev M.M., Gameliak I.P., Raikovskyi V.F., Yakymenko Ya.M. Nadiinist konstruktsii dorozhnoho odiahu : navch. posibnyk. Kyiv, 2012. 206 s.
6. Gameliak I.P. Osnovy zabezpechennia nadiinosti konstruktsii dorozhnoho odiahu : avtoref. dys. d-ra tekhn. nauk. Kyiv, 2005. 33 s.
7. Shevchuk V.R. Otsinka ruinuvannia nezhorstkykh dorozhnikh odiahiv pry proizdi velykovantazhnykh transportnykh zasobiv: dys... kand. tekhn. nauk: Kyiv, 1999. 263 s.

8. Hudson W.R., Flanagen P.R. An examination of environmental versus load effects on pavements. // Transp. Res. Rec. - 1987. - № 1121, 34-39.

9. Radovskyi B.S., Suprun A.S., Kazakov Y.Y. Proektyrovanye dorozhnыkh odezhd dlia dvyzhenyia bolshehruznыkh avtomobylei. - K.: Budivelnyk, 1989. - 168 s.

10.Radovskyi B.S., Suprun A.S. Konstruyrovanye dorozhnыkh odezhd dlia mnohoosnыkh transportnыkh sredstv bolshoi hruzopodъemnosty. - Obzornaia ynformatsyia TsBNTY Mynavtodora RSFSR, 1985, № 3, 60 s.

11.Radovskyi B.S. Vlyianye nahruzok ot avtotransportnыkh sredstv na dolhovechnost dorozhnыkh odezhd. / Avtomobylnыe dorohy, 1984, № 10, s.6-8.

12.Òielking J., Roberts F. Tire contact pressure and its effect on pavement strain. / Journ. Transp. Eng., 1987, ¹ 1, p.56-71.

13.Sullivan M., Trends in truck transportation - issues pertaining to track-pavement interaction. / SAE Techn. Pap. Ser. - 1988, № 881848, p. 79-86.

14.The AASHO Road Test. Report 5. Pavements research. Spec. Report 61 E, Publ. 954. - Washington, 1962. - 351 p.

15.Radovskyi B.S., Slyvynskyi V.Y., Mozghovoi V.V., Suprun A.S., Som M.Y., Shvets V.V. O normyrovanyy osevыkh nahruzok avtomobylnoho podvyzhnoho sostava. - Promыshlennыi transport, 1980, № 10, s. 22-25.

16.Radovskyi B.S. Teoretycheskye osnovы konstruyrovanyia y rascheta nezhestkykh dorozhnыkh odezhd na vozdeistvye podvyzhnыkh nahruzok. - Dys. ... dokt.tekhn.nauk. - Kyev, 1983. - 552 s.

17.Gameliak I.P. Nadiinist vstanovlennia rozrakhunkovykh parametriv navantazhennia na konstruktsii dorozhnikh odiahiv. Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo : naukovo-tekhnichnyi zbirnyk. Kyiv, 2009. Vyp. 76. S. 3-13.

18.Gameliak I.P., Raikovsky V.F. Change of coefficients of growth and composition Of the flow of transport in transport of Ukrainian roads. Mizhnarodna naukovo-tekhnichna konferentsiia «Intelektualni konstruktsii ta innovatsiini budivelni materialy» (14 travnia 2020 roku m. Kherson). Kherson, 2020. S 8-12.

19.Gameliak I.P., Raikovskyi V.F. Utochnennia metodyky pryvedennia transportnykh zasobiv do rozrakhunkovoho navantazhennia. LXX NTK profesorsko-vykladatskoho skladu, aspirantiv studentiv ta spivrobitnykiv NTU: tezy dopovidei. K.: NTU, 2014. S. 197.

20.Gameliak I.P., Raikovskyi V.F. Vstanovlennia parametriv rozrakhunkovoho navantazhennia dlia proiektuvannia dorozhnikh odiahiv. LXXI NK profesorsko-vykladatskoho skladu, aspirantiv studentiv ta spivrobitnykiv vidokremlenykh strukturnykh pidrozdiliv NTU: tezy dopovidei. K.: NTU, 2015. S. 217.

21.MR V.2.3–02070915-848:2014. Metodychni rekomendatsii zi vstanovlennia parametriv rozrakhunkovoho navantazhennia dlia proiektuvannia dorozhnikh odiahiv. Kyiv, 2014. 34 s.

22.HBN V.2.3-37641918-559:2019 Avtomobilni dorohy. Dorozhnii odiah nezhorstkyi. Proektuvannia.

23.DBN V.2.3-4:2015 Avtomobilni dorohy. Chastyna I. Proektuvannia. Chastyna II. Budivnytstvo.

УДК 625.767 **DOI:10.33744/0365-8171-2022-111-045-054**
UDC 625.767

ПРИНЦИПИ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ВУЛИЧНО-ДОРОЖНЬОГО ПРОСТОРУ ЗГІДНО ІЗ СУЧАСНИМИ МІСТОБУДІВНИМИ ТЕНДЕНЦІЯМИ

PRINCIPLES OF STREET AND ROAD SPACE REDISTRIBUTION IN ACCORDANCE WITH MODERN URBAN PLANNING TRENDS



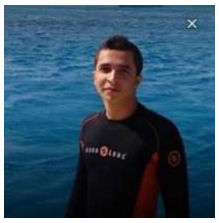
Гасенко Ліна Володимирівна, *кандидат технічних наук, доцент, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», доцент кафедри автомобільних доріг, геодезії, землеустрою та сільських будівель, e-mail: lin02011@meta.ua, тел. +380956632146,*

https://orcid.org/0000-0002-1310-914X, SCOPUS id 56582136300



Литвиненко Тетяна Петрівна, *кандидат технічних наук, доцент, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», завідувач кафедри автомобільних доріг, геодезії, землеустрою та сільських будівель, e-mail: litta2510@gmail.com, тел. +380506715433,*

https://orcid.org/0000-0002-7229-201X, SCOPUS id 56582239700



Мохамед Джамал Махмуд Мохамед Ельгандур*, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», аспірант кафедри автомобільних доріг, геодезії, землеустрою та сільських будівель, e-mail: Mohamed_Alghandour@hotmail.com, тел. +380662169171,*

https://orcid.org/0000-0003-3800-056X

Анотація. В статті проаналізовано сучасні містобудівні тенденції перерозподілу вулично-дорожнього простору, які в останні роки знаходять відображення у нормативних документах України. Базовими варіантами такого перерозподілу є: звуження смуг для приватного транспорту (що дозволяють оновлені нормативні документи України); зменшення кількості смуг для приватного транспорту (що не завжди приводить до зменшення пропускної здатності проїжджої частини).

В результаті аналізу закордонного досвіду виявлено етапи, у які може бути виконано перерозподіл вулично-дорожнього простору: пілотні заходи (тимчасові розмітка, огородження і зміна організації дорожнього руху); проміжні кроки реконструкції (нанесення нової розмітки чи маркування, встановлення стаціонарних та висувних стовпчиків, пересувних клумб з квітами, контейнерів з молодими деревами чи кущами, великого натурального каміння, ліхтарів, лавок тощо); комплексна реорганізація вулиць і просторів (розширення тротуарів, переміщення бордюрів, виділення або відокремлення велодоріжок, встановлення елементів уповільнення автомобільного трафіку, організаційні заходи з оптимізації світлофорної системи, перекладання інженерних мереж, системи дренажу та дощової каналізації і т.ін.).

В результаті аналізу сучасних тенденцій проектування вулиць і доріг населених пунктів і світового досвіду реалізації цих тенденцій, сформульовано наступні принципи перерозподілу вулично-дорожнього простору: принцип рівності у праві використання, заснований на доступності простору для людей будь-якого соціального прошарку, віку та стану здоров`я; принцип безпеки, що полягає у наданні громадянам можливості почувати себе захищеними на вулицях свого міста; принцип розмаїття видів діяльності, який має на меті забезпечення усіх соціальних груп доступними та різноманітними видами відпочинку та проведення часу у громадських просторах; принцип

комфортабельного мікроклімату, що полягає у забезпеченні комфорту перебування мешканців на вулицях населених пунктів, і принцип естетичності, тобто забезпечення привабливого вигляду міських просторів.

Ключові слова: перерозподіл простору; вулиці; дороги населених пунктів; містобудівні тенденції.

Вступ

Рівень автомобілізації в містах України невпинно зростає. Це провокує негативний вплив на середовище, як антропогенне, так і природне, а також соціальні та економічні проблеми.

Нестача простору для руху та паркування індивідуального автотранспорту викликають ускладнення транспортно-пішохідного руху, дорожньо-транспортної безпеки, економічні збитки, а також погіршення стану навколишнього середовища і туристичної привабливості населених пунктів. Найбільші труднощі виникають в межах території історичних центрів міст, які не були розраховані на таку кількість автомобілів. Між тим, можливості екстенсивного розвитку вулично-дорожньої мережі (збільшення і розширення) повністю себе вичерпали.

Містобудівні теорії та концепції, у яких велика увага приділяється саме приватним автомобілям та його альтернативам на етапі розвитку міст, впливу еволюції міського транспорту на розвиток планувальної структури населених пунктів розглянуті у наукових працях Д. Баністера, Р. Серверо, П. Міса, П. Ньюмана, Дж. Кенворзі, В. Вучика, М.М. Дьоміна, Є.О. Рейцена, М.М. Габреля та ін. Згідно таких містобудівних теорій в залежності від історично домінуючого виду транспорту виділяють: “пішохідні міста” (до 19 ст.), “міста громадського транспорту” (кін. 19 ст. – перша пол. 20 ст.), “автомобільні міста” (друга пол. 20 ст.), “міста збалансованого транспортного розвитку” (поч. 21 ст. – до нині).

Таким чином, міста України потребують нових підходів до формування та перерозподілу вулично-дорожнього простору з урахуванням інтересів всіх учасників руху.

Метою та завданням роботи є: дослідити сучасні тенденції проектування вулиць і доріг населених пунктів; проаналізувати закордонний досвід перерозподілу вулично-дорожнього простору; сформулювати принципи перерозподілу вулично-дорожнього простору згідно із сучасними містобудівними тенденціями.

Виклад основного матеріалу

Світовий досвід доводить, що навіть інвестуючи значні кошти у розвиток вулично-дорожньої мережі, неможливо вирішити проблему переміщень у великих містах забезпечивши лише комфортне пересування автомобілів [1].

Класичним прикладом є шосе Кейті в агломерації Г’юстона, що має 26 смуг у найширшій ділянці (рисунок 1). Його нинішня ширина стала наслідком проекту розширення, втіленого з 2008 по 2011 рік за 2,8 млрд. доларів. Головною метою цього мегапроекту було зменшення серйозних заторів на дорогах. Однак після розширення шосе затори лише посилилися. За даними офіційного агентства моніторингу дорожнього руху Г’юстона час поїздок з 2011 до 2014 року зріс на 30% під час ранкової години пік і на 55% під час вечірньої години пік [2].

Шосе Кейті – класичний приклад контрінтуїтивного явища у сфері міського транспорту. Майже всі розширення автомобільних доріг та їхнє будівництво подають громадам як заходи для зниження заторів на дорогах. Це звучить досить логічно: збільшення кількості смуг означає збільшення пропускної здатності ділянки дороги, отже автомобілі мали б проїжджати її швидше. Але так відбувається не завжди.

Як у випадку розширення шосе Кейті, збільшення пропускної здатності доріг викликає збільшення попиту на ці смуги чи дороги, утримуючи завантаженість на аналогічному рівні, якщо не збільшуючи її. В економіці це явище називають «індукованим попитом»: якщо пропозиція певного товару зростає або цей товар стає дешевшим, люди з більшою ймовірністю будуть його використовувати. Явище «індукованого попиту» відносно транспортних потоків спостерігають щонайменше з 1960-х років, коли економіст Ентоні Даунз запропонував свій «Закон завантаженості доріг у годину пік», згідно з яким «на швидкісних дорогах, по яких люди їздять у місто на роботу, завантаженість доріг у годину пік досягає рівня максимальної пропускної здатності» [3].



Рисунок 1 – Шосе Кейті – найширше шосе у Північній Америці
Figure 1 – Katy Freeway – the widest highway in North America

Не випадково найкращі з точки зору транспорту міста у світі (Копенгаген, Берлін та інші) використовують так звану піраміду пріоритетів, яку радять застосовувати при прийнятті рішень, що стосуються проектування та реконструкції вулично-дорожньої мережі. На першому місці в цій піраміді стоять пішоходи, на другому велосипедисти, на третьому громадській транспорт, потім комерційний і на останньому місці приватні автомобілі [4]. При цьому не слід забувати, що частину користувачів вулично-дорожнього простору складають маломобільні групи населення. Також слід мати на увазі що створення велосипедної інфраструктури дозволить підготувати вулично-дорожню мережу і для інших видів транспорту, що стрімко розвиваються (самокати, сегвеї і т.п.), а також для руху інвалідних візків.

В останні роки в Україні також спостерігається тенденція до зміни пріоритетів в теорії транспортного планування, яка знаходить відображення у нормативних документах України: оновлених ДБН Б.2.2-12:2018 «Планування і забудова територій», ДБН В.2.3-5:2018 «Вулиці та дороги населених пунктів», а також в нових нормативних документах ДСТУ 8906:2019 «Планування та проектування велосипедної інфраструктури» і ДБН В.2.2-40:2018 «Інклюзивність будівель і споруд».

В результаті аналізу закордонного і вітчизняного досвіду виокремлено 2 базові варіанти перерозподілу простору між пішоходами, велосипедистами, громадським та приватним транспортом: 1) звуження смуг для приватного транспорту (що дозволяють оновлені нормативні документи України); 2) зменшення кількості смуг для приватного транспорту.

Аналіз методів розрахунку необхідної кількості смуг руху показав наступне. Ефективність роботи проїжджої частини знижується зі збільшенням кількості смуг: з позиції пропускної здатності на чотирисмуговій дорозі майже не використовується одна смуга, а на шестисмуговій – вже дві [5].

При цьому простір, що звільняється при звуженні смуг для приватного транспорту та/або зменшенні їхньої кількості, може бути використаний для задоволення потреб пішоходів, велосипедистів і громадського транспорту.

Масштабній реконструкції громадського простору можуть завадити такі проблеми, як відсутність чи припинення фінансування, складна процедура затвердження проекту, тривалий час, необхідний для його втілення, зміна політичного курсу чи навіть спротив місцевої громади. Більше того, вносити корективи у реалізований проект часто буває довго і дорого.

Перевірити ефективність того чи іншого перерозподілу вулично-дорожнього простору можна за допомогою *пілотних рішень* – тимчасової розмітки, огороджень і змін організації дорожнього руху.

Недороге пілотне рішення дозволяє швидко оцінити переваги проекту, що спрямований на перетворення міського простору, та оперативно внести необхідні зміни, не витрачаючи значних ресурсів. Хоча не всі проекти потребують проходження через пілотний етап, деякі отримують від цього значну користь. Приклади пілотних рішень для перерозподілу вулично-дорожнього простору згідно із сучасними містобудівними тенденціями наведено на рисунках 2,3.

а)  б) 

Рисунок 2 – Тимчасова велосмуга: а) в Берліні; б) в Парижі
Figure 2 – Temporary cycle lane: a) in Berlin; b) in Paris



Рисунок 3 – День ПАРКування. Контрактова площа, Київ
Figure 3 – PARKing Day. Kontraktova Square, Kyiv

Альтернативою масштабній реконструкції може стати *проміжне проектне рішення*, швидко втілене за допомогою відносно недорогих прийомів і матеріалів. Такий підхід дозволяє місту та його мешканцям оцінити ефективність запропонованого рішення та пристосуватися до змін.

На проміжному етапі створення нових пішохідних зон або перепланування дорожнього простору, що неефективно використовується, може бути вирішено за допомогою нанесення нової розмітки чи маркування (рисунки 4,5).



Рисунок 4 – Реконструкція вулиці Edgewater Drive в м.Орландо, штат Флорида
Figure 4 – Reconstruction of Edgewater Drive street in Orlando, Florida



Рисунок 5 – Перетворення міського простору у м. Любляни, Словенія
Figure 5 – Transformation of urban space in Ljubljana, Slovenia

Ще одним способом є встановлення таких фізичних обмежень автомобільного руху і паркування, як стаціонарні та висувні стовпчики, пересувні клумби з квітами, контейнери з молодими деревами чи кущами, велике натуральне каміння, ліхтарі, лавки тощо (рисунок 6). Важливо зазначити, що без відповідного маркування та виділення (рельєфно-контрастні попереджаючі та направляючі лінії, контрастне виділення стовпчиків і т. ін.) перелічені засоби несуть в собі небезпеку для людей з порушенням зору та незрячих.



Рисунок 6 – Зміна парку Табор у м. Любляни, Словенія, з 2008 по 2012 рік
Figure 6 – Change of Tabor Park in Ljubljana, Slovenia, from 2008 to 2012

Проект комплексної реконструкції (рисунки 7, 8) може передбачати розширення тротуарів, переміщення бордюрів, виділення або відокремлення велодоріжок, встановлення елементів уповільнення автомобільного трафіку, перекладання інженерних мереж, системи дренажу та дощової каналізації і т.ін. [6 - 8].



Рисунок 7 – Приклад реконструкції вулиці у м. Портленд, США
Figure *7* – An example of street reconstruction in Portland, USA



Рисунок 8 – Приклад реконструкції перехрестя у м. Портленд, США
Figure 8 – An example of intersection reconstruction in Portland, USA

В результаті аналізу сучасних тенденцій проектування вулиць і доріг населених пунктів і світового досвіду реалізації цих тенденцій можна виділити наступні принципи перерозподілу вуличо-дорожнього простору (таблиця 1): рівності у праві використання; безпеки; розмаїття видів діяльності; комфортабельного мікроклімату і естетичності.

Таблиця 1 – Принципи перерозподілу вулично-дорожнього простору згідно із сучасними містобудівними тенденціями

Table 1 – Principles of redistribution of street and road space in accordance with modern urban trends

Принципи	Рівності у праві використання	Безпеки	Розмаїття видів діяльності	Комфортного мікроклімату	Естетичності
Основні характеристики	- Вільне пересування для пішоходів, велосипедистів, маломобільних груп населення; - Чітке зонування (авто відокремлені від пішоходів)	- Освітленість; - Можливість огляду; - Відсутність небезпечних елементів; - Відсутність автомобілів; - Наявність елементів безпеки; - Людський масштаб	- Зонування території; - Можливість різних видів діяльності з переважаючою функцією відпочинку та розваг; - Інфраструктура відпочинку	- Влітку можливість вкритися від сонця; - Взимку можливість вкритися від снігу та дощу	- Гармонійне поєднання елементів (стилістика, композиція, колір, масштаб тощо); - Впорядкування оточуючої забудови; - Ландшафтний дизайн
Дії для досягнення	- Наявність інфраструктури для пішоходів, велосипедистів, маломобільних груп населення	- Вчасний ремонт; - Догляд за зеленими насадженнями; - Якісне вертикальне планування; - Заборона в'їзду авто	- Забезпечення можливостей для вуличного харчування, торгівлі, культури, побутових послуг	- Вчасний ремонт елементів	- Обмеженість та впорядкованість тимчасових споруд, реклами
Необхідні елементи простору	- Вільний простір; - Спеціальне обладнання для різних груп населення; - Ознакування	- Ліхтарі, світильники; - Огорожі; - Поручні; - Навігація; - Пандуси; - Якісне мощення	- Wi-fi, інтерактивні елементи, електророзетки, лави, стільці, газони, парапети, альтанки, лежаки, фонтани, ігрові арт-об'єкти	- Зелені насадження; - Альтанки; - Бесідки; - Навіси; - Тенти	- Елементи благоустрою; - Декоративне освітлення; - Елементи ідентифікації

Принцип рівності у праві використання заснований на доступності простору для людей будь-якого соціального прошарку, віку та стану здоров`я, включаючи маломобільні групи населення (МГН).

Відповідний розмір простору та зручні широкі проходи дадуть можливість зручно пересуватись одночасно навіть великій кількості городян, адже психологічно будь-яка людина прагне рухатися по прямій траєкторії без перешкод. На шляху пішоходів мають бути відсутні огородження, стовпчики та знаки. Це попередить створенню заторів, а пішоходи не будуть заважати тим, хто відпочиває на лавах чи на літніх майданчиках біля кафе.

Елементи інфраструктури мають бути забезпечені усім необхідним обладнанням для зручного користування людьми з різними функціональними порушеннями.

Принцип безпеки полягає у забезпеченні громадянам можливості почувати себе захищеними на вулицях свого міста.

Фактори безпеки можна розглядати у двох аспектах: безпека руху та безпека перебування на вулиці. Міське середовище має створювати сприятливі умови для перебування в ньому, притягуючи мешканців та пропонуючи варіанти проведення часу. Більше активностей означає більше людей на вулицях. Більш впевнено мешканці почуваються на людних вулицях (де багато пішоходів, а не людей у автомобілів). У полі зору людини мають знаходитися привабливі споруди, відкриті вітрини та інші об`єкти, а простір має бути облаштований так, щоб його можна було охопити оком з однієї точки та роздивитися деталі.

Вулиці мають бути гарно освітлені. Однією з важливих складових зручного та безпечного руху є неслизьке покриття.

Пріоритетним завданням у створенні безпечного пішохідного простору є захист його від автомобілів з метою уникнення травмування та наїзду на людей. Це потребує влаштування огорож та встановлення обмежувальних стовпчиків.

Важливим фактором безпеки, особливо для немісцевих мешканців, є наявність вуличної навігації, інформаційних стендів та можливість у будь який момент дізнатися, де ти перебуваєш.

Принцип розмаїття видів діяльності має на меті щоб усі соціальні групи були забезпечені доступними та різноманітними видами відпочинку та проведення часу.

Наявність великої кількості лав, стільців та інших місць для сидіння дає змогу вийти на вулицю більшій кількості людей. Зручне середовище з розмаїттям видів діяльностей приваблює до себе мешканців та гостей міста, пропонуючи їм зупинитись та провести там свій час.

Більш привабливим міський простір стає завдяки безкоштовному wi-fi та електричним розеткам, вмонтованим у лави чи стовпи.

Особливу роль у міському середовищі займають спортивні майданчики та ігрові зони, влаштування яких сприяє покращенню стану здоров`я громадян.

Принцип комфортного мікроклімату полягає у забезпеченні комфорту перебування мешканців на вулицях населених пунктів. Людина, прогулюючись містом, втомлюється та шукає зручне місце для відпочинку. Таким місцем можуть стати лави та альтанки, розташування яких має бути продуманим. У спекотний літній день люди тягнуться у тінь та прохолоду і лави, які
стоять під відкритим сонцем, залишаться пустими. Для захисту від опадів найкращим рішенням будуть альтанки чи лави з навісом.

Комфортний мікроклімат включає в себе також ремонт вуличного обладнання, підтримання чистоти та порядку.

Принцип естетичності полягає у забезпеченні привабливого вигляду міських просторів. Мають бути враховані усі елементи простору та їх взаємодія між собою, що дозволить середовищу виглядати цілісно. За відсутності спеціальних розваг громадські простори можуть приваблювати тільки своїм зовнішнім виглядом.

Історичний центр міста апріорі є привабливим для споглядання. Потрапляючи туди, городяни мають можливість відчути так званий «дух старого міста», роздивитися фасади будинків та їх деталі. Приємними такі місця є завдяки «людяному масштабу» та атмосфері. Історичний центр – це вже сформований простір, який необхідно тільки підтримувати та зберігати.

Для збагачення простору та посилення вражень можуть використовуватись різні декоративні елементи, малі архітектурні форми чи інсталяції сучасного мистецтва.

Створення правильного освітлення буде відігравати важливу роль у двох напрямках – організація гарного зовнішнього вигляду вулиць у темну пору доби та підвищення безпечності середовища.

Висадка дерев у громадських зонах впливає на якість перебування там. Розвиток місць для відпочинку пов`язаний з розширенням зелених зон, а постійне збільшення кількості дерев у рекреаційних зонах є доброю практикою для міста.

Висновок: сучасні містобудівні тенденції свідчать про необхідність перерозподілу вулично-дорожнього простору. Базовими варіантами такого перерозподілу є: 1) звуження смуг для приватного транспорту (що дозволяють оновлені нормативні документи України); 2) зменшення кількості смуг для приватного транспорту (що не завжди приводить до зменшення пропускної здатності проїжджої частини).

Перерозподіл вулично-дорожнього простору населених пунктів може бути здійснено у такі етапи: пілотні заходи (тимчасові розмітка, огородження і зміна організації дорожнього руху), проміжні кроки реконструкції (нанесення нової розмітки чи маркування, встановлення стаціонарних та висувних стовпчиків, пересувних клумб з квітами, контейнерів з молодими деревами чи кущами, великого натурального каміння, лавок тощо), комплексна реорганізація вулиць і просторів (розширення тротуарів, переміщення бордюрів, виділення або відокремлення велодоріжок, встановлення елементів уповільнення автомобільного трафіку, перекладання інженерних мереж, системи дренажу та дощової каналізації і т.ін.).

В результаті аналізу сучасних тенденцій проектування вулиць і доріг населених пунктів і світового досвіду реалізації цих тенденцій можна виділити наступні принципи перерозподілу вулично-дорожнього простору: принцип рівності у праві використання; принцип безпеки; принцип розмаїття видів діяльності; принцип комфортабельного мікроклімату і принцип естетичності.

Перспективою подальших досліджень у цьому напрямі є розроблення пропозицій щодо перерозподілу простору на конкретних ділянках вулиць та доріг населених пунктів і прогнозування змін характеристик транспортних потоків в результаті такого перерозподілу.

Перелік посилань

1. Lytvynenko T., Gasenko L. Peculiarities of infrastructure designing for the movement of individual environmental friendly vehicles. Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 2015. 43 (2). P. 81 – 86. doi.org/10.3311/PPtr.7593

2. Шнайдер Б. Розширення доріг не зменшує затори: що таке індукований попит. MistoSite, 2021. URL: https://mistosite.org.ua/articles/rozshyrennia-dorih-ne-zmenshuie-zatory-shcho-take-indukovanyi-popyt (дата звернення: 08.02.2022).

3. Семенов В.В. Математическое моделирование динамики транспортных потоков мегаполиса. М., 2004. 44 с.

4. Бондаренко І., Загреба В. Комфортне місто: як спланувати велосипедну інфраструктуру: посібник. Київ, 2014. 50 с.

5. Hasenko L., Lytvynenko T., Tkachenko I., Elgandour M. Current trends in transport planning. Academic Journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering. Poltava, 2020. 2 (55). – С. 82-88.

6. Дієта для машин. Платформа розвитку міст. URL: http://urbanua.org/eksperty/zakordonni-eksperty/378 (дата звернення: 08.02.2022).

7. Schmitt A. The Airtight Case for Road Diets. Streetsblog, USA, 2014.

8. Herman F. Huang, J. Richard Stewart, and Charles V. Zegeer. Summary Report: Evaluation of Lane Reduction "Road Diet" Measures and Their Effects on Crashes and Injuries. FHWA, 2004.

PRINCIPLES OF STREET AND ROAD SPACE REDISTRIBUTION IN ACCORDANCE WITH MODERN URBAN PLANNING TRENDS

Hasenko Lina V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Associate Professor of Highways, Geodesy, Land Management and Rural Buildings Department, e-mail: lin02011@meta.ua, +380956632146, https://orcid.org/0000-0002-1310-914X, SCOPUS id 56582136300

Lytvynenko Tetyana P., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Head of Highways, Geodesy, Land Management and Rural Buildings Department, e-mail: litta2510@gmail.com, +380506715433, https://orcid.org/0000-0002-7229-201X, SCOPUS id 56582239700

Mohamed Gamal Mahmoud Mohamed Elgandour, National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Postgraduate Student of Highways, Geodesy, Land Management and Rural Buildings Department, e-mail: Mohamed_Alghandour@hotmail.com, +380662169171, https://orcid.org/0000-0003-3800-056X

Abstract. The article analyzes the modern urban trends of street and road space redistribution, which in recent years are reflected in the regulations of Ukraine. The basic options for such redistribution are: narrowing of lanes for private transport (allowed by updated regulations in Ukraine); reducing the number of lanes for private transport (which does not always reduce the roadway capacity).

As a result of foreign experience analysis the stages in which redistribution of street and road space can be carried out are revealed: pilot actions (temporary marking, road barriers and change of traffic organization); intermediate steps of reconstruction (application of new markings, installation of stationary and sliding columns, mobile flower beds, containers with young trees or bushes, large natural stones, lanterns, benches, etc.); comprehensive reorganization of streets and spaces (sidewalks widening, curbs moving, bike lanes allocating or separating, installing of elements to slow down traffic, organizational measures to optimize traffic lights, relocation of utilities, drainage and storm sewer systems, etc.).

As a result of the analysis of modern tendencies in designing settlements' streets and roads and world experience of these tendencies realization, the following principles of street and road space redistribution are formulated: the principle of equality in the right of use, based on space availability for people of any social class, age and state of health; the principle of security, which is to give citizens the opportunity to feel protected on the streets of their city; the principle of diversity of activities, which aims to provide all social groups with accessible and diverse types of recreation and leisure in public spaces; the principle of comfortable microclimate, which is to ensure the comfort of residents on the settlements streets, and the principle of aesthetics, ensuring an attractive appearance of urban spaces.

Key words: redistribution of space; streets; roads of settlements; urban trends.

References

1. Lytvynenko T., Gasenko L. Peculiarities of infrastructure designing for the movement of individual environmental friendly vehicles. Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 2015. 43 (2). P. 81 – 86. doi.org/10.3311/PPtr.7593. [in English].

2. Shnayder B. Rozshyrennya dorih ne zmenshuye zatory: shcho take indukovanyy popyt (Expanding roads does not reduce congestion: what is induced demand). MistoSite, 2021. URL: https://mistosite.org.ua/articles/rozshyrennia-dorih-ne-zmenshuie-zatory-shcho-take-indukovanyi-popyt (Last accessed:08.02.2022) [in Ukrainian].

3. Semenov V.V. Matematicheskoye modelirovaniye dinamiki transportnykh potokov mega-polisa (Mathematical modeling of metropolitan traffic flows' dynamics). M., 2004. 44 s [in Russian].

4. Bondarenko I., Zahreba V. Komfortne misto: yak splanuvaty velosypednu infrastrukturu: posibnyk (Comfortable city: how to plan cycling infrastructure: Guide). Kyyiv, 2014. 50 s [in Ukrainian].

5. Hasenko L., Lytvynenko T., Tkachenko I., Elgandour M. Current trends in transport planning. Academic Journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering. Poltava, 2020. 2 (55). – C. 82-88. [in English].

6. Дієта для машин. Платформа розвитку міст (Diet for cars. Urban development platform). URL: http://urbanua.org/eksperty/zakordonni-eksperty/378 (Last accessed: 08.02.2022) [in Ukrainian].

7. Schmitt A. The Airtight Case for Road Diets. Streetsblog, USA, 2014. [in English].

8. Herman F. Huang, J. Richard Stewart, and Charles V. Zegeer. Summary Report: Evaluation of Lane Reduction "Road Diet" Measures and Their Effects on Crashes and Injuries. FHWA, 2004. [in English].

УДК 656.13.08 **DOI:10.33744/0365-8171-2022-111-055-065**
UDC 656.13.08

ОЦІНКА СТАНУ ТА ПРОПОЗИЦІЇ ІЗ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ОКРЕМИХ ДІЛЯНКАХ АВТОМОБІЛЬНОЇ ДОРОГИ М-06 КИЇВ-ЧОП

ASSESSMENT OF THE STATUS AND PROPOSALS FOR ENSURING ROAD SAFETY ON CERTAIN SECTIONS OF THE M-06 KYIV-CHOP MOTORWAY



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



Потійчук Ольга Борисівна, *Національний університет водного господарства та природокористування (м. Рівне),старший викладач кафедри автомобільних доріг, основ і фундаментів, e-mail: o.b.potiichuk@nuwm.edu.ua,*
тел. +380975879174

https://orcid.org/0000-0003-3287-870X

Анотація. У статті наведені дані про ДТП на аварійних ділянках автомобільної дороги М-06 Київ-Чоп км 347+000 – км 351+000 та км 395+000 – км 396+000. З представленої інформації видно, що на всіх виділених аварійних ділянках, найпоширенішою причиною виникнення ДТП є перевищення водіями швидкості руху. Дослідження про виконання водіями вимог швидкісного режиму на дорогах показало, що переважна більшість з них не дотримуються обмежень швидкості руху, що діють відповідно до вимог гл.12 Правил дорожнього руху України та вимог заборонних знаків, які обмежують швидкість руху. Так, в умовах сухого покриття швидкісного режиму не дотримувалися 100% водіїв. Встановлення обмежень швидкості лише за допомогою дорожніх знаків або законодавчих вимог неефективне. Необхідне комплексне поєднання конструктивних елементів дороги та засобів заспокоєння руху. В статті наведена ефективність деяких засобів заспокоєння руху на аварійно небезпечних ділянках автомобільної дороги М-06 Київ-Чоп на основі світового досвіду та досвіду окремих країн і України..

Ключові слова: автомобільні дороги, швидкість руху, засоби заспокоєння руху, розділювальна смуга, дорожньо-транспортна пригода.

Вступ. Водій зазвичай прагне забезпечити комфортну для нього швидкість руху. Поняття комфорту – суто суб'єктивне, воно залежить від транспортного засобу та його стану, стану самого водія (самопочуття, рівня його майстерності тощо), дорожніх умов та мети поїздки. Велике значення має відстань від початкового та кінцевого пунктів слідування: якщо ця відстань велика (наприклад, з Києва до Чопа) – водій прагне подолати її якнайшвидше, відповідно цілком зрозуміле бажання їхати з більшою швидкістю.

Зростання швидкості, в свою чергу, призводить до зростання ризиків виникнення ДТП та зростання тяжкості їх наслідків. Більше 50% ДТП зі смертельними наслідками трапляються при швидкості руху 80 км/год і вище. Причому із зростанням швидкості руху зростають важкість і збитки від ДТП. Так, при швидкості 60 км/год на 100 автомобілів, що потрапили в ДТП, припадає 30 потерпілих, а при швидкості 120 км/год – у чотири рази більше. За швидкості руху автомобіля близько 30 км/год імовірність смерті збитого пішохода становить 5%, тоді як за швидкості близько 60 км/год – 85 %.

Україна продовжує займати одне з перших місць у Європі за кількістю ДТП та смертністю від них [1].

Зниження аварійності на автомобільних дорогах вимагає проведення комплексу заходів з покращення умов руху, підвищення технічного стану доріг та оснащення їх сучасними засобами запобігання ДТП, зокрема засобами заспокоєння дорожнього руху, які б допомагали водієві у виборі безпечної швидкості руху.

Згідно [2] заходи заспокоєння дорожнього руху – комплекс технічних та конструктивних рішень впливу на учасників дорожнього руху з метою примусу до дотримання безпечної швидкості руху. Методи різноманітного впливу на водія дотримуватися швидкісних режимів широко застосовуються у практиці багатьох країн світу [3]. В таблиці 1 наведена ефективність деяких засобів заспокоєння руху на основі світового досвіду та досвіду окремих країн.

Таблиця 1 – Засоби заспокоєння руху та їх ефективність
Table 1 – Traffic calming agents and their effectiveness

Методи	Категорії ДТП	Ефективність	Джерело інформації
Каналізування руху у транспортних вузлах	ДТП з загиблими	-10%	Фінська практика, узагальнений світовий досвід
	Усі ДТП	-25…-38%	
Каналізування руху на кривих в плані	Усі ДТП	-22%	Узагальнений світовий досвід
Каналізування руху на прямих ділянка	Усі ДТП	-21%	Норвезька практика, узагальнений світовий досвід
Влаштування кільцевих перетинань	ДТП з загиблими	-70…-75%	Фінська практика Голландська практика
	Усі ДТП	- 50%	
Влаштування шумових та світлошумових смуг	ДТП з загиблими	- 5%	Узагальнений світовий досвід
	Усі ДТП	- 28%	
Нанесення крайової розмітки з ефектом вібрації (структурована розмітка)	Усі ДТП	- 30%	Узагальнений світовий досвід
Нанесення поздовжньої розмітки	ДТП з загиблими	- 10%	Фінська практика Норвезька практика
	Усі ДТП	- 30%	Узагальнений світовий досвід

Мета дослідження – забезпечення безпеки дорожнього руху на окремих ділянках автомобільної дороги М-06 Київ-Чоп, шляхом застосування засобів заспокоєння руху.

Завдання дослідження: аналіз даних про стан та проблеми забезпечення безпеки дорожнього руху на авірійно-небзпечних ділянках; огляд існуючих методів та засобів обмеженні швидкості руху; дослідження та аналіз швидкості руху на аварійно-небезпечних ділянках; пропозиції та висновки із застосування засобів заспокоєння руху на ділянках, що досліджувались.

Об'єктом дослідження є окремі аварійні ділянки км 347+00 – км 351+00 та км 395+00 – км 396+000 автомобільної дороги М-06 Київ-Чоп.

Результати досліджень та їх аналіз. Для проведення досліджень були обрано п'ять ділянок дороги на яких за останні 7 років (з 1.01.2015 по 30. 11. 2021) трапляється найбільша кількість ДТП [4].

1. Ділянка відігнаний лівий поворот на перетині автомобільної дороги М-06 та вулиць Першотравнева-Лісовиків в с.Грушвиця, км347+300 – км347+650 (рисунок 1).



Рисунок 1 – Відігнаний лівий поворот на ділянці км347+300 – км347+650
Figure 1 – The left driven away turn in the section km347 + 300 - km347 + 650

За період від 01.01.2015 по 30.11. 2021 на цій ділянці було скоєно 14 ДТП. З них: зіткнення – 4; перекидання автомобільного транспорту – 3; наїзд на транспортний засіб, що стоїть – 1; наїзд на перешкоду – 5; падіння пасажира – 1. Найпоширеніша причина ДТП - перевищення безпечної швидкості руху.

2. Ділянка зміни категорії дороги з Іб на II, км347+850 – км348+100 (рисунок 2).



Рисунок 2 – Ділянка зміни категорії дороги з Іб на II, км347+800–км348+100
Figure 2 –Section of road's category changes with Ib on II, .km 347+800–km 348+100

За період від 01.01.2015 по 30.11. 2021 на цій ділянці було скоєно 26 ДТП, а саме: зіткнення транспортнох засобів - 7, перекидання транспортного засобу - 8, наїзд на транспортний засіб, що стоїть - 2, наїзд на перешкоду – 9. Найпоширеніша причина ДТП - перевищення безпечної швидкості руху і виїзд на зустрічну смуг руху.

3. Ділянка в межах населеного пункту. Це перетин з сільською вулицею, нерегульований пішохідний перехід, заїзд/виїзд на АЗС; під'їзд до житлових будинків, км348+650 – км348+900 (рису



Рисунок 3 – Ділянка дороги в межах населеного пункту (км348+600 – км348+900).
Figure 3 – Section of road within settlement (km348+600 – km348+900)

За період від 01.01.2015 по 30.11. 2021 на цій ділянці було скоєно 6 ДТП: зіткнення транспортних засобів – 4; наїзд на транспортний засіб, що стоїть – 1; наїзд на пішохода - 1. Найпоширеніша причина ДТП - перевищення безпечної швидкості руху.

4. Ділянка мосту через р. Стубла і під'їзди до нього, км349+480 –км349+705 (рисунок 4).



Рисунок 4 – Міст через р. Стубла, км349+580 – км349+605
Figure 4 – Road across river Stubla , km. 349+580 – km 349+605

На мосту і під'їздах до нього за період від 01.01.2015 по 30.11. 2021 було скоєно 4 ДТП. З них: зіткнення транспортного засобу – 3; падіння вантажу - 1. Причиною усіх ДТП було зафіксовано перевищення безпечної швидкості руху.

5. Ділянка зміни категорії дороги, відігнаний лівий поворот, км395+500 – км396+000 в селі Птича (рисунок 5).



Рисунок 5 – Ділянка зміни категорії дороги та відігнаного лівого повороту на перетині з автодорогою Т18-21 в селі Птича
Figure 5 – The section of road's category change and the driven left turn at the intersection with the highway T18-21 in the village of Ptycha

За період від 01.01.2015 по 30.11. 2021 на цій ділянці було скоєно 69 ДТП: зіткнення транспортних засобів – 15; перекидання – 17; наїзд на транспортний засіб, що стоїть – 5; наїзд на перешкоду – 32. Найпоширеніша причина ДТП – перевищення безпечної швидкості руху.

Ділянки 1, 2, 3, 4 – практично прямі в плані (кути поворотів траси менше 1°), поздовжній ухил від 13‰ до 30‰, переважно у напрямку руху на Київ. Поздовжній профіль побудовано із застосуванням вертикальних кривих радіусами від 6000 м до 20000 м з довжиною вертикальних кривих 50-100 м, на деяких ділянках зворотні криві. Ці ділянки належать до І-б та ІІ технічної категорій, отже ширина смуг руху 3,75, ширина укріпленої смуги узбіччя 0,75 м та 0,5 м відповідно. Ділянки прокладені вздовж сільгоспугідь, бічні перешкоди для зору відсутні (за винятком ділянок у населених пунктах).

Ділянка №5 має складний поздовжній рельєф та складна у плані та поперечному профілі. Ділянка знаходиться у межах населеного пункту, тому для її проектування застосовані нормативи населених пунктів. Середній поздовжній ухил 40‰ (підйом в напрямку Києва); на кривій у плані (радіус 150 м, довжина кривої 120 м) ширина смуги руху 4,0 м.

На ділянці км395+000 – км395+500 по 2 смуги в кожному напрямку з розділювальною смугою 5 метрів, тобто належить до І-б категорії.

На ділянці км395+500 – км395+600 відбувається звуження земляного полотна за рахунок звуження розділювальної смуги та починаючи з км395+600 розділювальна смуга відсутня і відбувається звуження ширини проїзної частини з 15 до 7,5 м. Довжина ділянки звуження 60 м.

Починаючи з км396+000 дорога має 2 смуги руху шириною 3,75 м кожна без розділювальної смуги посередині, тобто належить до дороги ІІ технічної категорії і в подальшому проходить через с. Птича.

Усі обрані ділянки мають стаціонарне освітлення відповідно до діючих нормативів. Стан дорожнього покриття добрий, вибоїни та руйнування відсутні. Окремі характеристики ділянок наведені у таблиці 2.

Таблиця 2 – Окремі характеристики досліджуваних ділянок дороги
Table 2 – Individual characteristics of the investigated sections of the road

Номер ділянки	Обмеження швидкості руху, км/год	Дорожні умови	Організація дорожнього руху
1	90	За межами НП, 4 смуги по 3,75 м	Двобічне огородження на розділювальній смузі. Зелені насадження обабіч дороги відсутні
2	90	За межами НП, 2 смуги по 3,75 м	Дорожня розмітка, звуження розділювальної смуги
3	50	У межах НП, 2 смуги по 3,75 м, додаткова смуга біля АЗС,	Дорожня розмітка, ПШС в напрямку Чоп, наземний пішохідний перехід позначено розміткою1.14, знаком 5.35
4	90	за межами НП, 2 смуги по 3,75 м, узбіччя по 3,5 м по обидва боки	Суцільна осьова розмітка 1.1, дорожнє огородження по обидва боки
5	50	За межами НП, 2 смуги по 3,75 м, узбіччя 3,5 м по обидва боки	Знак обмеження швидкості 50 км/год, дорожня розмітка, однобічнє огородження

З наведеної інформації видно, що на всіх виділених аварійних ділянках, найпоширенішою причиною виникнення ДТП є перевищення водіями швидкості руху.

Дослідження про виконання водіями вимог швидкісного режиму на дорогах показало, що переважна більшість з них не дотримуються обмежень швидкості руху, що діють відповідно до вимог гл.12 Правил дорожнього руху України та вимог заборонних знаків, які обмежують швидкість руху. Так, в умовах сухого покриття швидкісного режиму не дотримувалися 100% водіїв.

На ділянці №1 (дорога з розділювальною смугою, наближення до відігнаного лівого повороту), 80% водії перевищували швидкість на величину від 20 до 50 км/год.

На ділянці №2 (поблизу ділянки зміни категорії дороги) половина водіїв перевищувала швидкість менш ніж на 20км/год, стільки ж в межах 20 – 50 км/год.

При проїзді населеного пункту, де діє обмеження швидкості рух 50 км/год, (ділянка №3) жодний з водіїв не їхав з дозволеною швидкістю, при цьому 40% перевищували швидкість на величину до 20 км/год, 50% – на 20 – 50 км/год.

На ділянці № 4 (міст) половина водіїв перевищували швидкість менш ніж на 20 км/год та 40% – на 20 – 50 км/год.

На ділянці №5 (біля с. Птича) 80% водіїв перевищували швидкість менш ніж на 20 км/год. Перевищення швидкості більш ніж на 50 км/год не було зафіксовано.

На вологому дорожньому покритті чинних обмежень дотримувалися лише 10% водіїв, проте частка значних перевищень швидкості руху була меншою, більшість водіїв перевищували швидкість на 20 км/год і менше.

У сутінках на сухій дорозі також 100% водіїв не дотримувалися обмежень, проте частка значних перевищень швидкості руху була меншою, ніж на сухій дорозі, і трохи більшою, ніж на вологому покритті.

На ділянці із значними небезпеками для руху (ділянка 5) водії хоча і перевищували встановлені обмеження, проте 70-80% на величину до 20 км/год.

Найбільша різниця між встановленими обмеженнями швидкості та реальною швидкістю спостерігається на ділянках доріг І-б категорії, у тому числі тих, які проходять в межах населених пунктів.

Найменша різниця між встановленими обмеженнями швидкості та реальною швидкістю спостерігається на ділянках доріг, де наявні конструктивні та технічні рішення, а також особливості дорожньої обстановки (габарити мостів та шляхопроводів, бар'єрне та пішохідне огородження, влаштування бортового каменю на краю проїзної частини, високи дерева поруч з дорогою тощо), що спонукають водіїв рухатись повільніше.

Встановлення обмежень швидкості лише за допомогою дорожніх знаків або законодавчих вимог неефективне. Необхідне комплексне поєднання конструктивних елементів дороги та засобів заспокоєння руху. Разом з тим одним з основних показників споживчих властивостей автомобільної дороги є швидкість руху по ній.

Збалансувати швидкість руху з точки зору споживчих властивостей дороги та рівня безпеки є однією з головних задач організації руху на дорогах. Одним із методів розв'язання даної задачі є заспокоєння руху. Це дозволяє зниження кількості конфліктних ситуацій у дорожньому русі, попередження ДТП і зниження їхньої важкості за рахунок зміни (зменшення) швидкості руху.

Заходи та засоби заспокоєння руху належать до локальних методів заспокоєння руху. Заспокоєння руху виконується інженерно-конструктивними засобами, що доповнюється різноманітними методами керування швидкістю руху транспортних засобів.

Засоби заспокоєння руху класифікуються на групи відповідно до застосованого заходу (табл. 3).

Таблиця 3 – Класифікація засобів заспокоєння руху
Table 3 – Classification of traffic calming agents

Група, відповідно до застосованого заходу заспокоєння руху	Засоби заспокоєння руху
Влаштування перешкоди на проїзної частини	Дорожні пагорби Підвищені пішохідні переходи Підвищені перехрестя
Зміна траєкторії руху	Шикани Міні-кільца Каналізування потоків Перекривання перехрестя
Зміна ширини проїзної частини	Чокери Вставки по осі дороги

Не належать до засобів засобів заспокоєння руху, але використовуються для їх реалізації, дорожні знаки та розмітка, дорожні огородження та напрямні пристрої, зокрема тимчасові тощо.

Одним з дійових заходів зменшення швидкості руху на дорогах I та II категорій є зменшення ширини проїзної частини. Розрізняють зменшення дійсної та видимої ширини проїзної частини. Зменшення дійсної ширини проїзної частини на дорогах при обмеженні швидкості руху до 60 км/год включно рекомендується за рахунок звуження ширини смуги руху до 3,25 м, що дасть можливість влаштувати острівці безпеки на пішохідних переходах через дорогу II категорії. Також зміною №2 до ДБН В.2.3-4 [5] передбачено звуження крайніх лівих смуг на дорогах I категорії до 3,5 м замість 3,75 м (при новому будівництві).

Зменшення видимої частини проїзної частини досягають позначенням смуг руху шириною від 2,75 м до 3,50 м розміткою згідно з ДСТУ 2587 та влаштуванням зелених насаджень (кущів) вздовж дороги або вулиці тощо.

Окрім зазначених вище засобів заспокоєння руху на автомобільних дорогах дозволено (рекомендовано) застосовувати наступні заходи та засоби:

– влаштування світлошумових смуг перед пішохідними переходами та іншими ділянками, що вимагають зниження швидкості руху (рисунок 6);



Рисунок 6 – Світло-шумові смуги перед пішохідними переходами
Figure 6 – Light and noise lanes in front of pedestrian crossings

– нанесення крайової розмітки з ефектом вібрації (структурована розмітка) (рисунок 7а) та шумової поздовжньої смуги на узбіччі (рисунок 7б);

а) б)



Рисунок 7 – крайова розмітка з ефектом вібрації (а) та шумової смуга на узбіччі (б)
Figure 7 – Edge marking with the effect of vibration (a) and noise band on the roadside (b)

– система інформування учасників руху про порушення швидкісного режиму (рисунок 8).

а) б)



Рисунок 8 – Система інформування учасників руху про порушення швидкісного режиму зворотного зв'язку: а – поєднаного зі знаком 3.29; б – самостійно застосований
Figure 8 – The system of informing traffic participants about the violation of the speed feedback mode: a - combined with the sign 3.29; b – self-applied

Знак зворотного зв'язку найбільш ефективно працює, якщо поєднаний із стандартним знаком 3.29 обмеження максимальної швидкості у єдину конструкцію на світлоповертальній поверхні (щиті). Така схема нагадує водієві про обмеження швидкості і стимулює його до зниження швидкості руху. У пам'яті одночасно може зберігатися до 1 млн вимірювань. Така система вже діє, зокрема у Київській області.

За рахунок особливостей зорового сприйняття водієм дороги та довкілля [6], також можна дещо знизити швидкість руху. Так, на ділянці в с. Микуличі (рисунок 9а) за рахунок впливу на водіїв «ефекту стінки» від шумозахисних екранів, пішохідного огородження та бортових каменів, 47% з них рухались з дозволеною швидкістю. За тої ж самої ширини смуг руху, але при наявності відкритого простору та широкого укріпленого узбіччя ліворуч від дороги в с. Волиця (рис. 9б) з дозволеною швидкістю рухались лише 6% транспортних засобів [7].

а) б)



Рисунок 9 – Приклади ділянок дороги М-07 в межах населених пунктів
Figure 9 – Examples of the M-07 road sections within settlements

Досліджується також ефективність інших заходів та засобів, зокрема застосування оптичних ілюзій на проїзній частині. 3D зображення створюють ілюзії зруйнованого покриття (а) та об'ємних перешкод на дорозі (б) (рисунок 10).

а) б)



Рисунок 10 – Застосування оптичних ілюзій на дорозі перед небезпечними ділянками
Figure 10 – Application of optical illusions on the road in front of dangerous areas

Зниження аварійності на автомобільних дорогах – комплексна проблема. Вирішити її лише дорожніми засобами або впливом на учасників руху неможливо, тому у 2020 році керівництво Євросоюзу схвалило рішення про оснащення усіх нових автомобілів обладнанням примусового обмеження швидкості руху [8].

Першим кроком до впровадження цього закону є схвалення Європейською Радою з безпеки дорожнього руху (ETSC) рішення про оснащення автомобілів системою ISA (Intelligent Speed Assistance), яка отримує дані про дозволений швидкісний режим з двох каналів: з камери зчитування дорожніх знаків та від навігаційної системи за сигналом GPS. У випадку перевищення водієм дозволеної на ділянці дороги швидкості руху, електронна система автомобіля «приглушить» двигун і плавно уповільніть рух автомобіля. Така система, у випадку її обов'язкового впровадження, дозволить скоротити кількість ДТП в Європі на 30% та зберегти не менше 25 тис. життів впродовж перших 15 років.

Окрім цього, пропонується в обов'язковому порядку оснастити автомобілі системами автоматичного гальмування і слідкування за розміткою, а також «чорним ящиком», який має записувати покази бортової електроніки за прикладом авіаційних аналогів.

Висновки та пропозиції

Автомобільна дорога М-06 є магістраллю міжнародного значення та входить до мережі Європейських транспортних коридорів (Е40). Інтенсивність руху сягає 11000 - 18000 авт/добу. У складі транспортного потоку велика частка транспортних засобів значної довжини – автопоїздів, магістральні автобусів тощо.

З огляду рекомендованих до застосування на дорогах України заходів та засобів заспокоєння руху, можна зробити висновок, що на магістральних дорогах, таких як М-06, вибір заходів та засобів дуже обмежений. Крім того, застосування заходів та засобів заспокоєння руху – тимчасові міри, які можуть бути викоані в межах експлуатаційного утримання дороги. Такі заходи не вимагають тривалих процедур складання і реалізації проекта та суттєвих капіталовкладень, проте дадуть змогу дещо знизити аварійність і смертність від ДТП.

На дорогах І технічної категорії не можна застосовувати засоби, які вимагають суттєвого зниження швидкості руху (штучні нерівності, дорожні пагорби, підвищені пішохідні переходи, підвищені перехрестя тощо) та засоби, які обмежують ширину проїзної частини, тому що це ускладнить рух великогабаритного транспорту.

Діючі стандарти [2] дозволяють на дорогах ІІ категорії (при інтенсивності не більше 10000 авт/добу) в межах населених пунктів застосування піднесених пішохідних переходів, бічних зсувів тощо. Однако, враховуючи статус дороги та характеристики транспортного потоку, якій рухається по ній, такі засоби заспокоєння руху вважаєм недоцільними.

Разом з тим пропонуємо застосувати засоби підвищення уваги водіїв при наближенні до небезпечних ділянок та контроль швидкості руху на них:

– перед відігнаним лівим поворотом на ділянці км347+300 – км347+650 пропонуємо влаштувати світло-шумові смуги;

– на ділянці км347+800–км348+100 пропонуємо влаштувати крайову розмітку з ефектом вібрації вздовж осі дороги для виділення розділювальної смуги наприкінці ділянки зміни категорії дороги та шумові смуги на узбіччі;

– в межах км348+600 – км348+900 пропонуємо влаштувати розділювальну смугу для розташування на ній, зокрема, підвищеного острівця для пішоходів на пішохідному переході;

– на мосту та підходах до нього (км349+480 –км349+705) пропонуємо влаштувати шумові смуги на узбіччі;

– на ділянці зміни категорії дороги (км395+500 – км396+000) в с. Птича задля активації уваги водіїв пропонуємо застосувати оптичну ілюзію у вигляді пошкодженого дорожнього покриття.

На цій ділянці також можна влаштувати крайову розмітку з ефектом вібрації вздовж осі дороги для виділення розділювальної смуги наприкінці ділянки зміни категорії дороги та шумові смуги на узбіччі.

Узагальному на усіх цих ділянках пропонуємо встановити системи інформування учасників руху зі зворотним зв'язком про порушення швидкісного режиму.

При реконструкції даної автомобільної дороги необхідно привести ділянки ІІ-ї категорії до І-ї, тобто виключити ділянки зміни категорії дороги.

Перелік посилань

1. Звіт про глобальний стан безпеки дорожнього руху за 2019 рік (European regional status report on road safety 2019 https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/333758/9789285055154-rus.pdf

2. ДСТУ 4123: 2020 Безпека дорожнього руху Засоби заспокоєння руху Загальні технічні вимоги. ДП «УкрНДНЦ», 2020, 15 с

3. Методические рекомендации по разработке та реализации методов по организации дорожного движения. Методы успокоения движения. М : 2017, 75 с. https://standartgost.ru/g/pkey-14293734707.

4. Національна поліція України. Статистика http://patrol.police.gov.ua› statystyka

5. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. Зміна № 1. Київ, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України : 2019.

6. Орнатский Н.П. Особенности зрительного восприятия объектов дорожной архитектуры водителями автомобилей. Труды МАДИ, Выпуск 52 – М.: 1973 – с. 128 - 138.

7. Вознюк А.Б. Швидкісні режими на автомобільних дорогах. Дороги і мости. Київ, 2016. Вип. 16, С.86-99. http://dorogimosti.org.ua/files/upload/ilovepdf_com-86-99.

8. ЄС планує обов'язкові обмежувачі швидкості для всіх автомобілів.Європейська правда 27.03.2019. https://www.eurointegration.com.ua/news/2019/03/27/7094433/

ASSESSMENT OF THE STATUS AND PROPOSALS FOR ENSURING ROAD SAFETY ON CERTAIN SECTIONS OF THE M-06 KYIV-CHOP MOTORWAY

Guyvan Evgen F., postgraduate student, National University of Water Management and Environmental Engineering (Rivne), e-mail: *e.f.huivan@nuwm.edu.ua* *+380678839280*
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
Potiychuk Olga B., National University of Water Management and Environmental Engineering (Rivne), Senior Lecturer, Department of Automobile Roads, Bases and Foundations, e-mail: *o.b.potiichuk@nuwm.edu.ua* + 380975879174

Abstract. The article highlights data on road accidents on the emergency sections of the M-06 Kyiv-Chop road km 347 + 000 - km 351 + 000 and km 395 + 000 - km 396 + 000. The presented information shows that in all selected emergency areas, the most common cause of accidents is speeding. A study of drivers' compliance with speed limits on the roads has showed that the vast majority of them does not comply with speed limits that operate in accordance with the requirements of Chapter 12 of the Traffic Rules of Ukraine and the requirements of prohibitory signs restricting speed. So, 100% of drivers have not followed a speed mode in the conditions of a dry covering. Setting speed limits only with road signs or legal requirements is ineffective. A comprehensive combination of structural elements of the road and means of traffic calming is necessary. The article presents the effectiveness of some traffic means calming on accident-prone sections of the highway M-06 Kyiv-Chop on the basis of world experience and the experience of some countries and Ukraine.
Key words: highways, speed of traffic, means of traffic calming, dividing strip, road accident.

References

1 European Regional Status Report on Road Safety 2019. [in Ukrainian]

2. DSTU 4123: 2020 Road safety Means of traffic calming General technical requirements. DP "UkrNDNC", 2020, 15 p. [in Ukrainian]

3.Guidelines for the development and implementation of methods for the organization of traffic. Movement calming methods. M: 2017, 75 from https://standartgost.ru/g/pkey-14293734707. [in Russian]

4.National Police of Ukraine. Statistics http://patrol.police.gov.ua ›statystyka

5. DBN B.2.3-4: 2015 Highways. Part I. Design. Part II. Construction. Change № 1. Kyiv, Ministry of Regional Development, Construction and Housing of Ukraine: 2019. [in Ukrainian]

6. Ornatsky N.P. Features of visual perception of objects of road architecture by car drivers. Proceedings of MADI, Issue 52 – M .: 1973 3- p. 128 - 138. [in Russian]

7.Voznyuk A.B. High-speed modes on highways. Roads and bridges. Kyiv, 2016. Issue. 16, pp.86-99. http://dorogimosti.org.ua/files/upload/ilovepdf_com-86-99. [in Ukrainian]

8. The EU is planning mandatory speed limiters for all cars. European Truth March 27, 2019. [in Ukrainian].

УДК 624.21.014.2 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-066-073**
UDC 624.21.014.2

ВПЛИВ ТЕРМОРЕАКТИВНИХ МОДИФІКАТОРІВ НА ВЛАСТИВОСТІ БІТУМІВ ДЛЯ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ВЛАШТУВАННІ ЕПОКСИАСФАЛЬТОБЕТОННИХ ПОКРИТТІВ НА АВТОДОРОЖНІХ МОСТАХ

INFLUENCE OF THERMOSETTING MODIFIERS ON THE PROPERTIES OF BITUMEN FOR THEIR APPLICATION AT THE ARRANGEMENT OF EPOXY ASPHALT PAVEMENTS ON ROAD BRIDGES



Зеленовський Володимир Анатолійович, *Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут ім. М.П. Шульгіна», відділ технологій дорожніх робіт, науковий співробітник, імейл: ukrdorndi@ukr.net, тел. +380637727292*

https://orcid.org/0000-0001-5834-5456



Онищенко Артур Миколайович, *Національний транспортний університет, кафедра мостів та тунелів, доктор технічних наук, професор, імейл: artur_onish@bigmir.net, тел. +380687771899*

https://orcid.org/0000-0002-1040-4530

Анотація. Одним із механізмів руйнування шарів асфальтобетонного покриття на мостах, особливо з ортотропною плитою, є велика остаточна деформація, яка негативно впливає на довгострокову експлуатаційну роботу всієї мостової конструкції. Модифікація асфальтобетонної суміші епоксискладовими може бути вельми актуальним для усунення остаточної деформації через їх термореактивну природу. У цьому огляді епоксидна смола та її затверджувач розглядається як домінуючий компонент епоксидно-асфальтобетонної композитної системи, а за результатами проведених досліджень з визначення впливу температури на швидкість тужавлення епоксидної смоли, за результатами підбору в'яжучого для виробництва епоксиасфальтобетонних сумішей та встановлення життєздатності епоксив'яжучого з різним вмістом епоксискладових у бітумі у цій статті обговорюються методи та механізм її затвердіння.

Зазначені у цьому описі проведенні дослідження дуже корисні також з практичної точки зору, адже завдяки отриманим результатам визначення в'язкості епоксиасфальтобетону, в залежності від наявної кількості епоксидних складових у його складі, можна визначити допустимий час на його влаштування з урахуванням можливих особливостей.

З метою застосування епоксиасфальтобетонних покриттів на автодорожніх мостах та завдяки проведеним дослідженням визначено вплив на властивості бітуму введення епоксискладових у якості термореактивних модифікаторів. Методика досліджень та отримані результати проведених досліджень дозволяє визначати можливість застосування тих чи інших компонентів для приготування епоксиасфальтобетонних сумішей та їх життєздатність, дозволяє зробити оптимальний підбір суміші з урахуванням варіації температур та вмісту епоксискладових.

Ключові слова: епоксиасфальтобетон, епоксидна смола, покриття на мостах, модифікація бітуму, властивості бітуму, життєздатність модифікованого бітуму.

Вступ

На Українських дорогах та у Європі більшість залізобетонних і металевих мостів мають асфальтобетонне покриття. Основна причина застосування асфальтобетону на мостах полягає у необхідності захисту мостових конструкцій від можливих пошкоджень, у тому числі викликаних дією протиожиледних сумішей, забезпечуючи при цьому їх довговічність.

Оскільки плита проїзної частини мосту більш гнучка, ніж основа дорожнього одягу, поверхневий шар повинен допускати великі переміщення без розтріскування, що призводить до конфлікту з вимогою високої жорсткості, що забезпечує хороші експлуатаційні властивості.

У мостових конструкціях мають місце великі деформації плити проїзної частини, і тому втомні руйнування асфальтобетонних шарів важливіші особливо для мостів із сталевою ортотропною плитою.

Таким чином, для того щоб знайти оптимальність між опором до появи залишкових деформацій (що призводять до утворення колійності) і опором втоми (що призводять до утворення тріщин) необхідно зменшити власну вагу мостової конструкції, а саме вагу дорожнього одягу на плиті проїзної частини необхідно звести до мінімуму. Саме тому на мостах було б доцільно застосовувати асфальтобетон на основі бітумів модифікованих термореактивними складовими. Але для досягнення мети забезпечення доріг автомобільними мостами з надійним, легким, довговічним епоксиасфальтобетонним покриттям, необхідно провести ще досить багато досліджень.

Мета і методи. Під дією навантаження від транспорту в плиті проїзної частини мосту виникають пружні деформації. Ці повторювані деформації сприймаються асфальтобетонним шаром і не повинні призводити до утворення втомних тріщин, тому суцільність при деформації є головною конструктивною вимогою.

Епоксиасфальтобетон – міцна і гнучка поверхня, що ідеально підходить для ортотропних плит проїзної частини мосту. Однак, це ще не досить досліджений матеріал для широкого його застосування, оскільки він потребує особливої технології приготування та укладання.

Для наближення мети застосування епоксиасфальтобетонних покриттів на автодорожніх мостах було проведено ряд досліджень, а саме:

– дослідження впливу температури на швидкість затвердіання епоксидної смоли;
– дослідження щодо визначення оптимального підбору в’яжучого для виробництва епоксиасфальтобетонних сумішей;
– дослідження щодо встановлення життєздатності епоксив’яжучого з різним вмістом епоксискладових у бітумі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Під час виконання досліджень використовувались наступні матеріали:

– бітум нафтовий дорожній в’язкий марки БНД 60/90 виробництва Мозирського НПЗ;
– дизельне паливо;
– затверджувач епоксидної смоли ПЕПА;
– затверджувач епоксидної смоли Л 19;
– затверджувач епоксидної смоли І-6М;
– епоксидна смола LE 826.

Проведення досліджень виконувалось у три етапи.

Перший етап досліджень. На першому етапі було проведено дослідження впливу температури на швидкість затвердівання епоксидної смоли. Швидкість затвердівання оцінювали за значеннями динамічної в’язкості компаунду (суміш епоксидної смоли та затверджувача). Епоксидну смолу змішували з необхідною кількістю затверджувача (таблиця 1) за температури 25 °С, 40 °С та 60 °С протягом 5 хв та одразу розміщували у випробувальній камері ротаційного віскозиметру, розігрітій до температури випробування. Результати випробувань наведені на рисунках 1 – 3.

Таблиця 1 – Склади компаундів
Table 1 – Compound compositions

Позначення компаунду	Кількість епоксидної смоли, масових частин	Кількість затверджувача, масових частин
ПЕПА	100	10
Л 19	100	80
І-6М	150	100

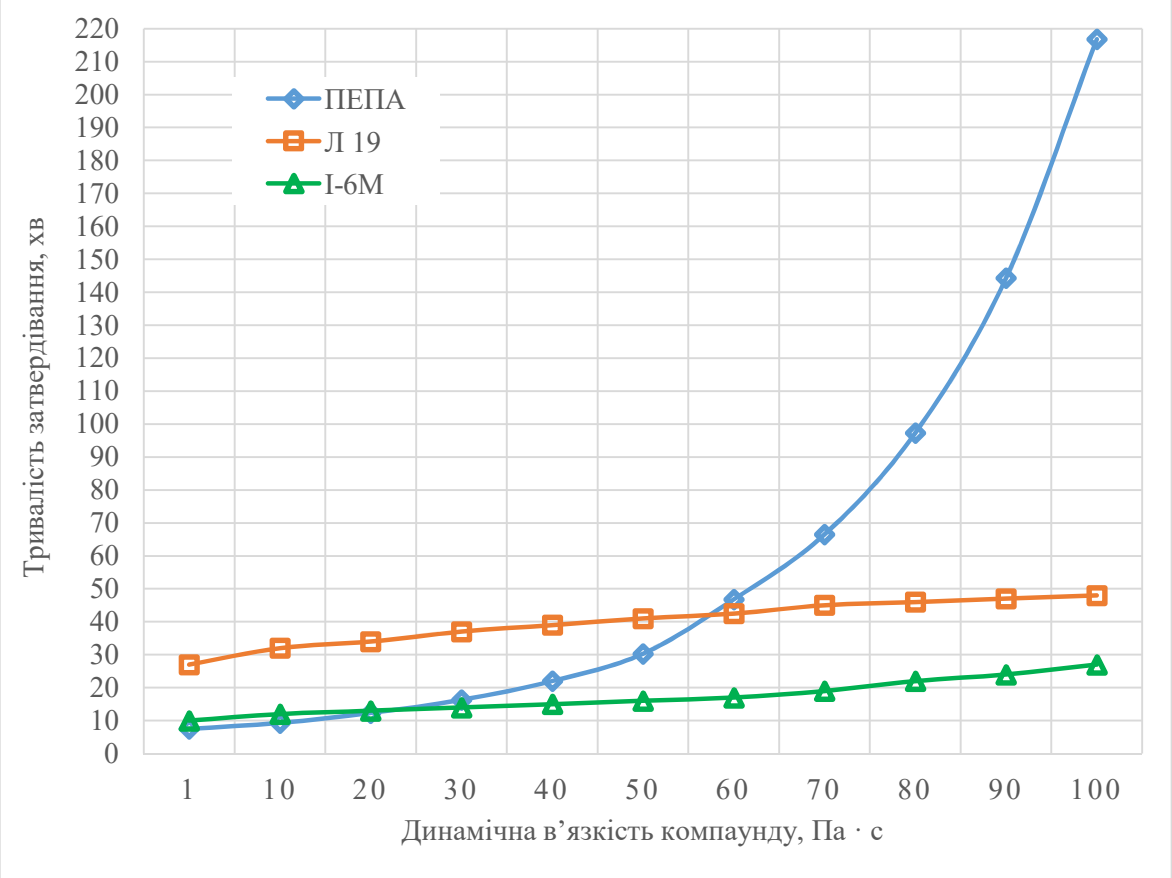


Рисунок 1 – Результати визначення динамічної в'язкості компаундів за температури 25 °С
Figure 1 – Results of determining the dynamic viscosity of compounds at a temperature of 25 °С

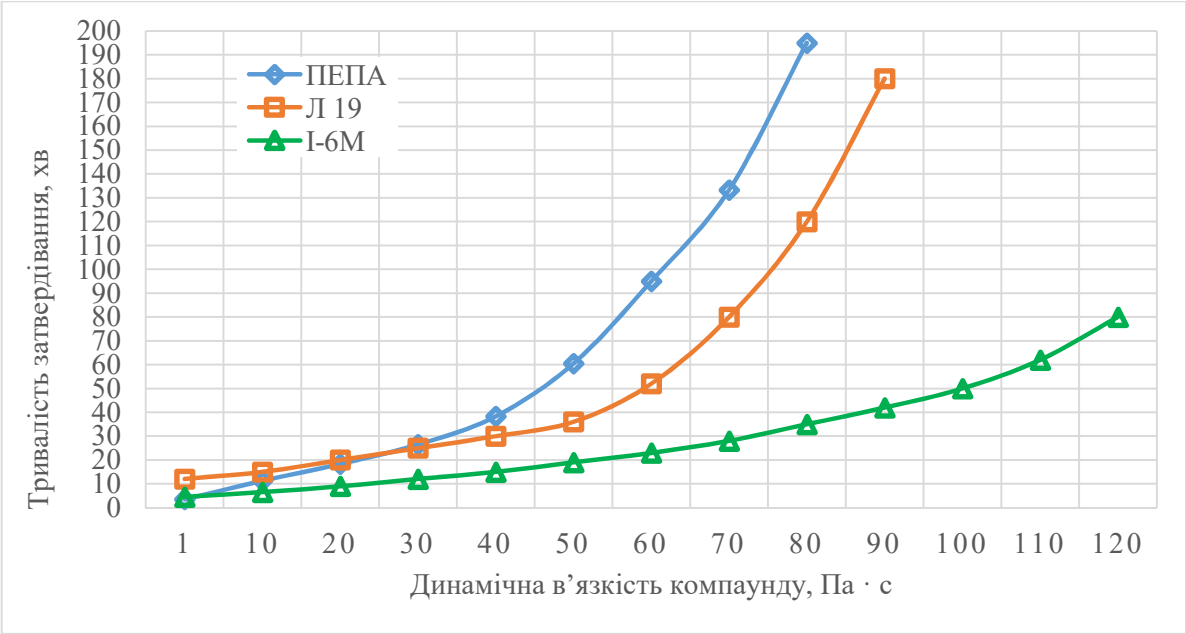


Рисунок 2 – Результати визначення динамічної в'язкості компаундів за температури 40 °С
Figure 2 – Results of determining the dynamic viscosity of compounds at a temperature of 40 °С

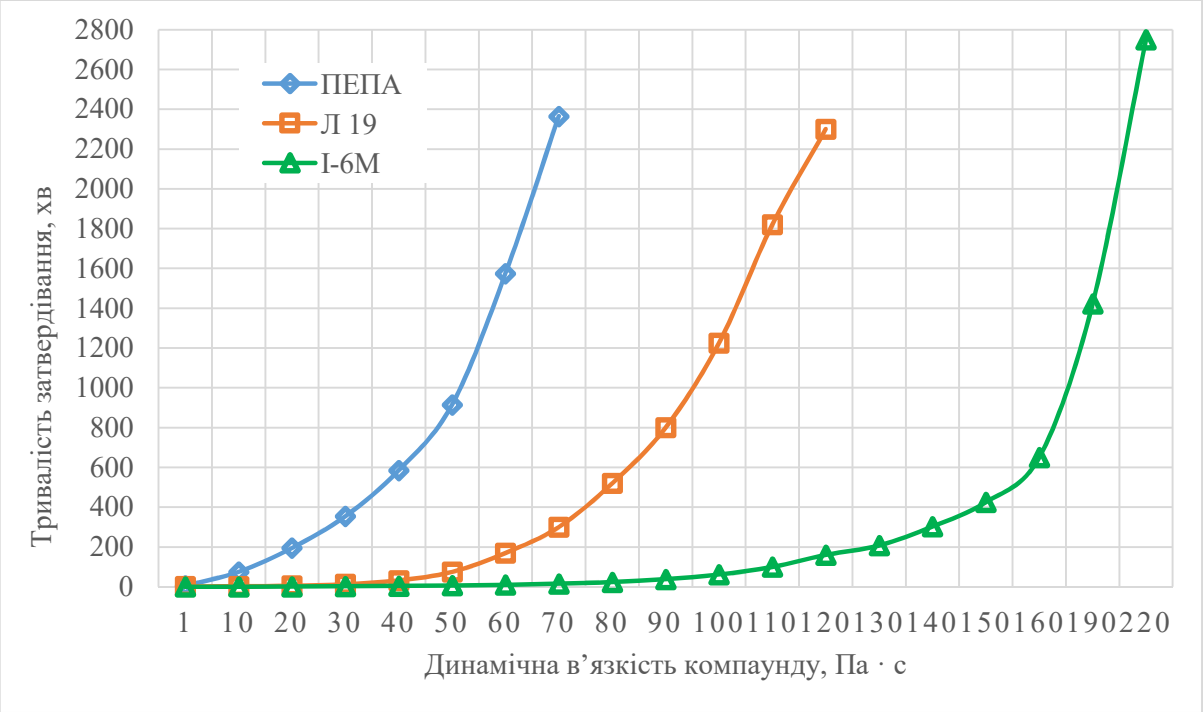


Рисунок 3 – Результати визначення динамічної в'язкості компаундів за температури 60 °С
Figure 3 – Results of determining the dynamic viscosity of compounds at a temperature of 60 °С

За температури 40 °С початкова в'язкість компаундів із затверджувачами ПЕПА та І-6М, як і за температури 25 °С, є меншою ніж компаунду із затверджувачем Л 19 (рисунок 2). При витримуванні усіх компаундів за температури 40 °С протягом 40 хв має місце поступове практично лінійне зростання в'язкості. При цьому, для компаунду із затверджувачем ПЕПА лінійність спостерігається до 40 хв затвердівання, із затверджувачем Л 19 – до 50 хв, а із затверджувачем І-6М – до 100 хв. Після вказаних проміжків часу відбувається стрімке зростання в'язкості. Так, якщо після 40 хв затвердівання компаунду із затверджувачем ПЕПА в'язкість зросла з 3,5 Па · с до 38,25 Па · с (на 34,8 Па · с), то після наступних 20 хв в'язкість зростає з 34,75 Па · с до 95 Па · с (на 60,3 Па · с), а після 40 хв (80 хв загального затвердівання) – до 195 Па · с (160,3 Па · с). Для компаунду із затверджувачем Л 19 має місце та ж тенденція зростання в'язкості. Найменшою інтенсивністю зростання в'язкості відзначається компаунд із затверджувачем І-6М. Однакова в'язкість з вищезазначеними компаундами досягається на 60 хв та 50 хв пізніше, тобто життєздатність такого компаунду є в два рази більшою.

За температури 60 °С починаючи з певного періоду затвердівання характер зміни в'язкості компаундів є практично однаковим. Найменшою початковою в'язкістю відзначається компаунд із затверджувачем І-6М. На відміну від попередніх випадків компаунд із затверджувачем ПЕПА має найбільшу початкову в'язкість, що може свідчити про практично миттєвий початок його затвердівання. Підтвердженням цьому може також бути відсутність лінійності зростання в'язкості при витримуванні цього компаунду за температури 60 °С. У порівнянні з компаундом, що містить ПЕПА, меншу інтенсивність зростання в'язкості має компаунд із затверджувачем Л 19. Це свідчить про його більшу життєздатність за температури 60 °С в порівнянні з першим компаундом. Практично в два рази більшу життєздатність, ніж компаунд з Л 19, має компаунд із затверджувачем І-6М. Так, після 60 хв затвердівання він має в 157 разів меншу в'язкість ніж компаунд із затверджувачем ПЕПА та у 17 разів – із затверджувачем Л 19.

Отже, за результатами визначення швидкості затвердівання компаундів встановлено, що найбільшою життєздатністю відзначається компаунд із затверджувачем І-6М.

Другий етап досліджень. Другий етап полягав у підборі в'яжучого для виробництва епоксиасфальтобетонних сумішей. Відомо, що максимальна в'язкість, за якої буде забезпечено якісне перемішування в'яжучого з кам'яним матеріалом, становить 0,5 Па · с (500 мПа · с). Саме температура досягнення в'яжучим в'язкості 500 мПа · с в Україні прийнята як мінімальна температура в'яжучого при перемішуванні з кам'яними матеріалами при виробництві асфальтобетонних сумішей.

Температура досягнення в'язкості 500 мПа · с бітумами нафтовими дорожніми в'язкими становить 130 °С і більше. Результати досліджень першого етапу дозволяють стверджувати, що введення епоксидного компаунду при такій температурі призведе до дуже швидкого його затвердівання. Тому виникає необхідність зниження в'язкості бітуму. Були досліджені в'яжучі, що вміщували 10 %, 20 % та 30 % розріджувача (дизельного палива). Результати визначення впливу дизельного палива на в'язкість бітуму наведено на рисунку 4.

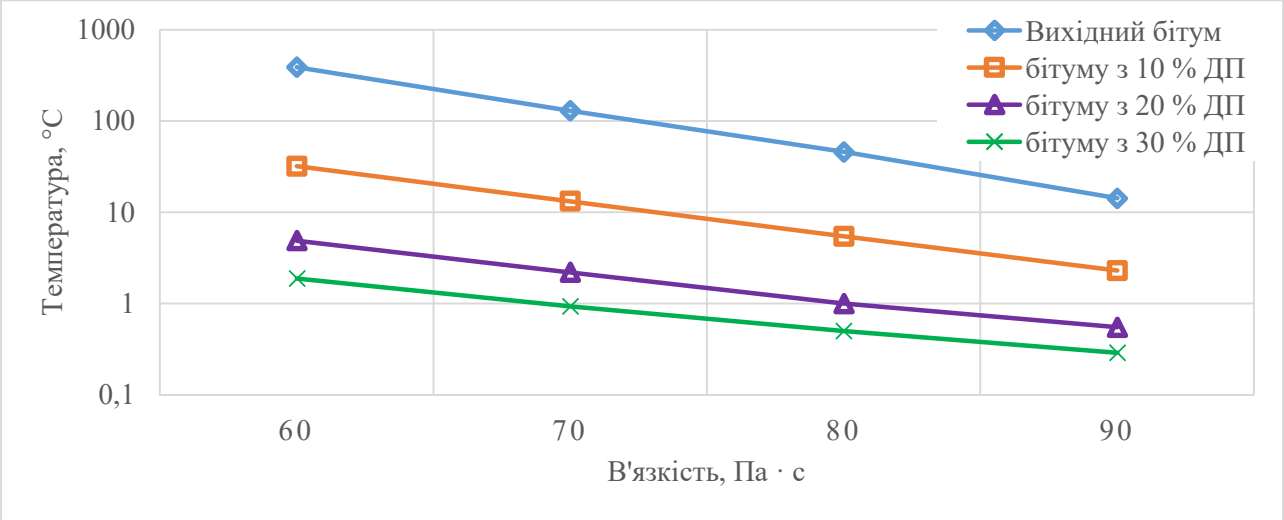


Рисунок 4 – Вплив дизельного палива на в'язкість бітуму
Figure 4 – Effect of diesel fuel on bitumen viscosity

При введенні в бітум 10 % ДП відбувається зниження динамічної в'язкості за всіх температур випробування. Так, в'язкість за температури 60 °С знижується в 12,2 рази, за температури 70 °С – в 10 раз, за температури 80 °С – в 8,4 рази, за температури 90 °С – в 6,2 рази. Тобто, із підвищенням температури вплив дизельного палива на в'язкість бітуму зменшується.

При введенні 20 % ДП в'язкість знижується в 80, 59, 46 та 26 разів, відповідно. В той же час при введенні 30 % ДП зниження в'язкості відбувається в 206, 140, 92 та 49 разів. Тобто встановлено, що чим більшим є вміст дизельного палива, тим нижчою є в'язкість отриманого в'яжучого. При вмісті дизельного палива в кількості 30 % вдалося досягти в'язкості в'яжучого 0,5 Па · с за температури 80 °С, саме це в'яжуче було прийнято для подальших досліджень. Цілком логічно, що при наступному збільшенні вмісту дизельного палива до 40 % або 50 % можна було б досягнути в'язкості 0,5 Па · с навіть за температури 70 °С, а можливо і за температури 60 °С.

Третій етап досліджень. Третій етап полягав у встановленні життєздатності епоксив'яжучого (суміші розрідженого бітуму, епоксидної смоли та затверджувача) з різним вмістом епоксискладових у бітумі. Як і на першому етапі роботи, життєздатність епоксив'яжучого оцінювали за значеннями його динамічної в'язкості.

Розріджений бітум нагрівали до робочої температури (80 °С) та вводили в нього затверджувач, після чого виконували їх перемішування. Епоксидну смолу вводили через 60 хв після введення затверджувача і перемішували епоксив'яжуче ще 10 хв, після чого в'яжуче одразу розміщували у випробувальній камері ротаційного віскозиметру, розігрітій до температури випробування (80 °С). Вміст епоксидної смоли у в'яжучому становив 5 %, 10 %, 20 % та 30 %. Співвідношення епоксидної смоли до затверджувача прийнято відповідно до таблиці 1. Результати випробувань наведені на рисунках 5 та 6.

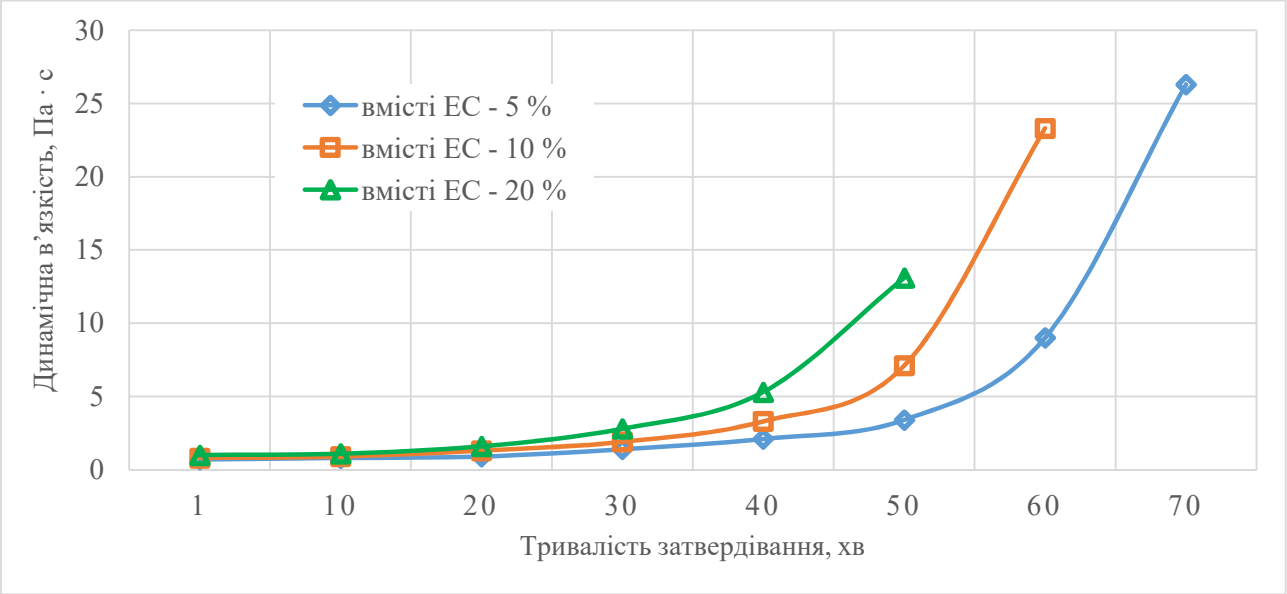


Рисунок 5 – Динамічна в'язкість епоксив'яжучого із затверджувачем Л 19 (t = 80 °С)
Figure 5 – Dynamic viscosity of epoxy binder with L 19 hardener (t = 80 °C)

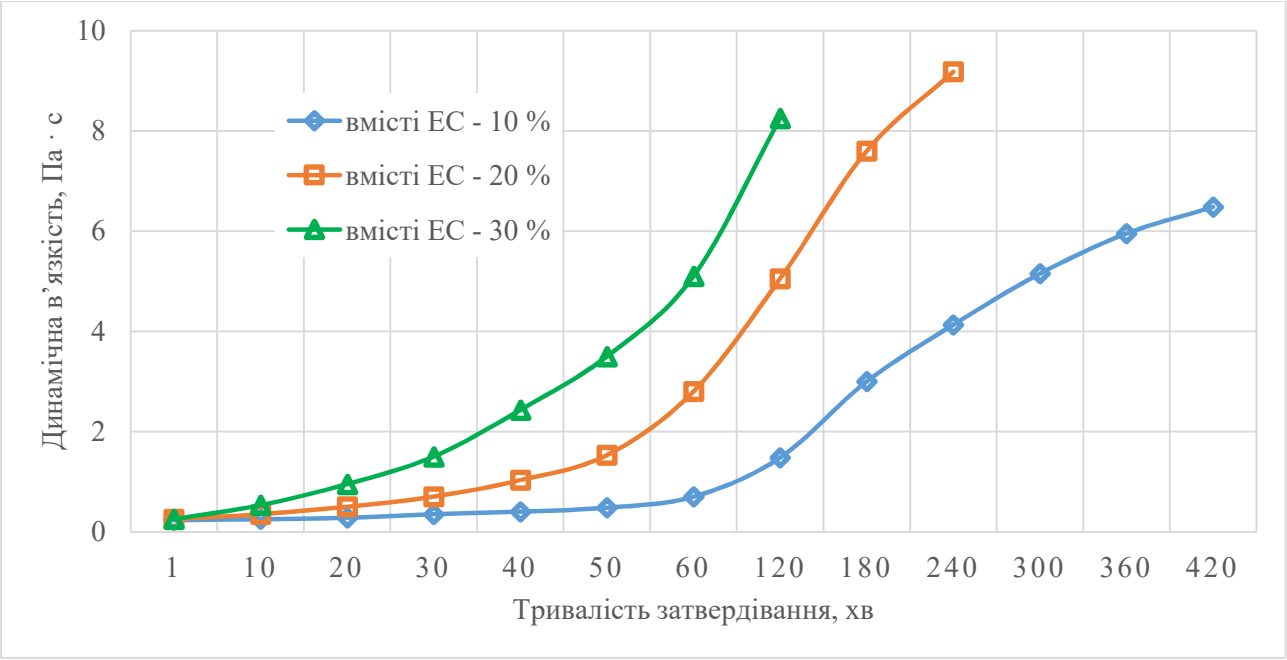


Рисунок 6 – Динамічна в'язкість епоксив'яжучого із затверджувачем І-6М (t = 80 °С)
Figure 6 – Dynamic viscosity of epoxy binder with I-6M hardener (t = 80 °C)

Розріджений бітум виконує роль пластифікатора і сповільнює швидкість затвердівання епоксидної смоли. Так, після 60 хв витримування компаунду за температури 60 °С в'язкість становить 170 Па · с, а після витримування епоксив'яжучого із затверджувачем Л 19 протягом того самого часу за температури 80 °С його в'язкість становить 9 Па · с, 23,25 Па · с та 157,5 Па · с.

Більшою життєздатністю відзначається епоксив'яжуче із затверджувачем І-6М, що проявляється в його меншій в'язкості після однакового часу затвердівання.

Для збільшення життєздатності епоксив'яжучого із затверджувачем Л 19 необхідно знизити температуру його виробництва за рахунок зменшення в'язкості розрідженого бітуму, тобто за рахунок збільшення вмісту дизельного палива.

Епоксив'яжучі із затверджувачем ПЕПА не вдалося отримати у зв'язку з практично моментальним їх затвердіванням.

Результати і пояснення. За результатами досліджень встановлено, що використання епоксискладовиху якості термореактивних модифікаторів бітуму з метою їх застосування при влаштуванні епоксиасфальтобетонних покриттів на автодорожніх мостах, потребує особливої уваги при виборі їх типу. Методика визначення впливу термореактивних модифікаторів на властивості бітумів базується на проведенні таких досліджень, як: дослідження впливу температури на швидкість затвердівання епоксидної смоли; дослідження щодо визначення оптимального підбору в'яжучого для виробництва епоксиасфальтобетонних сумішей; дослідження щодо встановлення життєздатності епоксив'яжучого з різним вмістом епоксискладових у бітумі. Отримані дані проведених досліджень дозволяють виконувати оптимальний підбір епоксиасфальтобетонних сумішей з урахуванням варіації температур та вмісту епоксискладових з метою досягнення найкращих їх технічних характеристик.

Перелік посилань

1. Онищенко А. М. Підвищення довговічності асфальтобетонних шарів за рахунок використання полімерних латексів: автореферат дис. … канд. тех. наук. Київ, 2008. 21 с. URL: https://u.to/xEIhFg (дата звернення: 05.02.2019).
2. Невінгловський В. Ф. Методи розрахунку залишкового ресурсу асфальтобетонного покриття на транспортних спорудах: автореферат дис. … канд. тех. наук. Київ, 2015. 20 с.
3. Peijun Xu, Peiliang Cong, Huan Ye, Shuanfa Chen. Modification of Epoxy Asphalt by Hyperbranched Polyester (Модифікація епоксидного асфальту гіперрозгалуженим поліестером). *Materials Science and Technology II*. Xi'an. 2013. Vol. 716. P. 379-382. URL: https://u.to/h9ktFg (дата звернення: 11.02.2019).
4. Кіщинський С. В., Копинець І. В. Звіт про науково-дослідну роботу «Провести дослідження та розробити енерго та ресурсозберігаючі технології влаштування довговічних дорожніх покриттів з використанням термореактивних модифікаторів асфальтобетону з епоксискладовою». Київ, 2018. 122 с.
5. Alabaster D., Herrington P.R., Waters J. Ultra long life low noise porous asphalt (Влаштування асфальтобетонних покриттів з низьким рівнем шуму). *The Journal of the Acoustical Society of America*. Hong Kong. 2012. Vol. 131, Issue 4. 131(4):3225. URL: https://u.to/7-EtFg (дата звернення: 15.02.2019).
6. Widyamoko R., Elliott C. Planning and testing of durable layers of road surface wear (Планування та випробування зносостійких шарів дорожнього покриття). Scott Wilson Nottingham Central Laboratories. Notingham, 2006. 12 p.
7. ДСТУ 4044-2001 Бітуми нафтові дорожні в'язкі. Технічні умови. Київ, 2001. 15 с. (Інформація та документація).
8. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови. Київ, 2012. 59 с. (Інформація та документація).
9. ДСТУ Б В.2.7-319:2016 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Методи випробувань. Київ, 2016. 64 с. (Інформація та документація).
10. СОУ 45.2-00018112-057:2010 Асфальтобетонні суміші та асфальтобетон на основі модифікованих полімерами бітумів. Київ, 2010. 15 с. (Інформація та документація).

INFLUENCE OF THERMOSETTING MODIFIERS ON THE PROPERTIES OF BITUMEN FOR THEIR APPLICATION AT THE ARRANGEMENT OF EPOXY ASPHALT PAVEMENTS ON ROAD BRIDGES

Zelenovsky Vladimir A., M.P. Shulgin State Road Research Institute State Enterprise (DerzhdorNDI SE), Researcher, e-mail: ukrdorndi@ukr.net, +380637727292, https://orcid.org/0000-0001-5834-5456.
Onyshchenko Artur M., National Transport University (NTU), Tekhn. Sciences, e-mail: artur_onish@bigmir.net, +380687771899, https://orcid.org/0000-0002-1040-4530.

Abstract. One of the mechanisms of the destruction of asphalt concrete pavement layers on bridges, especially with an orthotropic slab, is a large final deformation, which negatively affects the long-term operational performance of the entire bridge structure. Modification of the asphalt concrete mixture with epoxy components can be very relevant to eliminate the final deformation due to their thermoreactive nature. In this review, epoxy resin and its hardener are considered as the dominant component of the epoxy-asphalt concrete composite system, and based on the results of studies on determining the effect of temperature on the rate of hardening of epoxy resin, on the results of the selection of a binder for the production of epoxy-asphalt concrete

mixtures and establishing the viability of an epoxy binder with different contents of epoxy components in bitumen, this article discusses the methods and mechanism of its hardening.

The research mentioned in this description is also very useful from a practical point of view, because thanks to the obtained results of determining the viscosity of epoxy-asphalt concrete, depending on the amount of epoxy components in its composition, it is possible to determine the permissible time for its arrangement, taking into account possible features.

With the aim of using epoxy-asphalt concrete coatings on road bridges and thanks to the conducted studies, the influence of the introduction of epoxy components as thermosetting modifiers on the properties of bitumen was determined. The research methodology and the obtained results of already conducted research will allow to determine the possibility of using certain components for the preparation of epoxy-asphalt concrete mixtures and their viability. It will make it possible to make an optimal selection of the mixture, taking into account the variation of temperatures and the content of epoxy components. Key words: epoxy asphalt concrete, epoxy resin, coating on bridges, bitumen modification, bitumen properties, viability of modified bitumen.

Key words: epoxy asphalt, epoxy resin, pavement of road bridges, bitumen modification, bitumen properties, viability of modified bitumen.

References

1. Onyshchenko A. N. Increase of longevity of asphalt - concrete's layers for an account the use of polymeric latexes: dissertation for a scientific degree Candidate Engineering Sciences. Kyiv, 2008. 21 p. URL: https://u.to/xEIhFg (Last accessed: 05.02.2019). [in Ukrainian].

2. Nevinhlovs′kyy V. F. Metody rozrakhunku zalyshkovoho resursu asfal′tobetonnoho pokryttya na transportnykh sporudakh (Methods of calculation of residual resource of asphalt concrete cover on transport structures): dissertation for a scientific degree Candidate Engineering Sciences. Kyiv, 2015. 20 p. [in Ukrainian].

3. Peijun Xu, Peiliang Cong, Huan Ye, Shuanfa Chen. Modification of Epoxy Asphalt by Hyperbranched Polyester. *Materials Science and Technology II*. Xi'an. 2013. Vol. 716. P. 379-382. URL: https://u.to/h9ktFg (Last accessed: 11.02.2019). [in English].

4. Kishchinsky S. V., Kopinets I. V. Zvit pro naukovo-doslidnu robotu «Provesty doslidzhennya ta rozrobyty enerho ta resursozberihayuchi tekhnolohiyi vlashtuvannya dovhovichnykh dorozhnikh pokryttiv z vykorystannyam termoreaktyvnykh modyfikatoriv asfal′tobetonu z epoksyskladovoyu» (Conduct research and develop energy and resource-saving technologies for the construction of durable pavements using thermosetting epoxy concrete asphalt concrete modifiers). Kyiv, 2018. [in Ukrainian].

5. Alabaster D., Herrington P.R., Waters J. Ultra long life low noise porous asphalt. *The Journal of the Acoustical Society of America*. Hong Kong. 2012. Vol. 131, Issue 4. 131(4):3225. URL: https://u.to/7-EtFg (Last accessed: 15.02.2019). [in English].

6. Widyamoko R., Elliott C., Planning and testing of durable layers of road surface wear. Scott Wilson Nottingham Central Laboratories. Notingham, 2006. 12 p. [in English].

7. State Standard of Ukraine (DSTU 4044-2001) Bitumy naftovi dorozhni v″yazki. Tekhnichni umovy (Bitumens are oil road bindings. Specifications). Kyiv, 2001. 15 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

8. State Standard of Ukraine (DSTU B V.2.7-119:2011) Sumishi asfal′tobetonni i asfal′tobeton dorozhniy ta aerodromnyy. Tekhnichni umovy (Mixtures of asphalt and asphalt road and airfield. Specifications). Kyiv, 2012. 59 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

9. State Standard of Ukraine (DSTU B V.2.7-319:2016) Sumishi asfal′tobetonni i asfal′tobeton dorozhniy ta aerodromnyy. Metody vyprobuvan′ (Mixtures of asphalt and asphalt road and airfield. Test methods). Kyiv, 2016. 64 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

10. Standard of organization of Ukraine (SOU 45.2-00018112-057:2010) Asfal′tobetonni sumishi ta asfal′tobeton na osnovi modyfikovanykh polimeramy bitumiv (Asphalt mixes and asphalt concrete based on polymer modified bitumen). Kyiv, 2010. 15 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

УДК 656.11:625.7
UDC 656.11:625.7
DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-074-084

МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ РОБОТИ ДОРОЖНЬОГО ГОСПОДАРСТВА

ROAD MANAGEMENT FORECASTING MODELS



Кисельов Володимир Борисович, *доктор технічних наук, професор, Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського, професор кафедри загальноінженерних дисциплін та теплоенергетики, e-mail: kvbglush1953@gmail.com, тел. +380(67)465-7845,*

https://orcid.org/0000-0003-3437-2825



Кошарний Олександр Миколайович, *кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху, e-mail: o.kosharnyi@gmail.com, тел. +38(067)377-1861,*

https://orcid.org/0000-0002-5969-4858



Лановий Олександр Тимофійович, *доктор технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху, e-mail: al.lanovoy@gmail.com, +38(063)932-0341*

https://orcid.org/0000-0002-0717-9870

Анотація. Мережа автомобільних доріг загального користування має забезпечувати переміщення людей та обмін товарів і послуг шляхом надання рівномірного наземного доступу в різні місця, окрім того, забезпечувати безперервне, безпечне і зручне сполучення з належною суспільно-економічною ефективністю. Автомобільні дороги є суспільним продуктом, мають важливе значення, надаючи суспільству послугу, яка приносить суттєву вигоду.

Мережа автомобільних доріг є так називаною транспортною інфраструктурою. Інфраструктура в економічній системі – це сукупність елементів, що забезпечують безперебійне функціонування взаємозв'язків елементів системи. Отже інфраструктура, як підсистема, покликана забезпечити функціонування взаємозв'язків між елементами системи. У цьому полягає її основна функція, що, очевидно є пасивною. Крім функції, що забезпечує, інфраструктура одночасно має регулюючу функцію, упорядковуючи взаємодію елементів самої системи. Ця функція є активною.

Економічна оцінка вигод від задоволення об'єктивних потреб суспільства – ключова категорія орієнтації ринкової економіки на ефективний розвиток. Кількісним вимірювачем потреб і заходів, спрямованих на підвищення ефективності, є суспільна її складова. Отже суспільна сфера стає на один рівень з економічною. Цим може бути переборений невиправданий поділ ефективності на економічну й суспільну, їх протиставлення, що у дійсності має вузьке фінансове значення. У суспільно неефективній системі неможлива ефективна економічна політика.

Аналіз функціонування мережі автомобільних доріг дозволив уявити його як частину суспільно-економічної системи відтворення макропоказників функціонування економічної системи країни; це дозволяє розробити основу для створення ефективної системи прогнозування та управління функціонуванням і розвитком мережі автомобільних доріг. Зроблений синтез моделей прогнозування роботи дорожнього господарства дозволяє підтвердити гіпотезу про методологічну відповідність моделей функціонування мережі автомобільних доріг як на мікрорівні, так і на макрорівні функціонування, що надає можливість побудувати відповідну до вимог часу систему управління.

Зроблений синтез моделей прогнозування роботи дорожнього господарства.*У статті розглядаються* моделі прогнозування роботи дорожнього господарства, які дозволяють визначати необхідні загальні суспільні витрати на удосконалення функціонування мережі автомобільних доріг на підставі урахування попиту на рух автомобільними дорогами з боку їх користувачів, а також розробити принципи та критерії оптимізації ефективності функціонування мережі автомобільних доріг; доведено, що існує єдність і взаємозумовленість матеріально-речовинного і ціннісного (цінового, вартісного) аспектів розвитку мережі автомобільних доріг. Отримані моделі демонструють принцип суспільно-економічної ефективності – спільно враховуються рівноваги матеріальних і вартісних (ціннісних, цінових) потоків при функціонуванні мережі автомобільних доріг.

Ключові слова: мережа автомобільних доріг загального користування, транспортна система України, макрорівень функціонування економічної системи країни, ефективність функціонування, управління функціонуванням і розвитком мережі автомобільних доріг.

Вступ.

Метою функціонування мережі автомобільних доріг загального користування є забезпечення рівномірного наземного доступу в усі регіони країни, а також безпечного і надійного переміщення людей та транспортування вантажів із належною ефективністю. Автомобільні дороги є однією з підсистем транспортної системи України, яка, у свою чергу, є елементом економічної системи країни. Вони є суспільним продуктом, мають важливе значення, надаючи суспільству послугу, яка приносить йому суттєву вигоду. Постійне недофінансування призводить до так називаних «недоремонтів» доріг.

Мета і методи. Моделі функціонування мережі автомобільних доріг загального користування можна вважати областю оптимального прогнозування, що об’єднана загальною схемою синтезу таких моделей:

1) задача поточного розподілу заданої програми дорожнього господарства на рівні її підприємств, що утримують автомобільні дороги;

2) задача перспективного розвитку, що охоплює, зокрема, будівництво нових і реконструкцію існуючих автомобільних доріг та допоміжних виробництв (асфальтобетонні заводи, асфальтобетонні заводи, кар’єри).

При синтезі моделей оптимального прогнозування вихідними є:

- попит на продукцію дорожнього господарства по регіонах з боку автомобільного транспорту (попит на рух автомобільними дорогами, їх довжина, категорія, щільність мережі доріг та її транспортно-експлуатаційний стан, а також досягнення відповідного рівня безпеки та рівня зручності руху);
- можливі способи утримання автомобільних доріг у належному транспортно-експлуатаційному стані, що відповідає визначеним рівням безпеки руху та рівням зручності руху, а також варіанти поліпшення їх стану з урахуванням виробничих можливостей і спеціалізації організацій, що утримують ці дороги, собівартості виробництва, можливими розмірами ресурсного забезпечення з урахуванням вартості трудових, енергетичних, сировинних і водних ресурсів, наявності або відсутності альтернативної транспортної мережі та інших факторів;
- можливі трасування нових автомобільних доріг і характеристики нових підприємств з їхнього утримання, що охоплюють вищезазначені умови;
- можливі місця розміщення нових допоміжних виробництв.

У якості вихідних виступають інтенсивності режимів забезпечення попиту користувачів на рух у відповідних дорожніх умовах (потреби у перевезеннях вантажів і пасажирів автомобільними дорогами відповідної якості). При цьому, у залежності від конкретних умов завдання, інтенсивність способу (режиму) має виражати необхідність досягнення визначеної продуктивності автомобільної дороги.

Мета публікації. *Мета статті полягає в дослідженні впливу функціонування мережі автомобільних доріг на економічну систему суспільства, визначення напрямків ефективності макрорівня функціонування мережі автомобільних доріг, розробці* моделей прогнозування роботи дорожнього господарства.

Обєктом дослідження є підвищення ефективності функціонування мережі автомобільних доріг загального користування України через забезпечення умов безперервного, безпечного та зручного руху транспортних потоків. В роботі використані наступні методи: теорія складних систем; морфологічний, функціональний та інформаційний описи функціонування мережі автомобільних доріг

як підсистеми складної транспортної системи; математичне моделювання; імітаційне моделювання, а також теорії: транспортних потоків, автомобільних перевезень, інформації, управління, транспортно-експлуатаційних властивостей автомобільних доріг.

Результати та пояснення. Питанням функціонування мережі автомобільних доріг на економічну систему суспільства приділяли увагу вчена спільнота , зокрема в таких роботах [1 - 10]. У роботі [1] визначено чинники, які визначають втрати транзитних вантажопотоків та потребують вирішення на загальнодержавному рівні та корінного реформування транспортної сфери в цілому. Наведено потенційні можливості до залучення додаткових транзитних потоків. Розроблена методика до залучення додаткових транзитних потоків. У роботі [2] розроблено комплексний показник оцінки якості, який включає агреговані, блочні та одиничні критерії, дає змогу оцінити якість транспортного обслуговування. У роботі [3] запропоновано використання нових моделей, методів та алгоритмів для безперервного підвищення якості проектів, розроблених на основі міжнародних стандартів. У роботі [4] розроблена методика розміщення транзитного терміналу, яка забезпечує зниження транспортної роботи і підвищення ефективності при транзитних перевезеннях. Запропонована оцінка ресурсного забезпечення функціонування та необхідності розвитку мережі автомобільних доріг у транспортній системі регіону «Автомобільні дороги державного та місцевого значення – Національні та міжнародні транспортні потоки». У роботі [5] наведено методику проектного аналізу вибору проектів перевезення вантажів на проектно-орієнтованих підприємствах, основна діяльність яких зосереджена в галузі міжнародних перевезень, розроблена з урахуванням якості за критеріями. У роботі [6] розроблені рекомендації по подальшому розвитку інтеграції національних транспортно-логістичних кластерів в міжнародну транспортну систему з використанням міжнародних транспортних коридорів.

Розроблено модель прогнозування необхідних обсягів ресурсного забезпечення виконання дорожніх робіт на підставі визначеного попиту з боку користувачів автомобільних міжнародних транспортних коридорів. У роботі [7] розроблена модель N-крітеріальних оцінок прийняття оптимального рішення розроблена з урахуванням важливості набору критеріїв, якими визначається якість транспортного обслуговування як продукту проекту. Удосконалено N-модель прийняття оптимального рішення щодо важливості критеріїв з урахуванням експертної інформації. У роботі [8] запропоновані методи математичного програмування для проектування транзитних транспортних мереж. Розроблено метод формування системи управління функціонуванням і розвитком мережі автомобільних міжнародних транспортних коридорів на основі суспільно-економічного прогнозування у вигляді ієрархічної структури елементів та їх взаємозв'язків. У роботі [9] наведені різноманітні методи вирішення проблем побудови оптимальних маршрутів транспортних перевезень. Розроблено методологію визначення ефективності функціонування мережі автомобільних міжнародних транспортних коридорів. У роботі [10] надана характеристика різних видів транспортних систем, наведені основні напрями оптимізації транспортних систем без врахування проміжних транспортних пунктів.

Головною метою функціонування мережі автомобільних доріг є забезпечення переміщення людей та обміну товарів і послуг шляхом надання рівномірного наземного доступу в різні місця, а також забезпечення безперервного, безпечного і зручного сполучення з належною суспільно-економічною ефективністю. Автомобільні дороги є суспільним продуктом, мають важливе значення, надаючи суспільству послугу, яка приносить суттєву вигоду.

Визначення ефективності макрорівня функціонування мережі автомобільних доріг моделюється з позиції суспільства, коли уявлення базуються із суспільної точки зору (на макрорівні функціонування), на відміну від визначення, яке практикувалося дотепер, коли ці уявлення базувалися з позицій індивідуальної точки зору (на мікрорівні функціонування).

Загальна схема синтезу моделі функціонування дорожнього господарства

Нехай дорожнє господарство об'єднує $\boldsymbol{I}$ підприємств (автомобільних доріг загального користування разом із організаціями по їхньому утриманню), і на кожному підприємстві (автомобільній дорозі) можна реалізувати один або декілька n_j (j = 1, 2, …, I) заходів з утримання автомобільних доріг. Будемо вважати, що визначене поняття вагового коефіцієнта використання k-го заходу на j-й автомобільній дорозі як підприємстві (k = 1, 2, …, n_j). Якщо $\gamma_j^k = 0$, то захід (обсяг робіт) зовсім не використовується, а якщо $\gamma_j^k = 1$, то j-е підприємство працює тільки по k-му режиму. Таким чином:

$$\sum \gamma_j^k = 1; \quad \gamma_j^k \geq 0 \ (j = 1, 2, \ldots, I). \qquad (1)$$

Деякі заходи (обсяги робіт) можуть використовуватися з будь-яким коефіцієнтом, і тоді γ_j^k – безперервна величина з відрізка 0-1 (наприклад, при визначенні ефективності роботи автомобільної дороги). Інші заходи (обсяги робіт) можуть або цілком відхилятися ($\gamma_j^k = 0$), або цілком прийматися ($\gamma_j^k = 1$).

При складанні прогнозу необхідно також ураховувати балансові обмеження щодо роботи автомобільної дороги (пропозиції послуг щодо ефективного функціонування автомобільної дороги відповідно до визначеного рівня безпеки руху) та користування при визначеному рівні зручності (попиту користувачів на рух автомобільною дорогою при характеристиках дорожніх умов відповідної якості) за умови можливого ресурсного забезпечення. Об'єм (продуктивність дороги – інтенсивність руху) *i*-го продукту (i = 1, 2, …, N) на *j*-й автомобільній дорозі залежить від обсягів відповідних дорожніх робіт γ_j^k:

$$Y_{ij} = f_{ij}(\gamma_j^1, \gamma_j^2, \ldots, \gamma_j^{nj}). \quad (2)$$

Балансові обмеження для дорожнього господарства мають вигляд:

$$\sum Y_{ij} \geq Q_i, \quad (3)$$

де Q_i – попит користувачів на рух *i*-ю автомобільною дорогою, тобто попит на рух автомобільною дорогою у відповідних дорожніх умовах.

Припустимо, що прогнозом роботи дорожнього господарства називається сукупність величин γ, що задовольняє умовам (1) і (3), а також вимогам цілочисельності γ_j^k, якщо такі є. Задача оптимального прогнозування складається у знаходженні такого прогнозу розвитку серед усіх припустимих, який досягає екстремуму цільової функції $F(\gamma)$. Таку модель можна сприймати як статичну, так і як динамічну. В останньому випадку необхідно лише значення однієї й тієї ж величини в різні моменти часу розглядати як різні величини.

При проведенні практичних розрахунків необхідно задати в явному вигляді функції виду f_{ij} та F. Обчислювальні труднощі змушують у більшості випадків обмежитися найпростішими припущеннями про їхню структуру.

Модель функціонування дорожнього господарства може бути подана так:

$$\sum Y_{ij} = \sum q_{ij}^k \gamma_j^k \geq Q_i; \quad (4)$$

$$F(\gamma) = \sum S_j^k \gamma_j^k = extremum. \quad (5)$$

При цьому S_j^k можна інтерпретувати або як вигоду, або як взяті зі знаком «–» витрати для забезпечення роботи *j*-ї дороги по *k*-му заходу з одиничною інтенсивністю, а інтерпретація ресурсу q_{ij}^k залежить від конкретного характеру задачі.

При прогнозуванні в якості критерію оптимізації потрібно приймати або максимум загальної суспільної вигоди при наявності обмежень витрат на ресурсне забезпечення та заданих мінімальних рівнів зручності руху при користуванні мережею автомобільних доріг, або мінімум сумарних витрат при тих же обмеженнях.

Через те, що у деяких задачах є альтернатива між цими двома критеріями, а результати рішення можуть залежати від вибору цільової функції, корисним буде зупинитися на поняттях, що стосуються вибору критерію оптимальності в прогнозуванні роботи дорожнього господарства.

Як правило, моменти складання прогнозу та його реалізація відділені одне від одного значними інтервалами часу. Тому обмеження на дорожні витрати і рівень зручності руху, що підлягає задоволенню, на кінцевий суспільний продукт (відповідної якості дорожні умови), а також прогноз транспортної цінності руху можуть бути задані тільки з деякою достовірністю. При виборі критерію оптимізації варто керуватися порівняльною надійністю цих оцінок. Так, постановка задач мінімуму витрат доцільна при виконанні хоча б однієї з умов:

1) попит на рух автомобільною дорогою практично не залежить від транспортної цінності руху та обсягів ресурсного забезпечення дорожніх робіт і підлягає обов'язковому задоволенню;

2) значення транспортної цінності на рух автомобільною дорогою не може бути встановлене до моменту рішення задачі;

3) прогнози лімітів на ресурсне забезпечення менш надійні, ніж прогнози попиту на рух автомобільною дорогою.

Навпаки, задачу досягнення максимуму загальної суспільної вигоди доцільно ставити у таких випадках:

1) попит на рух автомобільною дорогою істотно залежить від транспортної цінності руху та обсягів ресурсного забезпечення дорожніх робіт;

2) потреба в дорожніх умовах, що відповідають потрібному рівню безпеки руху, не може бути повністю задоволена;

3) структура заходів (об'ємів дорожніх робіт) не може бути заздалегідь задана й підлягає визначенню в процесі рішення задачі.

У задачах перспективного прогнозування, зокрема, при розподілі бюджетного фінансування, необхідно ставити задачу оптимізації як динамічну. Причина цього не тільки й не стільки в зміні показників (4) і (5) за довготривалий прогнозований період, але й у тому, що моменти впровадження витрат на дорожні роботи (задоволення попиту транспортних потоків на дорожні умови, що відповідають потрібним рівням безпеки й зручності руху, та його фактичної реалізації) розділені значним часовим лагом.

Статична модель розвитку дорожнього господарства

Статична модель розвитку дорожнього господарства має застосовуватися, головним чином, в задачах поточного планування [11, 12]. Типовим відрізком поточного періоду варто вважати рік, перспективного прогнозованого періоду – більш тривалі періоди. Проте тривалість часового періоду не пояснює принципового розходження в задачах поточного планування та перспективного прогнозування. Основна їхня якісна відмінність пов'язана з тим, що в поточному (короткостроковому) періоді визначені розміри основних виробничих фондів. У той же час, всередині перспективного прогнозованого періоду можуть бути створені нові виробничі фонди. Тому розміри частки продукції дорожнього господарства у валовому внутрішньому продукті у цьому періоді істотно залежать від масштабів упровадження в дію тих або інших основних виробничих фондів (наприклад, введення у дію нової дороги).

Нехай, галузь – дорожнє господарство – складається з I підприємств, що утримують мережу автомобільних доріг загального користування. Стан кожної автомобільної дороги (а також її окремих ділянок) визначається вектором:

$$\gamma_j = \{\gamma_j^1, \gamma_j^2, ..., \gamma_j^{nj}\} \quad (j = 1,2,...,I),$$

$$\text{де} \qquad \sum_{j,k} \gamma_j^k \le 1; \qquad \gamma_j^k \ge 0.$$

Під γ_j^k розуміється коефіцієнт досягнення k-го рівня завантаження рухом j-ї ділянки наприклад, частку часу, яку j-а ділянка автомобільної дороги працює при k-му рівні завантаження рухом. Тоді $\sum \gamma_j^k \le 1$ виступає як обмеження на завантаження автомобільної дороги рухом у часі.

Інший вид обмежень, що є у моделі, – балансові обмеження. Дорожнє господарство як галузь споживає різноманітні ресурси і виробляє різну продукцію. Для упорядкування балансових обмежень зручно буде їх розділити на дві групи.

До першої групи відноситься продукція, що не виробляється жодним підприємством дорожнього господарства, у жодному з можливих режимів, але споживаються у виробництві окремими підприємствами. Це зовнішні ресурси: сировина, паливо, енергія, різноманітні види праці, продукція, що вироблена іншими галузями економіки, а також фінансові ресурси. Балансові обмеження по кожному виду зовнішніх ресурсів варто обчислювати в цілому по дорожньому господарству. Що стосується такого ресурсу як фінансування, то свобода в його розподілі між окремими підприємствами галузі, що обслуговують окремі автомобільні дороги у границях обмеженого загального ліміту, стає визначальною при побудові оптимального прогнозу.

Позначимо витрати i-го виду зовнішнього ресурсу при роботі j-ї автомобільної дороги при k-му рівні завантаження рухом з одиничною інтенсивністю через $q_{ij}^k (q_{ij}^k > 0)$, а наявна кількість цього виду ресурсів через Q_i. Тоді балансове обмеження в повній відповідності до загальної схеми (не враховуючи зміни знака нерівності) має вигляд:

$$\sum_{j,k} \gamma_j^k q_{ij}^k \le Q_i \ (i = 1,2,..., \ N) \tag{6}$$

Друга група складається з продукції, що вироблена підприємствами дорожнього господарства. У найпростішому випадку метою пропозиції є задоволення попиту інших галузей економіки та окремих користувачів автомобільних доріг. При цьому балансові обмеження мають загальний вигляд. Структуру внутрішньогосподарчого споживання прийнято характеризувати так званою технологічною матрицею. Елементи цієї матриці $a^k_{ll'j}$, відповідають витратам l-го ресурсу при виробництві l'-го продукту на j-му підприємстві в k-му режимі роботи. З урахуванням внутрішньогосподарчого споживання балансові обмеження вже не будуть мати настільки ж простого вигляду. По-перше, ускладниться вигляд їхньої правої частини: необхідно буде розрізняти позагосподарче та внутрішньогосподарче споживання. По-друге, необхідно складати балансові рівняння по кожному підприємству одночасно, тобто число обмежень істотно зростає.

Позначимо через y_{lj}^k випуск l-го продукту j-м підприємством, що працює по k-му режиму. Тоді сумарний випуск цього продукту j-м підприємством:

$$\sum_{j,k}^{n_j} y_{li}^k \gamma_j^k = Y_{lj}. \tag{7}$$

Продукція, що виробляється, витрачається на позагосподарче та внутрішньо-господарче споживання. Позначимо через $T_{ljj`}$ об'єм поставок l-го продукту від j-го підприємства j'-му, а через Y_{ljm} – обсяг поставок тієї ж продукції від j-го підприємства m-му позагосподарчому споживачу. Тоді балансове рівняння має вигляд:

$$\sum_{j,k}^{n_j} y_{li}^k \gamma_j^k = \sum_{j`}^{l} T_{ljj`} + \sum_{m=1}^{M} Y_{ljm}. \tag{8}$$

Підрахуємо тепер потребу j-го підприємства в l-му виді продукції, користуючись технологічною матрицею. Легко бачити , що ця потреба складає:

$$\sum_{l`}^{L} \sum_{k=1}^{n_j} a^k_{ll`j} y^k_{l`j} \gamma^k_j, \tag{9}$$

а покриватися вона повинна за рахунок внутрішньогосподарчих постачань:

$$\sum_{k=1}^{n_j} a^k_{ll`j} y^k_{l`j} \gamma^k_j = \sum_{j`}^{l} T_{ljj`}. \tag{10}$$

Повернемося ще раз до балансу зовнішніх ресурсів. Часто буває зручно характеризувати витрати цих ресурсів такою само технологічною матрицею, як матриця внутрішньогосподарчого споживання. Нехай a^k_{ilj} – витрати i-го ресурсу на виробництво l-го продукту на j-му підприємстві, що працює в k-му режимі. Тоді нерівність (6) можна записати у вигляді:

$$\sum_{ljk} a^k_{ll`j} y^k_{l`j} \gamma^k_j = Q_i. \tag{11}$$

Легко побачити, що:

$$q^k_{ij} = \sum_{l} a^k_{ilj} y^k_{ilj}. \tag{12}$$

Нарешті, є ще обмеження за позагосподарчим споживанням (попитом) продукції дорожнього господарства. У поставленій задачі під *m* слід розуміти позагосподарчих користувачів (загальний об'єм дорожнього руху на одиницю довжини мережі автомобільних доріг, наприклад, 1 км). При цьому необхідний об'єм руху може бути обмежений як знизу (попит мінімальний, щоб покрити усі витрати пропозиції – утримуваної мережі автомобільних доріг) або зверху (максимальна пропускна здатність цієї мережі), так і по обидва боки одночасно. Таким чином, балансові умови користування мережею автомобільних доріг матимуть вигляд:

$$Y_{lm}^{\min} \le \sum_{j} Y_{ljm} \le Y_{lm}^{\max} \tag{13}$$

де Y_{ljm}, Y_{lm}^{min}, Y_{lm}^{max} – відповідно фіксований, мінімальний та максимальний попит на рух *l*-ю ланкою мережі автомобільних доріг із боку *m*-го користувача мережі.

Побудуємо цільову функцію. Нехай S_{jl}^{k} – витрати на утримання одиниці *l*-ї ланки мережі доріг *j*-м підприємством дорожнього господарства, що працює в *k*-му режимі. Тоді сумарні виробничі витрати складуть:

$$S_{витр} = \sum_{j,k,l} S_{jl}^{k} q_{jl}^{k} \gamma_{j}^{k}. \tag{14}$$

Сумарні додаткові витрати на забезпечення безпеки та організацію дорожнього руху складуть:

$$S_{дод} = \sum_{j,j`,l} V_{jj`}^{l} T_{jj`l} + \sum_{j,m,l} V_{jm}^{l} Y_{ljm}. \tag{15}$$

де $V_{jj`}^{l}$ – витрати на забезпечення безпеки руху;

V_{jm}^{l} – витрати на організацію зручного дорожнього руху (надання у користування *l*-ї ланки мережі від *j*-го підприємства з урахуванням потреб *m*-го користувача доріг).

Загальні суспільні доходи дорожнього господарства *Д* через необхідні розміри оподаткування, а з урахуванням останнього – обсяги фінансування мережі автомобільних доріг користувачами одиниці *l*-ї ланки цієї мережі p_l складуть:

$$Д = \sum_{j,m,l} p_l Y_{ljm}. \tag{16}$$

Таким чином, при постановці задачі на мінімум витрат, цільова функція для дорожнього господарства:

$$F(\gamma) = S = \sum_{j,k,l} S_{jl}^{k} q_{jl}^{k} \gamma_{j}^{k} + \sum_{j,j`,l} V_{jj`}^{l} T_{jj`l} + \sum_{j,m,l} V_{jm}^{l} Y_{ljm} \to \min,$$

а при постановці задачі на досягнення загальної суспільної вигоди, цільова функція матиме вигляд:

$$F(\gamma) = \sum_{j,m,l} p_l Y_{ljm} - S \to \max. \tag{17}$$

Динамічна модель розвитку дорожнього господарства

Моделі оптимального перспективного прогнозування розвитку дорожнього господарства за своєю суттю є динамічними [11, 12]. Особливість динамічної моделі – врахування часу на будівництво автомобільної дороги. Витрати на будівництво здійснюються протягом тривалого часу, причому у визначеній послідовності. У динамічній моделі для перспективного прогнозу величини створення основних виробничих фондів і моменту початку їх створення визначаються лише в результаті розрахунку, у зв'язку з чим час створення основних виробничих фондів кожного виду та витрати на

будівництво повинні бути передбачені в умовах задачі. Тому до показників моделі необхідно включити нормативи витрат у кожному поточному відрізку прогнозованого періоду на одиницю основних виробничих фондів (наприклад, на 1 км дороги), що мають бути визначені будівництвом у кожному з інтервалів цього періоду.

Можна вважати, що витрати на одиницю основних виробничих фондів існують і після закінчення будівництва, маючи на увазі постійні витрати, що не залежать від значень інтенсивності руху, витрат на ремонти, на ліквідацію зношеного обладнання.

Кожний проект будівництва або реконструкції передбачає суворо визначене збільшення одного або декількох видів потужностей. Щоб перейти від проекту до варіанта розвитку, варто зазначити терміни закінчення будівництва й освоєння потужностей, що вводяться. Таким чином, варіанти розвитку можуть різнитися, наприклад, лише термінами їхнього здійснення. Кожний можливий варіант можна характеризувати розмірами y^k_{ij} в усі роки прогнозованого періоду. Нехай є β_j варіантів розвитку j-ї ланки мережі автомобільних доріг. Коефіцієнт використання кожного варіанта позначимо μ_j^β (1, 2, …, β_j), щоб відрізняти їх від величин γ, уведених раніше. Потрібно вважати, що кожний варіант має бути або прийнятий, або заперечений повністю, тобто перемінні μ_j^β повинні бути цілочисельними:

$$\mu_j^\beta = \begin{cases} 1, \text{ якщо } \beta - \text{й варіант розвитку;} \\ 0 - \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

β-й варіант розвитку j-ї ланки мережі автомобільних доріг характеризується набором величин $\Delta y_{ij}^{k\beta}(\tau)$ – приростами величин від початку прогнозованого періоду ($\tau = 0$) до року τ.

Отже, у рік τ маємо:

$$y_{ij}^k(\tau) = y_{ij}^k(0) + \sum_\beta \Delta y_{ij}^{k\beta}(\tau)\mu_j^\beta. \tag{18}$$

Фіксування варіанта розвитку (тобто значень розмірів μ_j^β) для кожної ланки мережі доріг цілком визначає множину виробничих можливостей для всіх років прогнозованого періоду. Вибір визначеного варіанта розвитку для кожної ланки мережі будемо називати прогнозом розвитку мережі автомобільних доріг. Щоб порівняти різноманітні прогнози розвитку, необхідно для кожного з них вирішити задачу оптимального розподілу виробничої програми на всі роки прогнозованого періоду. Іншими словами, необхідно вирішити загальну задачу – вибрати варіанти розвитку та розподілити виробничі програми по роках прогнозованого періоду.

Балансові обмеження моделі.

$$\sum_{k=1}^{n_j} \gamma_j^k(\tau) \le 1; \qquad \gamma_j^k(\tau) \ge 0 \qquad (j = 1,2,...,I);$$

$$\gamma_{ij}^k(\tau) = \gamma_{ij}^k(0) + \sum_\beta \Delta\gamma_{ij}^{k\beta}(\tau)\mu_j^\beta. \tag{19}$$

$$(\tau = 1,2,...,T; \quad \beta = 1,2,...,B_j); \quad \sum \mu_j^\beta = 1; \quad \mu_j^\beta = 0 \quad \text{або} \quad 1.$$

Баланс зовнішніх ресурсів на кожний рік прогнозного періоду:

$$\sum_{ljk} a_{ilj}^k \gamma_{ij}^{k\beta}(\tau)\gamma_j^k = Q_i(\tau). \tag{20}$$

У даній моделі необхідно враховувати обмеження на загальний обсяг інвестицій, пов’язаних із створенням нових виробничих потужностей:

$$\sum_{j,\beta} \varphi_j^\beta(\tau)\mu_i^\beta \le G(\tau). \tag{21}$$

де $G(\tau)$ – обмеження обсягів інвестицій на рік τ.

Рівняння балансу випуску продукції на кожний рік:

$$\sum_{k} y_{li}^{k}(\tau)\gamma_{j}^{k}(\tau) = \sum_{j`} T_{ljj`}(\tau) + \sum_{m} Y_{ljm}(\tau). \quad (22)$$

$$\sum_{l`,k} a_{ll`j}^{k} y_{lj}^{k}(\tau)\gamma_{j}^{k}(\tau) = \sum_{j`} T_{lj`j}(\tau). \quad (23)$$

Нарешті, обмеження по задоволенню попиту на користування дорогами:

$$\sum_{j=0}^{I} Y_{ljm}(\tau) = Y_{lm}(\tau). \quad (24)$$

Критерієм оптимальності необхідно прийняти максимум загальних суспільних вигод за весь прогнозний період. При цьому, при розрахунку витрат необхідним є урахування можливої залежності витрат як від часу, так і від варіанта розвитку мережі автомобільних доріг. Потрібні при цьому інвестиції повинні бути включені у відповідну величину φ_j^{β}.

Очевидно, кількість обмежень і перемінних може виявитися настільки великою, що використання її в такій задачі для безпосереднього обчислення в розрахунках у єдиній моделі є практично нездійсненним.

Висновки та рекомендації

Ефективність функціонування мережі автомобільних доріг загального користування як складової економічної системи суспільства визначається на наступних засадах.

Оцінка ефективності функціонування мережі автомобільних доріг загального користування як складової економічної системи суспільства надає можливість регулювання державою процесів необхідного рівня ресурсного забезпечення дорожніх робіт і формування транспортного попиту на користування автомобільними дорогами. Ці послуги є суспільно необхідними й надаються на умовах обмеженої (регульованої) монополії.

Принципи визначення ефективності функціонування мережі автомобільних доріг як складової економічної системи суспільства:

– функціонування мережі автомобільних доріг як системи відноситься до макрорівня аналізу через те, що вона є однією з підсистем транспортної системи країни, яка, у свою чергу, є підсистемою економічної системи держави;

– мережа автомобільних доріг відноситься до транспортної інфраструктури економічної системи країни;

– функціонування мережі автомобільних доріг має отримувати суспільно-економічну оцінку вигод від задоволення об'єктивних потреб суспільства – як ключової категорії орієнтації ринкової економіки на ефективний розвиток.

Оцінка ефективності макрорівня функціонування мережі автомобільних доріг є обґрунтованою, якщо всі її чотири функції (вимірювальна, стимулююча, розподільча, балансова) урівноважені.

Визначення ефективності макрорівня функціонування мережі автомобільних доріг моделюється з позиції суспільства, коли уявлення базуються із суспільної точки зору (на макрорівні функціонування), на відміну від визначення, яке практикувалося дотепер, коли ці уявлення базувалися з позицій індивідуальної точки зору (на мікрорівні функціонування).

Розроблені моделі прогнозування роботи дорожнього господарства дозволяють визначати необхідні загальні суспільні витрати на удосконалення функціонування мережі автомобільних доріг на підставі урахування попиту на рух автомобільними дорогами з боку їх користувачів, а також розробити принципи та критерії оптимізації ефективності функціонування мережі автомобільних доріг;

Зроблений синтез моделей прогнозування роботи дорожнього господарства дозволяє підтвердити гіпотезу про методологічну відповідність моделей функціонування мережі автомобільних доріг як на мікрорівні, так і на макрорівні функціонування, що надає можливість побудувати відповідну до вимог часу систему управління;

Доведено, що існує єдність і взаємозумовленість матеріально-речовинного і ціннісного (цінового, вартісного) аспектів розвитку мережі автомобільних доріг. Отримана модель демонструє принцип суспільно-економічної ефективності – спільно враховує рівноваги матеріальних і вартісних (ціннісних, цінових) потоків при функціонуванні мережі автомобільних доріг.

Перелік посилань

1.Мазуренко О.О. Перспективи подальшого розвитку міжнародних транспортних коридорів України / Мазуренко О.О. , Кудряшов А.В. // Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2016. – 2. – С.25-30.

2.Концева В.В. До питання вибору магістралей для аналізу транспортних потоків // В.В. Концева, Т.В. Макарова // Зб. наук. праць ДААТ. – 2015. – № 4. – С. 8–12.

3.Прейгер Д. К., Реалізація потенціалу транспортної інфраструктури України в стратегії посткризового економічного розвитку // Д. К. Прейгер, О. В. Собкевич, О. Ю. Ємельянова – К.: НІСД. – 2014. – С. 37-40.

4.Чернявська Т. А. Стратегічні напрями розвитку транспортно-комунікативної системи України в контексті забезпечення національної безпеки і самодостатності / Т. Чернявська // Вісн. Нац. гірн. ун-ту. – 2015. – № 3. – С. 68–76

5.Брагінський В. В. Розвиток транспортно-логістичної системи як форма реалізації транзитного потенціалу України / В. В. Брагінський // Державне управління: теорія і практика. – 2014. – № 2 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http: // www .academy. gov.ua/ej/ej14/index.htm.

6.Михайличенко К. М. Відновлення транзитного потенціалу як чинник підвищення конкурентоспроможності України/ К. Михайличенко// Стратегічні пріоритети.– 2015.– № 4.– С. 59–65.

7.Механізми ефективного використання та розвитку потенціалу транспортно-дорожнього комплексу України: аналіт. доп./ О.В. Собкевич, К.М. Михайличенко, О.Ю. Ємельянова. – К.: НІСД, 2014. – 60 с.

8.Cancela, H. Mathematical programming formulations for transit network design [Text] / H. Cancela, M. Mauttone, E. María // Transportation Research. – Part B: Methodological. –V.77. – 2015. – P. 17–37.

9.Sungs, S. Various Method to Solve the Optimality for the Transportation Problem [Text] / S. Sungs, G. C. Dubey, R. Shrivastava // Statistical Mechanics and its Applications. – V.12. – 2016. – P. 161-169.

10. Teodorovic, D. (2016). Transportation Systems. [Text] / D. Teodorovic, M. Janic // Transportation Engineering. – 2016. – N2. – P. 5–62.

11.Кобринский Н. Е. Введение в экономическую кибернетику. Уч. пособ. / [Кобринский Н. Е., Майминас Е. З., Смирнов А. Д.] – М. : «Экономика», 1975. – 343 с.

12.Петраков Н. Я. Кибернетические проблемы управления экономикой / Петраков Н.Я. – М. : «Наука», 1974.

ROAD MANAGEMENT FORECASTING MODELS

Kiselyov Volodymyr B., Doctor of Technical Sciences, Professor, Tavriya National University named after VI Vernadsky, Professor of the Department of General Engineering Disciplines and Heat Power Engineering, e-mail: al.lanovoy@gmail.com, tel. +380674657845, https://orcid.org/0000-0003-3437-2825

Kosharnyi Oleksandr M., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of the Department of Transport Systems and Road Safety, e-mail: o.kosharnyi@gmail.com, tel. +380673771861,https://orcid.org/ 0000-0002-5969-4858

Lanovyi Oleksandr T., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, National Transport University, Professor of the Department of Transport Systems and Road Safety, e-mail: al.lanovoy@gmail.com, tel. +380639320341, https://orcid.org/ 0000-0002-0717-9870

Abstract. The network of public roads should ensure the movement of people and the exchange of goods and services by providing uniform land access to different places, in addition to ensuring continuous, safe and convenient connections with appropriate socio-economic efficiency. Highways are a public product, important in providing a service to society that brings significant benefits.

The road network is the so-called transport infrastructure. The infrastructure in the economic system is a set of elements that ensure the smooth operation of the relationships of the elements of the system. Thus, the infrastructure, as a subsystem, is designed to ensure the functioning of the relationships between the elements of the system. This is its main function, which is obviously passive. In addition to the function it provides, the infrastructure also has a regulatory function, streamlining the interaction of elements of the system itself. This feature is active.

Economic evaluation of the benefits of meeting the objective needs of society is a key category of market economy orientation towards effective development. The social component is a quantitative measure of needs and measures aimed at improving efficiency. Thus, the social sphere becomes on a par with the economic one.

This can overcome the unjustified division of efficiency into economic and social, their opposition, which in fact has a narrow financial significance. In a socially inefficient system, an effective economic policy is impossible.

Analysis of the functioning of the road network allowed to present it as part of the socio-economic system of reproduction of macro indicators of the functioning of the economic system of the country; this allows us to develop a basis for creating an effective system for forecasting and managing the operation and development of the road network. The synthesis of road forecasting models confirms the hypothesis of methodological compliance of road network operation models both at the micro and macro levels, which makes it possible to build a time-appropriate management system. The article considers the models of forecasting the work of the road sector. efficiency of functioning of the road network; it is proved that there is a unity and interdependence of material and value (price, cost) aspects of the development of the road network. The obtained models demonstrate the principle of socio-economic efficiency - the balances of material and value (value, price) flows are taken into account in the functioning of the road network.

Key words: network of public highways, transport system of Ukraine, macro level of functioning of the economic system of the country, efficiency of functioning, management of functioning and development of the network of highways.

References

1. Mazurenko,O.O., Kudryashov,A.V.(2016). Perspektyvy podalshoho rozvytku mizhnarodnykh transportnykh korydoriv Ukrainy (Prospects for further development of international transport corridors of Ukraine) Collection of scientific works of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport, 2. 2016. 25-30. [in Ukrainian].

2. Kontseva, V.V., Makarova, T.V. (2015). Do pytannia vyboru mahistralei dlia analizu transportnykh potokiv (On the choice of highways for the analysis of traffic flows). Coll. Science. against the DAAT. 2015. № 4. 8–12. [in Ukrainian].

3. Preiger, D.K., Sobkevich, O.V., Emelyanova, O.Yu.(2014). Realizatsiia potentsialu transportnoi infrastruktury Ukrainy v stratehii postkryzovoho ekonomichnoho rozvytku (Realization of the potential of transport infrastructure of Ukraine in the strategy of post-crisis economic development). K .: NISS. 2014. 37-40. [in Ukrainian].

4. Chernyavska, T.A. (2015). Stratehichni napriamy rozvytku transportno-komunikatyvnoi systemy Ukrainy v konteksti zabezpechennia natsionalnoi bezpeky i samodostatnosti (Strategic directions of development of transport and communication system of Ukraine in the context of ensuring national security and self-sufficiency). Visn. Nat. horn. un-tu. 2015. № 3. 68–76. [in Ukrainian].

5. Braginsky, V.V. (2014). Rozvytok transportno-lohistychnoi systemy yak forma realizatsii tranzytnoho potentsialu Ukrainy (Development of transport and logistics system as a form of realization of transit potential of Ukraine). Public administration: theory and practice. - 2014. - № 2 [Electronic resource]. - Access mode: http: // www .academy. gov.ua/ej/ej14/index.htm. [in Ukrainian].

6. Mykhailychenko, K.M.(2015). Vidnovlennia tranzytnoho potentsialu yak chynnyk pidvyshchennia konkurentospromozhnosti Ukrainy (Restoration of transit potential as a factor in increasing the competitiveness of Ukraine). Strategic priorities. 2015. № 4. 59–65. [in Ukrainian].

7. Sobkevich,O.V., Mikhaylichenko, K.M., Yemelyanova, K.M. (2014). Mekhanizmy efektyvnoho vykorystannia ta rozvytku potentsialu transportno-dorozhnoho kompleksu Ukrainy (Mechanisms of effective use and development of the potential of the transport and road complex of Ukraine). analyst.dop. K .: НІСД, 2014. 60. [in Ukrainian].

8. Cancela, H., Mauttone, M., María E. (2015). Mathematical programming formulations for transit network design // Transportation Research. Part B: Methodological. V.77. 2015. 17–37. [in English].

9. Sungs, S. , Dubey, C. , Shrivastava R. (2016). Various Method to Solve the Optimality for the Transportation Problem / S. Sungs, G. // Statistical Mechanics and its Applications. V.12. 2016.161-169. [in English].

10. Teodorovic, D. (2016). Transportation Systems / D. Teodorovic, M. Janic // Transportation Engineering. 2016. - N2. 5–62. [in English].

11. Kobrinsky, N.E., Maiminas, E.Z., Smirnov, A.D.(1975). Vvedenye v эkonomycheskuiu kybernetyku (Introduction to economic cybernetics). Uch. allowance. M .: "Economics", 1975. 343.[in Ukrainian].

12. Petrakov N.Ya.(1974). Kybernetycheskye problemы upravlenyia эkonomykoi (Cybernetic problems of economic management). Petrakov N.Ya. M .: "Science", 1974. [in Ukrainian].

УДК 532.5 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-085-091**
UDC 532.5

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА УМОВ РОБОТИ ТРУБЧАТИХ ПЕРЕПАДНИХ КОЛОДЯЗІВ СИСТЕМ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

COMPARATIVE ASSESSMENT OF OPERATING CONDITIONS OF TUBULAR DROP MANHOLES OF SEWERAGE SYSTEMS



Кравчук Андрій Михайлович, *доктор технічних наук, професор, професор кафедри водопостачання та водовідведення, Київський національний університет будівництва і архітектури, e-mail: kravchuk.am@knuba.edu.ua, тел. +380673933558, Україна, 03037, м. Київ, просп. Повітрофлотський, 31, к. 283.*

https://orcid.org/0000-0001-8732-9244



Кравчук Ольга Яківна, *старший викладач кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, Національний транспортний університет, e-mail: olgakravchuk56@gmail.com, тел. +380978413805, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 229.*

https://orcid.org/0000-0003-2616-5455

Анотація. В даній роботі на основі аналізу літературних даних проведено оцінку роботи стандартних типів перепадних каналізаційних колодязів і на цій основі запропоновано нову конструкцію перепаду колодязя із змінною за висотою площею поперечного перерізу. Для вивчення і порівняння характеристик і умов роботи стандартних споруд і споруд запропонованої конструкції на спеціально змонтованому стенді була проведена серія експериментальних досліджень моделей даних конструкцій. Моделі перепадних стояків були виготовлені з оргскла, що дозволило візуалізувати структуру потоків рідини в обох випадках. Встановлено, що в перепадних стояках, в залежності від витрати, що пропускається, можливе встановлення трьох режимів руху: безнапірного, перехідного і напірного. Для перепаду постійного перерізу розрахунковим режимом слід вважати безнапірний режим руху. Значна увага в дослідженнях була приділена вимірюванням величини динамічних навантажень від падаючого потоку на дно водобійного колодязя. В тому числі визначенню коефіцієнта нерівномірності дії динамічного навантаження від впливу струмини. Визначено, що для перепадів, які виготовлені із стояка постійного перерізу, його величина залежить від витрати, що пропускається стояком та може досягати значень 3 і більше. Коефіцієнт нерівномірності динамічного навантаження для таких стояків слід приймати рівним 1,5. Для стояків змінного перерізу коефіцієнт нерівномірності не перевищує величини 1,5 для довільних величин витрат.

Ключові слова: каналізаційний перепадний колодязь, перепадний стояк, верхній б'єф, нижній б'єф, динамічне навантаження, струмина потоку.

Вступ

Для відводу стічних вод від споживачів в населених пунктах проєктується міська мережа водовідведення. У випадку, коли за особливостями місцевого рель'єфу, виникає необхідність переводу стічних вод з більш високих відміток у понижені місця на мережі водовідведення влаштовуються спеціальні перепадні колодязі [1,2].

У відповідності з діючими нормами конструкції перепадних колодязів залежать від висоти перепаду [3]. Так на трубопроводах діаметром до 600 мм перепади висотою до 0,5 м допускається здійснювати без улаштування перепадного колодязя. Перепади висотою до 3 м на трубопроводах діаметром 600 мм і більше належить приймати у вигляді водозливів практичного профілю. Перепади висотою до 6 м на трубопроводах діаметром до 500 мм включно належить здійснювати в колодязях у вигляді стояка перерізом не менше перерізу підвідного трубопроводу.

У вітчизняній практиці будівництва водовідвідних мереж найбільше розповсюдження, у зв'язку їх відносною простотою і дешевизною, отримали перепадні колодязя трубчатого типу. Такі колодязі конструктивно складаються з трьох основних частин: вхідної – верхнього б'єфу, центральної, по якій відбувається безпосереднє транспортування рідини і нижнього б'єфу, конструкція якого залежить від схеми приєднання труб в колодязі. Не дивлячись на велике розповсюдження даних споруд вони мають ряд суттєвих недоліків, які потребують свого детального вивчення і усунення.

Виклад основного матеріалу

Аналіз великої кількості експериментальних даних показав [4-7], що пропускна спроможність вертикальних стояків трубчатих перепадів залежить від способу приєднання їх до підвідних мереж. Встановлено, що пропускну спроможність каналізаційного перепаду рекомендується визначати за формулою:

$$Q = AD^{2,5}, \tag{1}$$

де D – діаметр стояка.

Значення параметра A при різних радіусах закруглення вхідної воронки можна приймати з таблиці 1 [8].

$R_{вх}/D$	< 1	1	3
A	2,35	3,0	4,0

При відомих значеннях $R_{вх}$ і D більш точно параметр A рекомендується розраховувати за формулою:

$$A = 0{,}61\sqrt{g\left(\frac{R_{вх}}{D} + 1{,}5\right)}. \tag{2}$$

У випадку приєднання за допомогою прямого трійника для визначення максимальної витрати через стояк рекомендується формула:

$$Q = 2{,}35D^{2,5}, \tag{3}$$

для косого трійника:

$$Q = 3{,}1D^{2,5}, \tag{4}$$

для плавних форм вхідної воронки:

$$Q = 4{,}87D^{2,67}. \tag{5}$$

При використанні в якості стояків каналів некруглого перерізу в розрахунках слід приймати еквівалентний діаметр каналу. Так для квадратних перерізів: $D_{екв}$ = α; для прямокутних перерізів $D_{екв} = \frac{2ab}{a+b}$; для трикутного $D_{екв} = \frac{b}{\sqrt{3}}$, де a і b – довжина сторін перерізу [9].

Для можливості дослідження умов роботи трубчатих перепадних колодязів в лабораторії гідравліки Київського національного університету будівництва і архітектури була проведена серія експериментальних вимірювань характеристик потоку на моделі перепадного колодязя при різних конструкціях його транспортуючої трубної частини. Схема лабораторної установки приведена на рис. 1.

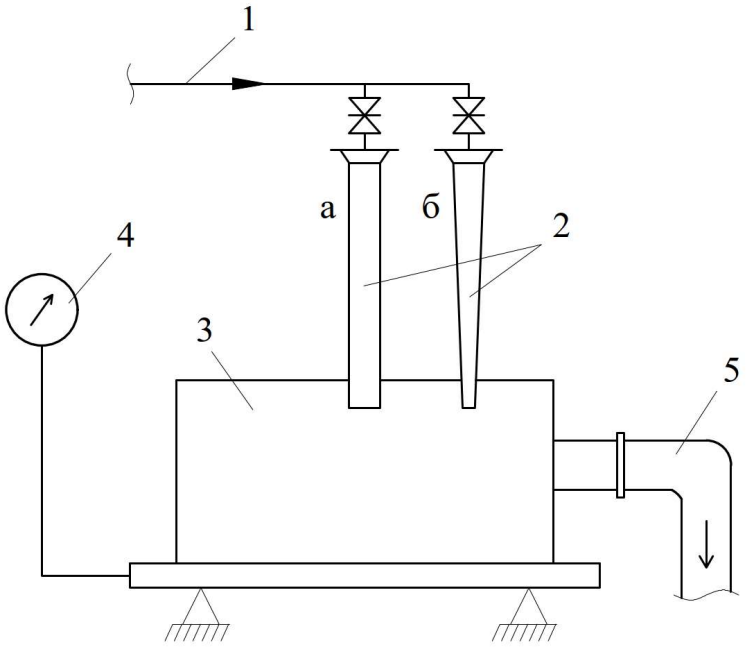


Рисунок 1 – Схема експериментальної установки перепадного колодязя:
а) варіант встановлення на перепаді труби постійного перерізу за довжиною;
б) варіант встановлення на перепаді труби змінного перерізу за довжиною

Figure 1 – Scheme of experimental setup of a drop manhole:
a) the option of the pipe with constant cross-section in length installation on the drop;
b) the option of the pipe with variable cross-section in length installation on the drop

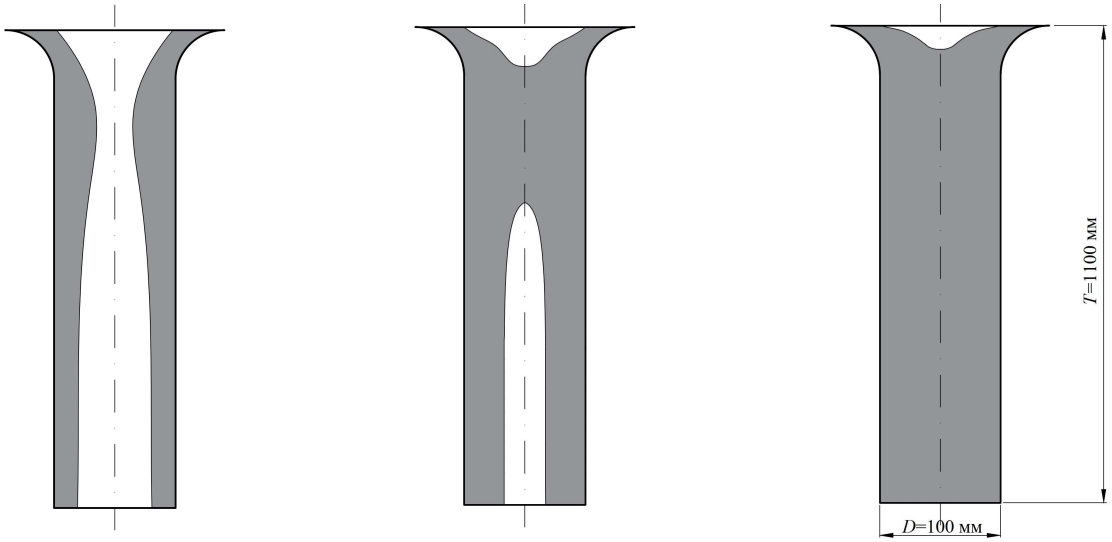
Установка складається з трубопроводу для подачі води 1 на модельну трубу перепаду 2. В дослідах використовувались два трубопроводи з прозорого матеріалу (оргскло): постійного і змінного перерізу. Після трубчатого перепаду вода надходить у вимірювальну кювету 3, яка встановлена на вагах 4 і далі трубою 5 відводиться у збірний бак. У вимірювальній кюветі на різній висоті було встановлено ряд п'єзометрів, за допомогою яких вимірювалось осереднене значення статичного навантаження, а також динамічну складову навантаження від падаючого по стояку потоку рідини. За допомогою ваг реєструвалося сумарне миттєве значення статичного і динамічного навантаження на дно кювети. Реєстрація осереднених значень пульсацій діючих навантажень на дно вимірювальної кювети здійснювалась спеціальним безконтактним датчиком.

В експериментах було проведено дві серії дослідів: при трубі постійного і змінного перерізу за довжиною. Схеми руху води по кожному стояку, отримані в результаті вимірів, в залежності від величини витрати приведені на рис. 2 і рис. 3.

Як показано на рис. 2 для стояка постійного перерізу в залежності від величини витрати, яка проходить по ньому, можна виділити три основних режими руху [8]: безнапірний, при якому ступінь заповнення перерізу стояка рідиною K по всій висоті менше одиниці ($K < 1$); напірний – повне заповнення перерізу стояка по всій висоті ($K = 1$) і перехідний ($K \leq 1$, а $K = 1$ тільки у верхній частині стояка).

Як показує практика, за розрахунковий приймають безнапірний режим руху, який, як правило, має місце в каналізаційних колекторах. В цьому випадку стічна вода під дією сили тяжіння переміщується по стінках вертикальної труби. Причому, за висотою швидкість руху рідини буде збільшуватися, а товщина її пристінного шару – зменшуватися. В дослідах при стояку діаметром D = 100 мм безнапірний режим руху води в ньому зберігався до витрати 3,2 л/с.

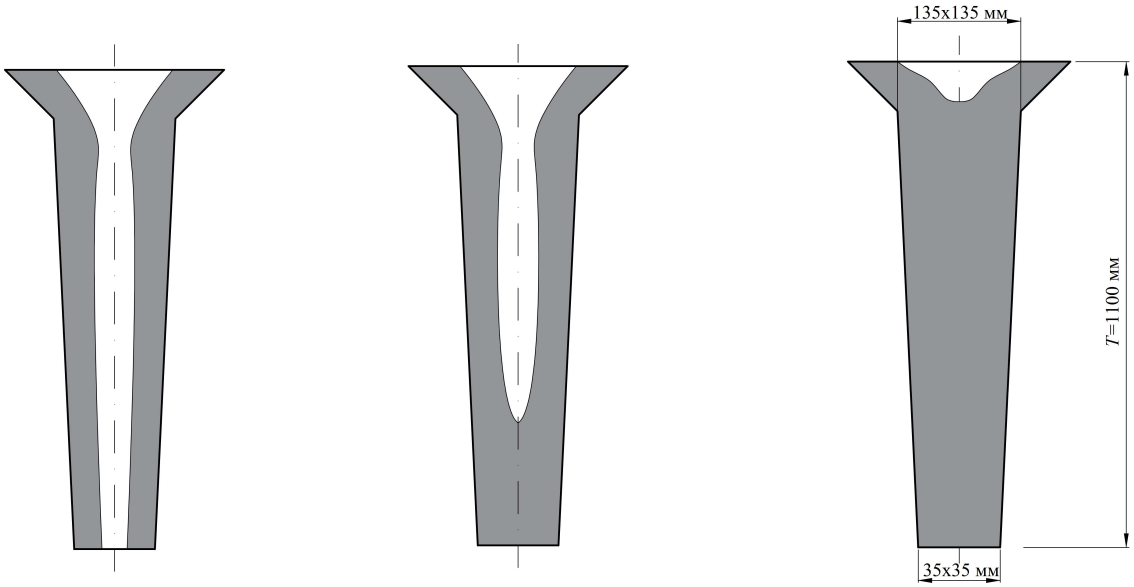
При збільшенні витрати в стояку виникав перехідний режим руху (рис. 2,б). В цьому випадку переріз у верхній частині стояка повністю заповнюється водою, а в нижній його частині створюється певний вакуум, під дією якого відбувається періодичний зрив маси води з верхньої частини стояка. За рахунок цього механічне навантаження на дно водобійного колодязя значно збільшується.



а б в

Рисунок 2 – Схеми режимів руху рідини у дослідній вертикальній тубі постійного поперечного перерізу: а) безнапірний режим; б) перехідний режим; в) напірний режим

Figure 2 – Schemes of fluid motion modes in the experimental vertical tube of constant cross-section: a) pressureless mode; b) transitional mode; c) pressure mode



а б в

Рисунок 3 – Схеми режимів руху рідини у дослідній вертикальній тубі змінного поперечного перерізу: а) безнапірний режим; б) перехідний режим; в) напірний режим

Figure 3 – Schemes of fluid motion modes in the experimental vertical tube of variable cross-section: a) pressureless mode; b) transitional mode; c) pressure mode

Окрім цього, при перехідному і напірному режимах руху і постійному діаметрі перепадного стояка можливе виникнення підпору у підвідному трубопроводі. Це призводить до зменшення швидкостей руху стічної рідини, випадінню осаду, що викликає закупорку і порушення нормальної роботи каналізаційної мережі.

Аналізуючи гідравлічний режим руху у перепадному стояку змінного за висотою перерізу (рис. 3) слід відмітити, що при пропуску невеликих витрат він працює у безнапірному режимі (рис. 3,а) аналогічно стояку постійного перерізу. При збільшенні витрати у стояку змінного перерізу – режим руху рідини також змінюється на перехідний. Але в цьому випадку заповнення перерізу стояку водою

відбувається в нижній його частині (рис. 3,б). При подальшому збільшенні витрати рівень заповнення стояка водою збільшується знизу вгору. Такий режим роботи споруди практично виключає можливість періодичного зриву об'ємів води і зменшує навантаження на дно колодязя.

Однією з основних задач даної роботи було експериментальне визначення величини динамічного навантаження на дно водобійного колодязя при постійному діаметрі перепадного стояка і при стояку змінного перерізу, здійснити їх порівняння і визначення найвигідніших умов роботи перепадних колодязів.

В загальному випадку, виходячи із закону зміни кількості руху, силу тиску на водобій рекомендується розраховувати за залежністю [10,11]:

$$F = K_F Q\sqrt{2gT}\rho\alpha_0 \sin(\alpha)\varphi\,, \qquad (6)$$

де Q – витрата, яка проходить по перепадному стояку, м^3 /с; φ – коефіцієнт швидкості; T – висота перепаду, м; α – кут між напрямком руху потоку і водобоєм, град; α_0 = 1,0 – 1,1 – коефіцієнт Бусінеска; k_F – коефіцієнт нерівномірності тиску струмини на дно водобою, який визначається експериментально і залежить від величини витрати, що проходить по перепаду, умов входу рідини в стояк, його діаметра і висоти.

Результати вимірювань динамічного навантаження на дно перепадного колодязя і величини коефіцієнта нерівномірності тиску струмини на дно водобійного колодязя (k_F) при постійному і змінному за висотою діаметрі стояка приведені на рис. 4.

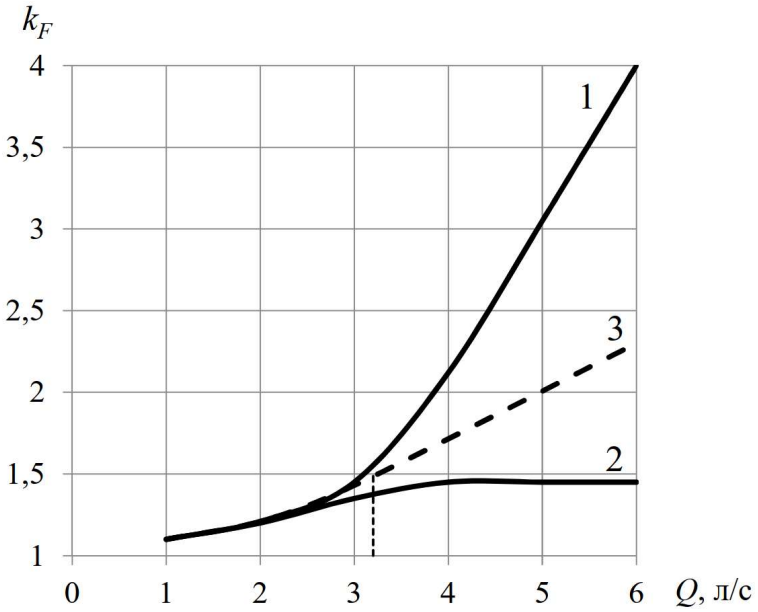


Рисунок 4 – Визначення коефіцієнта нерівномірності тиску струмини на дно водобійного колодязя k_F: 1 - дані для стояка постійного перерізу; 2 - дані для стояка змінного перерізу; 3 - дані при розрахунку за формулою (6)

Figure 4 – Determination of the non-uniformity coefficient of the stream pressure on the manhole bottom k_F: 1 - data for the constant cross-sectional standpipe; 2 - data for the variable cross-sectional standpipe; 3 - data when calculating by the formula (6)

Як слідує з графіка при роботі стояків у безнапірному режимі коефіцієнт k_F близький до одиниці. При збільшенні витрати і роботі стояків у перехідному режимі (Q > 3,2 л/с) для стояка постійного діаметра коефіцієнт k_F суттєво зростає (до k_F = 3 і вище). Для стояка змінного (такого, що зменшується) поперечного перерізу величина коефіцієнта, навіть при перехідному режимі руху, не перевищує значень k_F = 1,5 і в подальшому залишається практично постійним.

Висновки

Проведені дослідження дозволяють при проектуванні трубчатих каналізаційних перепадів з постійним діаметром за його висотою рекомендувати в якості розрахункового вважати безнапірний режим роботи, а коефіцієнт нерівномірності при цьому приймати $k_F = 1{,}5$. У випадку роботи перепаду в проміжному перехідному режимі рекомендується приймати коефіцієнт $k_F \geq 3$.

При проектуванні каналізаційних перепадів перевагу слід надавати стоякам змінного (такого, що зменшується) за висотою перерізу. Коефіцієнт нерівномірності слід брати $k_F = 1{,}5$.

Перелік посилань

1. Granata F., de Marinis G., Gargano R. Air-water flows in circular drop manholes. Urban Water Journal. 2015. Vol. 12, No 6. P. 477-487. https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.881893

2. Christodoulou G.C. Drop Manholes in Supercritical Pipelines. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 1991. Vol. 117, No 1. P. 37-47. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1991)117:1(37)

3. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Київ: Мінрегіон України, 2013. 96 с. (Інформація та документація)

4. Шутов Ю.Д., Алексеев М.И., Васильев В.М. Пропускная способность трубчатых и многоступенчатых канализационных перепадов. Межвуз. тематич. сб. тр. Л.: ЛИСИ, 1982. 64 с.

5. Жук В. М., Завойко, Б. В., Попадюк І. Ю., Матлай І. І., Пиць, Х. М. Пропускна здатність фізичної моделі перепадного каналізаційного колодязя циліндричної форми з криволінійним вхідним патрубком. Вісник НУВГП. Технічні науки. Рівне: НУВГП, 2015. Вип. 3 (71). Ч. 2. С. 252-257.

6. Granata F., de Marinis G., Gargano R., Hager W.H. Hydraulics of circular drop manholes. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2011. Vol. 137, No 2. P. 102-111. https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000279

7. Орел В. Перепадний колодязь зі спірально зігнутою трубою: переваги і недоліки. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Budownictwo i Inżynieria Środowiska. 2004. Вип. 211 (37). С. 273-276.

8. Алексеев М.И., Васильев В.М. Гидравлический расчет перепадов на коллекторах глубокого заложения: уч. пос. Л.: ЛИСИ, 1981. 42 с.

9. Кравчук А.М., Кравчук О.А. Спеціальні питання гідравліки систем водопостачання і водовідведення: навч. посібник. Київ: КНУБА, 2020. 175 с.

10 Абрамович Г.Н., Гиршович Т.А., Крашенинников С.Ю. и др. Теория турбулентных струй. М.: Наука, 1984. 716 с.

11 Курганов А.М., Федоров Н.Ф. Справочник по гидравлическим расчетам систем водоснабжения и канализации. Изд. 2-е, перераб. и доп. Л.: Стройиздат, 1978. 424 с.

COMPARATIVE ASSESSMENT OF OPERATING CONDITIONS OF TUBULAR DROP MANHOLES OF SEWERAGE SYSTEMS

Kravchuk Andriy M., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Water Supply and Water Sewerage Department, Kyiv National University of Construction and Architecture, e-mail: kravchuk.am@knuba.edu.ua, tel. +380673933558, Ukraine, 03037, Kyiv, Povitroflots'kyi *Ave*, 31, room 283. https://orcid.org/0000-0001-8732-9244

Kravchuk Olga Ya., Senior Lecturer of Bridges, Tunnels and Hydrotechnic Structures Department, National Transport University, e-mail: olgakravchuk56@gmail.com, tel. +380978413805, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovycha-Pavlenka, 1, room 229. https://orcid.org/0000-0003-2616-5455

Abstract. The evaluation of standard pipes of drop sewerage manholes is carried out on the basis of the literature data analysis. A new design of the drop manhole with height-variable cross-sectional area is proposed on this basis. A series of experimental studies was conducted on a specially mounted setup to study and compare the characteristics and operating conditions of standard structures and structures of the proposed design. The models of drop standpipes were made of plexiglass, which allowed to visualize the structure of fluid flows in both cases. It is established that three modes of motion can take place in drop standpipes, depending on the passed flow rate: pressureless, transitional and pressure. Pressureless mode of motion should

be considered as calculated for permanent cross-sectional drop. Much attention has been paid to measuring the magnitude of dynamic loads from the falling flow to the manhole bottom in the research. Non-uniformity coefficient of the dynamic load from the flow stream impact also was determined. It was defined that its value depends on the flow rate passed by the standpipe and can reach values of 3 or more for drops, that are made of a constant cross-sectional standpipe. The non-uniformity coefficient of the dynamic load for such drop should be taken equal to 1.5. The non-uniformity coefficient does not exceed 1.5 for arbitrary flow rates for variable cross-sectional standpipes.

Keywords: drop sewerage manhole, drop standpipe, upper canal pound, lower canal pound, dynamic load, flow stream.

References

1. Granata F., de Marinis G., Gargano R. Air-water flows in circular drop manholes. Urban Water Journal. 2015. Vol. 12, No 6. P. 477-487. [in English]. https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.881893

2. Christodoulou G.C. Drop Manholes in Supercritical Pipelines. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 1991. Vol. 117, No 1. P. 37-47. [in English]. https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9437(1991)117:1(37)

3. DBN V.2.5-75:2013. Kanalizatsiia. Zovnishni merezhi ta sporudy (Sewerage. External networks and structures). Kyiv: Minregion Ukrainy, 2013. 96 s. (Information and documentation) [in Ukrainian].

4. Shutov Y.D., Alekseev M.I., Vasilev V.M. Propusknaya sposobnost trubchatyih i mnogostupenchatyih kanalizatsionnyih perepadov (Throughput of tubular and multi-stage sewer drops). Mezhvuz. tematich. sb. tr. Leningrad: LISI, 1982. 64 s. [in Russian].

5. Zhuk V.M., Zavoiko B.V., Popadiuk I.Y., Matlai I.I., Pyts K. M. Flow capacity of physical model of cylindrical sewer drop manhole with curved inlet. Bulletin National University of Water and Environmental Engineering. Technical sciences. Rivne, 2015. No 3(71), part 2. P. 252-257. [in Ukrainian].

6. Granata F., de Marinis G., Gargano R., Hager W.H. Hydraulics of circular drop manholes. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 2011. Vol. 137, No 2. P. 102-111. [in English]. https://doi.org/10.1061/(ASCE)IR.1943-4774.0000279

7. Orel V. The drop sewer manhole with the helical coil pipe: the merits and demerits. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Budownictwo i Inżynieria Środowiska. 2004. No 211 (37). P. 273-276. [in Ukrainian].

8. Alekseev M.I., Vasilev V.M. Gidravlicheskiy raschet perepadov na kollektorah glubokogo zalozheniya: uch. pos (Hydraulic calculation of drops in deep reservoirs: tutorial). Leningrad: LISI, 1981. 42 s. [in Russian].

9. Kravchuk A.M., Kravchuk O.A. Spetsialni pytannia hidravliky system vodopostachannia i vodovidvedennia: navchalnyi posibnyk (Special issues of hydraulics of water supply and water sewerage systems: tutorial). Kyiv: KNUCA, 175 s. [in Ukrainian].

10. Abramovich G.N., Girshovich T.A., Krasheninnkov S.Yu i dr. Teoriya turbulentnyih struy (Theory of turbulent jets). Moskwa: Nauka, 1984. 716 s. [in Russian].

11. Kurganov A.M., Fedorov N.F. Spravochnik po gidravlicheskim raschetam sistem vodosnabzheniya i kanalizatsii (Handbook of hydraulic calculations for water supply and sewerage systems). Izd. 2-e, pererab. i dop. Leningrad: Stroyizdat, 1978. 424 s. [in Russian].

УДК 625.76 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-092-098**
UDC 625.76

РОЗРОБКА МЕТОДИЧНОГО ПІДХОДУ ДО УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ У ЗИМОВИЙ ПЕРІОД З УРАХУВАННЯМ СВІТОВОГО ДОСВІДУ

DEVELOPMENT OF A METHODICAL APPROACH TO THE MAINTENANCE OF HIGHWAYS IN THE WINTER PERIOD TAKING INTO ACCOUNT WORLDWIDE EXPERIENCE



***Смірнов Анатолій Миколайович**, аспірант, Національний транспортний університет, аспірант кафедри транспортного будівництва та управління майном, e-mail: smirnov_anatoliy@ukr.net, +380988289013, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 206,*

https://orcid.org/0000-0002-8389-6812

Анотація. В статті розглянуто моделі та запропоновано методичний підхід до утримання автомобільних доріг у зимовий період з урахуванням світового досвіду. Визначено, що оцінка заходів зимового утримання доріг, що виконується у різних країнах, приймає різні форми відповідно до: індикатору якості або стандарту; обліку та аналізу витрат; організованої системи управління; стандартів з огляду та моніторингу робіт; вимірювання відповідності надання послуг; аналізу скарг від користувачів дорожньої мережі; методів прогнозування та запобігання певних зимових явищ. Запропоновано використовувати для оцінки серйозності впливу погоди на зимове утримання індекс WSI (FHWA), який розраховується на підставі усередненого значення щоденного снігопаду та зафіксованої мінімальної та максимальної температури в середньому за сезон. Рекомендовано результати прогнозування опадів та рівень індексу WSI використовувати як підставу для визначення експлуатаційного рівня обслуговування, який формує набір потенційних заходів з зимового утримання доріг. Запропоновано виконувати обґрунтування рівня обслуговування за моделями зимового утримання та прогнозування заходів, які дозволяють сформувати методичний підхід до утримання автомобільних доріг. Розроблено методичний підхід, який грунтується на використанні математичної моделі утримання доріг у зимовий період, що функцією мінімізації накопичених показників якості зимового утримання елементів дороги залежно від їх ваги для утримання.

Ключові слова: зимове утримання, рівень обслуговування, методи, моделі, заходи з утримання.

Вступ. Зимове утримання автомобільних доріг є складним та вартісним процесом. У більшості випадків погода залишається складно передбачуваним явищем незалежно від регіону, країни чи континенту. В Україні до цього додаються ще й доволі часті переходи через нуль градусів, які роблять велику частину заходів, популярних за кордоном, потенційно неефективними. Таким чином, незалежно від інтенсивності та тривалості зима залишається сезоном непередбачуваності для дорожніх служб. Ця непередбачуваність справляє значний вплив як на рух транспорту та пішоходів, так і на перевезення (потік товарів і послуг). Несприятливі зимові умови і виконані заходи впливають на термін служби об'єктів інфраструктури та, що ще важливіше, на їх доступність та безпеку. Дорожня служба повинна забезпечувати безпеку всіх користувачів доріг та підтримувати в належному стані дорожню інфраструктуру, що в свою чергу впливає на розвиток економічної та соціальної діяльності регіону обслуговування. Сьогодні в управління дорожньою мережею дорожні адміністрації стикаються з низкою проблем щодо оперативного врахування кліматичних змін та зростання витрат на експлуатаційне утримання доріг. Тому, належне планування та застосування сучасних методів зимового утримання доріг є актуальною задачею сьогодення.

Мета дослідження. Метою статті є аналіз моделей та розробка методичного підходу до утримання автомобільних доріг у зимовий період з урахуванням світового досвіду.

Результати досліджень.

Дороги є ключовим елементом для економічного та соціального розвитку країни. Організація та здійснення експлуатаційного утримання доріг в зимовий період суттєво відрізняються в контексті різних країн, оскільки країни мають:

• різні організаційні рівні (централізований, регіональні та місцеві);
• різні форми планування та організації роботи;
• різні підходи до управління мережею;
• різні заходи з експлуатаційного утримання, що застосовуються на мережі доріг залежно від тяжкості погодних явищ.

Усі роботи, виконувані у зимовий період, поділяються на такі групи: снігоочисні, видалення снігу та сколу, боротьба із слизькістю доріг, ліквідація ожеледиці.

Оцінка заходів зимового утримання доріг, що спостерігається у різних країнах, приймає різні форми залежно від поставлених цілей та проблем дорожніх організацій. Відповідно до:

• індикатору якості або стандарту, що дозволяє контролювати якість заходів з експлуатаційного утримання;
• обліку та аналізу витрат, пов'язаних з зимовим утриманням доріг;
• організованої системи управління;
• стандартів з огляду та моніторингу робіт;
• вимірювання відповідності надання послуг;
• аналізу скарг від користувачів дорожньої мережі;
• методів прогнозування та запобігання певних зимових явищ.

Стратегічною програмою досліджень доріг (SHRP) та FHWA запропоновано використовувати для оцінки серйозності впливу погоди на зимове утримання індекс WSI [1]. Цей індекс розраховується на підставі усередненого значення щоденного снігопаду та зафіксованої мінімальної та максимальної температури в середньому за сезон. Крім того, деякі держави розробили свої власні показники для зимового утримання доріг. Індекс WSI можна визначити за запропонованою SHRP формулою:

$$WSI = a\sqrt{TI} + b \times ln\left(\frac{S}{10} + 1\right) + c\sqrt{\frac{N}{R+10} + d} \qquad (12)$$

де: *TI* - індекс температури: TI = 0, якщо мінімальна температура повітря вище 32 ^{0}F (^{0}C); TI = 1, якщо максимальна температура повітря вище 32 ^{0}F, при цьому мінімальна температура повітря знаходиться на рівні або нижче 32 ^{0}F (^{0}C); TI = 2, якщо максимальна температура повітря знаходиться на рівні або нижче 32 ^{0}F (^{0}C). Використовується середньодобове значення;

S – рівень опадів: середні добові значення в міліметрах;

N – кількість заморозків: середня добові значення кількості днів із мінімальною температурою повітря біля 32 ^{0}F (^{0}C) або нижче ($1 \le N \le 1$);

R – діапазон температур: значення середньомісячної максимальної температури повітря мінус середня місячна мінімальна температура повітря в ^{0}C.

a, b, c та *d* – коефіцієнти, для визначення яких застосовується регресійний аналіз.

WSI має діапазон від -50 (найсуворіша погода і максимальний рівень контролю снігу та льоду), 0 (не надто сильна погода і середній рівень снігу та льоду), до 50 (тепла погода і немає необхідності контролю снігу та льоду).

Результати прогнозування опадів та рівень індексу WSI є підставою для визначення експлуатаційного рівня обслуговування, який формує набір потенційних заходів з зимового утримання доріг. Основним переліком показників (так званою таксономією), які використовуються на даний момент для оцінки та призначення потенційних заходів з зимового утримання, виходячи із зарубіжного досвіду є [2]:

1. Характеристики/серйозність снігових опадів.
2. Модель управління протиожеледними матеріалами.
3. Модель розподілу трудових ресурсів.
4. Рівень реагування на експлуатаційне утримання.
5. Результати реагування на експлуатаційне утримання (ефекти).
6. Рівень оперативного реагування.
7. Досвід, мобільність і безпека.
8. Вартість заходів, бюджет і фінансування.
9. Транспортний потік.
10. Економічна ефективність.

Класифікацію елементів показників якості зимового утримання доріг наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Класифікація елементів показників якості зимового утримання доріг (адаптовано з [2])

Table 1 – Classification of elements of winter road maintenance quality indicators (adapted from [2])

Показник	Опис
Визначення елементу	Класифікація згідно рівня обслуговування
Тип	Вхідне/вихідне вимірювання / вимірювання результату
Одиниці виміру	Типові одиниці виміру для елементу
Вимоги до збору даних	Типові вимоги до збору даних якісних показників
Вимоги до методу збору даних	Вимоги до методу збору даних відповідно до затверджених стандартів та рекомендацій
Географічна приналежність	Ділянка, сегмент, регіон
Погодні явища	Типи погодних явищ, що справляють вплив на елемент
Часовий проміжок вимірювання	Чи можливе вимірювання в режимі реального часу чи ні
Утримання	Види заходів з експлуатаційного утримання
Вимоги	Критерії втручання, вимоги до технології виконання заходів та збору даних
Тип критерію прийняття рішення	Критерії прийняття рішення щодо використаних протиожеледних матеріалів, розміщення техніки та підрозділів тощо
Варіанти	Альтернативні рішення за рівнем обслуговування

Модель зимового утримання доріг базується на врахуванні трьох основних аспектів [3, 4, 5] (табл. 2, рис. 1): входи (вхідні показники); виходи; результати.

Таблиця 2 – Показники моделі зимового утримання доріг

Table 2 – Winter road maintenance model indicators

Показник	Опис
входи (вхідні показники)	ресурси, витрачені або використані для виконання операцій по боротьбі з зимовою слизькістю, включаючи використання палива, час роботи працівників, машин, механізмів і обладнання, а також матеріали. Рівень ресурсів прямо пропорційний витратам дорожнього підприємства, і, отже, вони найлегше і найчастіше можуть бути чітко визначені
виходи	результати, які кількісно визначають фізичне виконання робіт, при застосуванні ресурсів в зимовому утриманні доріг
результати	показники результативності, які враховують відносне значення ефективності діяльності дорожнього підприємства по зимовому утриманню. Дуже часто визначаються з точки зору користувача або замовника. Результати по суті важче виміряти. Бажаний результат зимового утримання може включати підвищення безпеки руху, зменшення втрат у часі та / або задоволеність користувачів

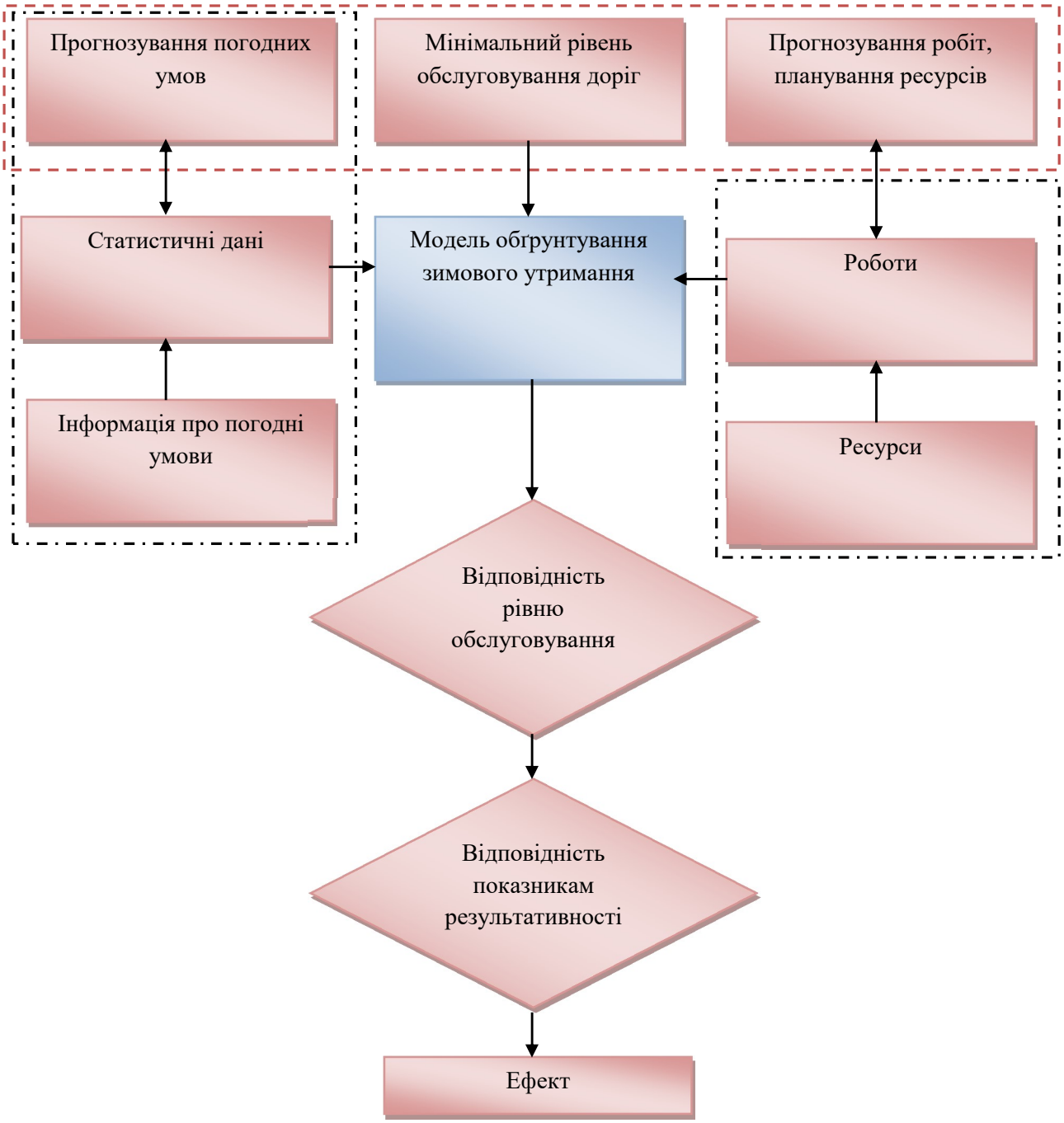


Рисунок 1 – Модель зимового утримання доріг
Figure 1 – Winter road maintenance model

Прийняття рішення щодо утримання доріг у зимовий період виходячи із зарубіжного досвіду базується перш за все на математичній моделі (рис. 2).

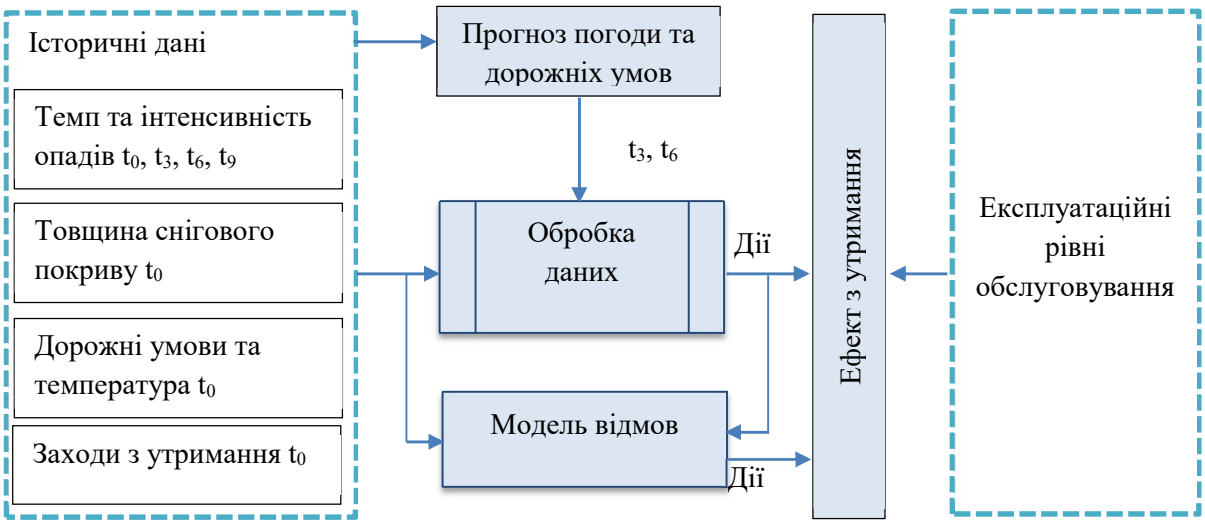


Рисунок 2 – Модель прогнозування заходів з експлуатаційного утримання доріг у зимовий період (адаптовано з [6])
Figure 2 – Model of forecasting measures for road maintenance in winter (adapted from [6])

Таким чином, виходячи з моделей зимового утримання та прогнозування заходів (рис. 1 – 2) та підходів [7-9], можна побудувати математичну функцію:

$$f(\text{РО}_з) = \{G, S, LTC, X, Y, y, f(x), WSI\}, \quad (2)$$

де $\text{РО}_з$ - обґрунтований рівень обслуговування доріг в зимовий період;
G – масив історичних даних про об'єкт обслуговування;
S – методи обробки даних, моделі прийняття рішень;
LTC – прогнозування довгострокового утримання за допомогою спеціального пакету програм (наприклад, LTCsimula [8]);
X – умови та обмеження;
Y – плановані дії з експлуатаційного утримання;
y – прогнозовані дії з урахуванням моделі відмов;
$f(x)$ – функція часових проміжків аналізу даних, $f(x) \in \{t_0, t_3, t_6, t_9\}$.

Виходячи з функції (2) можна відобразити математичну модель зимового утримання доріг:

$$\sum_i \sum_t \beta_i \cdot G_{i,t} \to \min, \quad (3)$$

де β_i - ваговий коефіцієнт елементу дороги.

Служби автомобільних доріг повинні визначати рівні обслуговування доріг для зимового утримання, виходячи із аналізу накопичених даних про погодні явища регіону, пріоритетність доріг, обсяги фінансування та моніторингу ефективності виконаних раніше заходів по боротьбі зі снігом та зимовою слизькістю.

Висновки

Ключовим завданням переліку показників, які використовуються на даний момент для оцінки та призначення потенційних заходів з зимового утримання, є ідентифікація методів та моделей збору та аналізу інформації для подальшого обґрунтуванняних рівня обслуговування доріг у зимовий період. Тому, враховуючи зарубіжний досвід, запропоновано модель зимового утримання та прогнозування заходів, які дозволяють сформувати методичний підхід до утримання автомобільних доріг. Модель зимового утримання доріг базується на врахуванні вхідних показників, виходів (фактичних результатів зимового утримання доріг), результатів (показників результативності). Модель прогнозування заходів з експлуатаційного утримання доріг у зимовий період базується на врахуванні рівня обслуговування

доріг, масиву історичних даних про об'єкт обслуговування, методів обробки даних, моделей прийняття рішень, інструментів прогнозування довгострокового утримання, умов та обмежень, планованих та прогнозованих дій, часових проміжків аналізу даних. Математична модель утримання доріг у зимовий період є функцією мінімізації накопичених показників якості зимового утримання елементів дороги залежно від їх ваги для утримання. Запропоновані підходи планується реалізувати в практику дорожніх агентств щодо обґрунтування рівнів експлуатаційного утримання доріг у зимовий період.

Перелік посилань

1. Strong, C., and X. Shi. Benefit-Cost Analysis of Weather Information for Winter Maintenance: A Case Study. Transportation Research Record 2055, Transportation Research Board, Washington, DC, 2008, pp.119-127.
2. Nathalie Perrier, Andre Langevin, James F. Campbell. A survey of models and algorithms for winter road maintenance. Part III: Vehicle routing and depot location for spreading. Computers & Operations Research 34 (2007) 211–257
3. Liping Fu, Mathieu Trudel, Valeri Kim. Optimizing winter road maintenance operations under real-time information. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada N2L 3G1, European Journal of Operational Research 196 (2009) 332–341
4. Performance Measures in Snow and Ice Control Operations. (2019). THE NATIONAL ACADEMIES PRESS. 144 p. DOI: https://doi.org/10.17226/25410
5. Dmytrychenko, N., & Kharchenko, A. (2021). Development of method for road network management program optimization. Technology Audit and Production Reserves, 4(2(60), 56–60. DOI: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.237949
6. Keegan Mbiyana. (2018). Winter Road Maintenance Planning-Decision Support Modelling. Luleå University of Technology. Department of Civil, Environmental and Natural Resources Engineering. 66 p.
7. Kharchenko, A., Zaviyskyy, O., Tsybulskyi, V., & Zavorotnyi, S. (2021). Development of methods for parameters of long-term contracts optimization for operational road maintenance. Technology Audit and Production Reserves, 1(2(57), 49–53. DOI: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.225532
8. Kanin, A., Kharchenko, A., Tsybulskyi, V., Sokolova, N., & Shpyh, A. (2022). Construction of a simulation model for substantiating the parameters of long-term road maintenance contracts . Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2(3 (116), 33–42. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253652
9. Kharchenko, A., Tsybulskyi, V., Chechuha, O., Zavorotnii, S., & Shuliak, I. (2022). Building a model for managing the cost and duration of motor road projects . Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(3 (117), 13–22. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.256213

DEVELOPMENT OF A METHODICAL APPROACH TO THE MAINTENANCE OF HIGHWAYS IN THE WINTER PERIOD TAKING INTO ACCOUNT WORLDWIDE EXPERIENCE

Smirnov Anatolii M., graduate student, National Transport University, graduate student of the department of transport construction and property management, e-mail: smirnov_anatoliy@ukr.net, +380988289013, Ukraine, 01010, Kyiv, str. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 206, orcid.org/0000-0002-8389-6812

Abstract. The article examines models and proposes a methodical approach to highway maintenance in the winter period, taking into account world experience. It was determined that the assessment of winter road maintenance measures performed in different countries takes different forms according to: quality indicator or standard; cost accounting and analysis; organized management system; standards for inspection and monitoring of works; measurement of conformity of service provision; analysis of complaints from users of the road network; methods of forecasting and prevention of certain winter phenomena. It is proposed to use the WSI (FHWA) index, which is calculated on the basis of the average value of daily snowfall and the recorded minimum and maximum temperature on average for the season, to assess the severity of the impact of weather on winter maintenance. It is recommended that the results of precipitation forecasting and the level of the WSI index be used as a basis for determining the operational level of service, which forms a set of potential measures for winter road maintenance. It is proposed to justify the level of service based on models of winter maintenance and forecasting measures that allow to form a methodical approach to highway maintenance. A methodological approach has been developed, which is based on the use of a mathematical

model of road maintenance in the winter period, which is a function of minimizing the accumulated indicators of the quality of winter maintenance of road elements depending on their weight for maintenance.

Key words: winter maintenance, service level, methods, models, maintenance measures

References

1. Strong, C., and X. Shi. Benefit-Cost Analysis of Weather Information for Winter Maintenance: A Case Study. Transportation Research Record 2055, Transportation Research Board, Washington, DC, 2008, pp.119-127.

2. Nathalie Perrier, Andre Langevin, James F. Campbell. A survey of models and algorithms for winter road maintenance. Part III: Vehicle routing and depot location for spreading. Computers & Operations Research 34 (2007) 211–257.

3. Liping Fu, Mathieu Trudel, Valeri Kim. Optimizing winter road maintenance operations under real-time information. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada N2L 3G1, European Journal of Operational Research 196 (2009) 332–341.

4. Performance Measures in Snow and Ice Control Operations. (2019). THE NATIONAL ACADEMIES PRESS. 144 p. DOI: https://doi.org/10.17226/25410.

5. Dmytrychenko, N., & Kharchenko, A. (2021). Development of method for road network management program optimization. Technology Audit and Production Reserves, 4(2(60), 56–60. DOI: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.237949.

6. Keegan Mbiyana. (2018). Winter Road Maintenance Planning-Decision Support Modelling. Luleå University of Technology. Department of Civil, Environmental and Natural Resources Engineering. 66 p.

7. Kharchenko, A., Zaviyskyy, O., Tsybulskyi, V., & Zavorotnyi, S. (2021). Development of methods for parameters of long-term contracts optimization for operational road maintenance. Technology Audit and Production Reserves, 1(2(57), 49–53. DOI: https://doi.org/10.15587/2706-5448.2021.225532.

8. Kanin, A., Kharchenko, A., Tsybulskyi, V., Sokolova, N., & Shpyh, A. (2022). Construction of a simulation model for substantiating the parameters of long-term road maintenance contracts . Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2(3 (116), 33–42. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.253652.

9. Kharchenko, A., Tsybulskyi, V., Chechuha, O., Zavorotnii, S., & Shuliak, I. (2022). Building a model for managing the cost and duration of motor road projects . Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 3(3 (117), 13–22. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.256213.

УДК 528 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-099-105**
UDC 528

СУЧАСНІ ПРОГРАМИ ОБРОБКИ ДАНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРІВ

MODERN PROGRAMS FOR PROCESSING DATA OF GEODESIC DIMENSIONS



Довгополюк Людмила Олексіївна, *Національний транспортний університет, кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, _katze_@ukr.net, +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



Неізвестна Наталія Володимирівна, *кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, Національний транспортний університет, кафедра проектування доріг, геодезії та землеустрою, доцент, supernesh@ukr.net, +380957970158,*

https://orcid.org/0000-0003-2406-3906

Анотація. Досліджено сучасне програмне забезпечення, що використовуються для обробки польових геодезичних вишукувань. З кожним роком перед геодезичним виробництвом постають нові завдання, які потребують швидкого і правильного розв'язання. Сучасний рівень автоматизації геодезичних робіт характеризується широким розповсюдженням електронних тахеометрів і супутникових приймачів, цифрових аерознімальних комплексів, польових портативних комп'ютерів, а також багатофункціональних пакетів програмного забезпечення. Це вимагає застосування нових технологій та автоматизованої системи обробки інформації, що включає наявність програмного комплексу з обробки матеріалів польових вимірювань, засобів автоматизованого введення даних і графічної інформації, програми для обробки графіки й автоматизованого креслення, пристроїв виведення графічної і текстової інформації. Програмне забезпечення для опрацювання отриманих даних геодезичних вимірів має бути таким, щоб виконувались максимально складні завдання, і водночас простим у користуванні. Розвиток програмних засобів для опрацювання геодезичних вимірів допоможе скоротити час на камеральне опрацювання даних.

В статті оцінено програмне забезпечення з погляду можливості їх практичної реалізації в галузі геодезії, а також з урахування доступності, зрозумілості та наявності додаткових функцій. Проведено аналіз функціональних можливостей найбільш поширених в Україні сучасних програмних комплексів опрацювання результатів наземного знімання таких як: CADdy, FieldWorks, Топоград, Topocad, і CREDO, призначених для обробки результатів геодезичних вимірювань та проектування будівництва, реконструкції, ремонту автомобільних доріг і транспортних розв'язок, включаючи дороги загального користування, міські вулиці та дороги всіх технічних категорій. На основі проведеного аналізу функціональних можливостей сучасних програмних комплексів призначених для обробки результатів геодезичних вимірювань та проектування, реконструкції та капітального ремонту автомобільних доріг були сформовані відповідні висновки.

Ключові слова: геодезичні дослідження, обробка геодезичних даних, пошук помилок комп'ютерні програми, програмне забезпечення.

Вступ. Поява електронних геодезичних приладів призвела до можливості суттєвої зміни методик польових робіт під час виконання топографічних зйомок різного призначення. Сьогодні електронні тахеометри та супутникові геодезичні системи забезпечують необхідну точність вимірів для більшості видів робіт. Невід'ємною частиною сучасних приладів є наявність пристроїв для реєстрації вимірювань. Це дозволяє повністю відмовитись від запису результатів вимірювань у польові журнали. Зрозуміло, що автоматична реєстрація даних у полі стає практично безглуздою, якщо дані обробляються без використання програмного забезпечення. У зв'язку з цим більшість компаній, що постачають геодезичну техніку, пропонують не постачання окремих приладів, а впровадження закінчених технологій. Зауважимо, що виробники приладів теж переходять до постачання технологій. Наприклад, фірма Spectra Precision у рамках концепції IST (Integrated Surveying - Інтегровані Зйомки) розпочала поширення пакету програм GeoTool, повний набір модулів якого дозволить виконувати роботи від імпорту даних до проектування споруд та виносу проектів у натуру. Але саме тут і криється ще одна проблема - адже придбавши технологію, компанія виявляється прив'язана до неї, і змушена використовувати прилади однієї і тієї ж фірми, а також звертатися до неї за оновленнями, тому що дуже часто перехід на технологію іншої фірми може обійтися набагато дорожче, ніж продовження використання вже купленої та освоєної. Тому в статті пропонується аналіз деяких програмних продуктів обробки результатів геодезичних вимірів.

Мета і методи. Аналіз наявних комп’ютерних геодезичних систем і програм, які використовуються при проведенні геодезичних робіт, встановив, що насьогодні на ринку геодезичних технологій є невелика (порівняно з ринком ГІС-додатків) кількість програмних продуктів. Реально поширюються і підтримуються, мабуть, тільки продукти CADdy фірми Ziegler, Кредо-Діалог, Топоград, Topocad фірми SMT Datateknik та FieldWorks корпорації Intergraph. Швидше за все, цей список неповний, проте інформація саме про ці продукти у тій чи іншій формі поширюється серед потенційних користувачів.

Програмне забезпечення є важливим елементом сучасної технології вимірювальних робіт. Ще кілька десятиліть тому геодезичні дослідження проводилися звичайними методами, а зараз важко уявити геодезичні роботи, які проводяться без використання спеціальних геодезичних програм. Наразі розроблені різноманітні пакети програм, які дозволяють не лише полегшити та прискорити проведення геодезичних досліджень, а й значно збільшити їхню якість та точність. Дані вимірювання легко можуть бути імпортовані в програму. Аналіз та обробка отриманих результатів вимірювань може бути проведена як окремо щодо кожного вимірювання, так і в комплексі.

Геодезичні програми дозволяють значно збільшити точність проведених досліджень та обробки отриманих під час вимірювання результатів. Крім того, геодезичні програми значно скорочують час обробки даних. Використання таких програм дозволяє досягти оптимальних результатів під час проведення геодезичних робіт. Широкий діапазон можливостей, які мають різні програми, дозволяє вибрати для кожного виду роботи оптимальний варіант програмного забезпечення, що використовується.

Версія TerraCADdy Classic 2013 року знову встановлює нові стандарти щодо швидкість, зручність, глибина предмета і підключення.

Досвід майже 30 років і безперервно подальші розробки зробили CADdy V найзрілішою системою CAD для обробки геодезичних даних, зйомки та планування. Модуль V1 дозволяє все функції, що містять розрахунки геодезії.

Огляд функціональних можливостей:

Прямий вибір всіх функцій за допомогою контекстно-залежних меню і гарячих клавіш для нескладної роботи; Складний контроль параметрів - можна змінювати за необхідності; Пряме завантаження загальних форматів ALKIS/EDBS німецьких геодезичних органів із підключенням ALB; Автоматичне читання та проектування планів запасу з координатних файлів та інших проектів; Підключення загальних WMS-серверів, таких як кадастр, ортофотоплани і т. д., можливо, з урахуванням витрат геодезичних органів; Імпорт та експорт поширених форматів даних САПР та ГІС; Автоматичне продовження бази даних координат; Зручні функції для оцифрування, побудови, визначення розмірів та анотування штрихування насипів, клотоїдів та сплайнів; Зчитування даних цифрової моделі місцевості з визначенням висоти для оцифрованих точок; Імпорт хмар точок для

подальшої обробки у цифровій моделі місцевості (розрахунок обсягу, аналіз місцевості тощо); Зручні перетворення координат.

У комплексі КРЕДО можна виділити блок систем обробки матеріалів інженерно-геодезичних вишукувань. До нього входять програми для геодезистів, які вирішують завдання від початкової обробки даних, до кінцевої мети – отримання цифрової моделі місцевості інженерного призначення та подальшого проектування генерального плану.

Системи геодезичної лінійки КРЕДО дозволяють обробляти дані, отримані за допомогою: електронних тахеометрів, супутникових станцій, цифрових нівелірів, лазерні сканери.

Камеральна обробка геодезичних вимірювань та результатів постобробки супутникових вимірювань різних класів точності виконуються у КРЕДО ДАТ. У програму імпортуються дані з будь-яких електронних тахеометрів, які є на ринку геодезичного обладнання. Передбачено обробку даних тахеометричної зйомки з формуванням точкових, лінійних та майданних топографічних об'єктів та їх атрибутів під час використання польового кодування. Доступно створення власної (користувацької) системи польового кодування, що дозволяє фахівцеві оптимізувати робочий процес. Програма дозволяє виконати спільне або роздільне вирівнювання векторів супутникових вимірювань та традиційних вимірювань у лінійно-кутових та висотних геодезичних мережах різних форм, класів та методів створення. На певному етапі роботи у програмі можна виконати пошук помилок вимірювань, а також, якщо необхідно, вирішити низку інших інженерно-геодезичних задач. Результатом роботи у програмі є звітні відомості та креслення, а також електронні файли найпоширеніших форматів.



Рисунок 1 – Початок роботу в програмі КРЕДО ДАТ
Figure 1 – Start working in the program CREDO DAT

Програма КРЕДО ДАТ буде незамінним помічником для обробки матеріалів, отриманих під час будівництва, виконання кадастрових робіт, а також при вирішенні інших завдань.

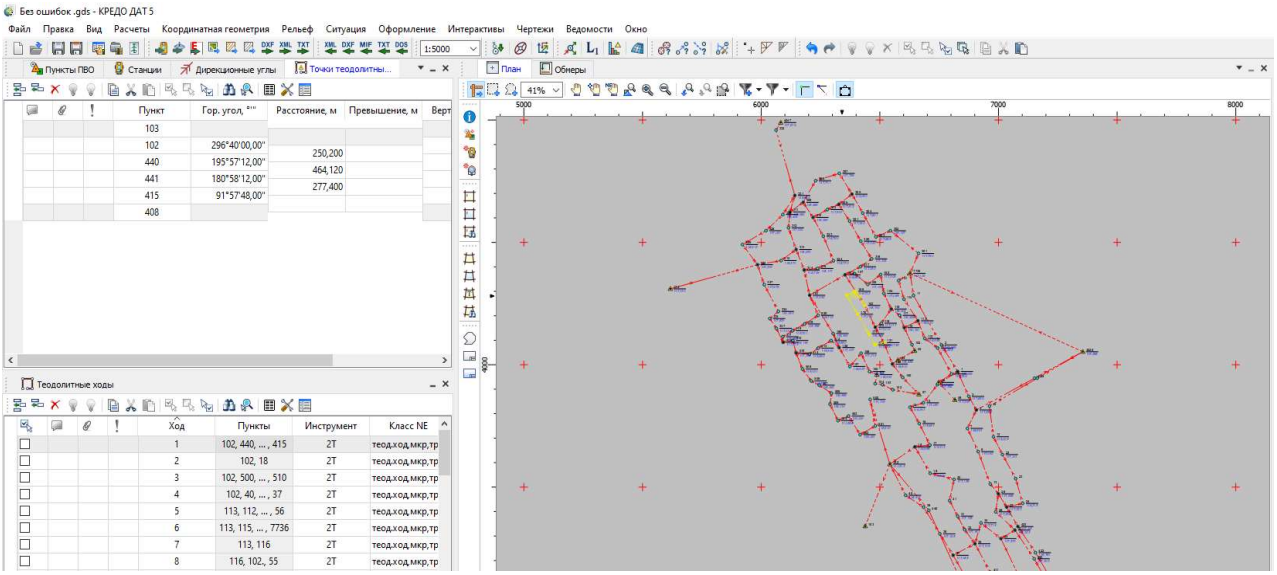


Рисунок 2 – Загальний вигляд програми КРЕДО ДАТ
Figure 2 – General view of the program CREDO DAT

Обробка сирих супутникових геодезичних вимірювань доступна у програмі КРЕДО ДПСЗ. Дані можна завантажувати у форматах супутникових геодезичних приймачів та у форматі RINEX. Можна обробляти базові лінії з використанням даних спостережень систем супутникового позиціонування ГЛОНАСС, GPS, Бейдоу, Галілео, в режимах статики, кінематики та Stop&Go. Є можливість виконати розрахунок по супутниках ГЛОНАСС без інших систем позиціонування, розрахувати параметри проекції для невідомої системи координат за наявності вимірювань ГНСС на точках з відомими координатами, вирівняти супутникову геодезичну мережу, а також вирішити безліч інших завдань. У програмі зручно працювати з графічними даними, растровими та WEB-зображеннями, реалізовано можливість створення поверхні, яку можна використовувати для оцінки якості виконаних робіт, а також для створення невеликих топографічних планів. Підсумком робіт можуть бути відомості та каталоги відповідного виду, а також електронні файли найбільш затребуваних форматів.

Вимірювання, отримані за результатами геометричного нівелювання I-IV класів, технічного та високоточного інженерного нівелювання, що виконується оптичними та цифровими нівелірами, обробляються у програмі НІВЕЛІР. Перевага програми полягає в тому, що вона може приймати дані в електронному форматі цифрових нівелірів, а також у всіх популярних форматах текстових файлів. У програмі можна швидко сформувати отримані дані по ходах і секціях, виконати попередню обробку, пошук помилок, врахувати необхідні поправки, а також виконати зрівнювання. На кожному етапі роботи інженер отримує звіт, яким можна контролювати кожен з процесів. Формування та настроювання вихідних документів виконується відповідно до національних стандартів або стандартів підприємства. Дані можуть бути сформовані в електронному вигляді для подальшої роботи в інших програмних продуктах КРЕДО.

Дані, отримані із систем мобільного лазерного сканування, повітряних лазерних сканерів у вигляді хмар точок, можна завантажити в програму КРЕДО 3D СКАН. У програмі можна вибрати формат відображення хмари точок – у тривимірному вигляді (3D) та на площині у форматі 2D. Паралельно можна завантажити та спільно використовувати з хмарою точок фотозображення з геопросторовою прив'язкою у форматі KML, що полегшить розпізнавання складних об'єктів ситуації та дозволить створювати за ними точкові та лінійні топографічні об'єкти у тривимірному вигляді або на площині. Доступна фільтрація «шуму» у хмарі точок за заданими параметрами, а також адаптивне проріджування хмари точок та побудова цифрової моделі рельєфу. Можна виділити рельєф та області із заданими параметрами ухилу. На фінальному етапі роботи у програмі можна створювати та редагувати топографічні об'єкти для підготовки топографічних планів при виконанні невеликих проектів. Експорт даних реалізований у зручних форматах для подальшого створення ЦММ інженерного призначення.

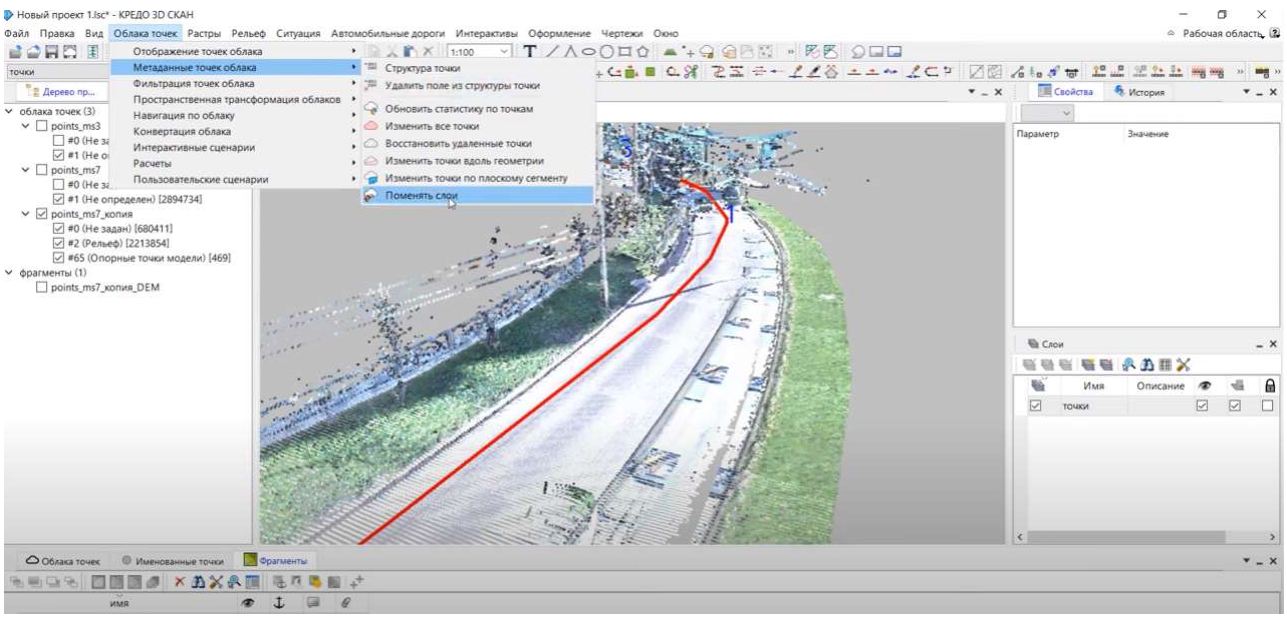


Рисунок 3 – Загальний вигляд програми КРЕДО 3D СКАН
Figure 3 – General view of the CREDO 3D SCAN program

Якщо необхідно швидко виконати перерахунок з однієї системи координат в іншу, навести координати пунктів в єдину систему, встановити параметри зв'язку СК, визначити ключі місцевої системи координат, відновити (встановити) будівельну систему координат об'єкта в тому випадку, коли будівельні репери (або пункти закріплення будівельної) мережі) були втрачені, – вирішити ці та інші завдання можна у програмі ТРАНСКОР. Система дозволяє підготувати та випустити всі необхідні відомості, а також сформувати електронні файли з даними.

У програмах КРЕДО ДАТ та КРЕДО ДПС є свої розрахункові модулі з перетворення координат. У КРЕДО ДАТ можна здійснити перетворення пунктів з однієї системи на іншу за такими методами: зміщення по координатних осях і за висотою; афінне перетворення; перетворення за Гельмертом; прямокутні координати геодезичні. У програмі КРЕДО ДПС при роботі у місцевій системі координат, параметри якої невідомі, є можливість розрахувати параметри проекції цієї системи координат.

Висновки та рекомендації

Підсумовуючи короткий підсумок усьому вищесказаному, можна дійти до висновку, що автоматизація геодезичних обчислень необхідна у різних галузях, в тому числі і в геодезії. Причини цьому є тотальна інформатизація, яка відбувається, практично в усіх сферах функціонування суспільства, а також підвищує доступність комп'ютерних технологій і зниження вартості їх виробництва. У геодезії автоматизація необхідна в першу чергу, тому що дозволяє вирішувати практичні завдання найрізноманітнішого характеру з більшою ефективністю та продуктивністю, а також збільшує швидкість виконання та собівартість робіт з камеральної обробки результатів зйомок.

Перелік посилань

1. Балакірський В.Б., Захаров С.В., Литвиненко Ю.О., Куришко Р.В. Використання геодезичного обладнання та ГІС-технологій для формування геопросторових даних. Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна. Серія «Екологія». 2014. Вип. 11. № 1140. С. 9-13.

2. Бєлятинський А.О., Утеченко Т.О., Рєзнік О.М. Комплекс Credo – сучасні технології для розробки проектів транспортних споруд і автошляхів. URL: https://jrnl.nau.edu.ua/index.php/SBT/article/view/5089

3. Дорожко Є.В. Побудова цифрової моделі ситуації за результатами геодезичних вимірювань. Комунальне господарство міст : науково-технічний збірник. Серія «Технічні науки та архітектура». 2017. Вип. 139. С. 60–62.

4. Назаров А.С., Неумывакин Ю.К., Перский М.И. Автоматизированная обработка материалов топографо-геодезических и земельно-кадастровых работ (на примере комплекса CREDO) : учебное пособие для вузов. Москва : СП «Кредо-диалог», 2009. 272 с.

5. НПО «КРЕДО-Диалог». Програмный комплекс обработки инженерных изысканий, цифрового моделирования местности, проектирования генпланов и автомобильных дорог: Руководство пользователя. – Т. 5. Описание системы CAD_CREDO Проектирование автомобильных дорог. – Минск, 2000. – 130 с.

6. НПО «КРЕДО-Диалог». Програмный комплекс обработки инженерных изысканий, цифрового моделирования местности, проектирования генпланов и автомобильных дорог: Руководство пользователя. – Т. 4. Описание системы CREDO_PRO Геометрическое проектирование. – Минск , 2004. – 105 с.

7. НПО «КРЕДО-Диалог». Програмный комплекс обработки инженерных изысканий, цифрового моделирования местности, проектирования генпланов и автомобильных дорог: Руководство пользователя. – Т. 7. Описание системы CREDO_MIX Цифровая модель проекта. – Минск, 2004. – 146 с.

8. НПО «КРЕДО-Диалог». Програмный комплекс обработки инженерных изысканий, цифрового моделирования местности, проектирования генпланов и автомобильных дорог: Руководство пользователя. – Т. 1. Описание системы CREDO_DAT Инженерно-геодезические и землеустроительные работы. – Минск, 2004. – 130 с.

9. Посібник користувача ДАТ 5.3 «Обробка польових інженерно-геодезичних даних» [Електронний ресурс]. - Режим доступу : http://www.credo-dialogue.com/getattachment/ce89a4a8-abce-4139-b059-2e9a3080f3ff/Kontseptsiaj-seti.aspx.

10. Пуркин В.И. Основы автоматизированного проектирования автомобильных дорог (на базе программного комплекса Credo) : учебное пособие для вузов. Москва : СП «Кредо-диалог», 2007. 216 с.

MODERN PROGRAMS FOR PROCESSING DATA OF GEODESIC DIMENSIONS

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, 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
Neizvestna Natalia V., National Transport University, Department of Road Designing, Geodesy and Land Management, PhD in technical science, Associate Professor, supernesh@ukr.net, +380957970158, orcid.org/0000-0003-2406-3906

Abstract. Modern software used for processing field geodetic surveys was studied. Every year, geodetic production faces new tasks that require a quick and correct solution. The modern level of automation of geodetic work is characterized by the widespread distribution of electronic total stations and satellite receivers, digital aerial photography complexes, field portable computers, as well as multifunctional software packages. This requires the use of new technologies and an automated information processing system, which includes the availability of a software complex for processing field measurement materials, means of automated data entry and graphical information, programs for processing graphics and automated drawing, devices for outputting graphic and textual information. The software for processing the received data of geodetic measurements should be such that the most complex tasks are performed, and at the same time it is easy to use. The development of software tools for processing geodetic measurements will help to reduce the time for camera data processing.

The article evaluates the software in terms of the possibility of their practical implementation in the field of geodesy, as well as in terms of accessibility, comprehensibility and the presence of additional functions. An analysis of the functionality of the most widespread in Ukraine modern software complexes for processing the results of ground surveying, such as: CADdy, FieldWorks, Topograd, Topocad, and CREDO, designed for processing the results of geodetic measurements and designing the construction, reconstruction, repair of highways and transport interchanges, was carried out. including public roads, city streets and roads of all technical categories. Based on the analysis of the functionality of modern software complexes designed to process the results of geodetic measurements and the design, reconstruction and capital repair of highways, appropriate conclusions were formed.

Keywords: geodetic research, geodetic data processing, error detection, computer programs, software.

References

1. Balakirskyi V.B., Zakharov S.V., Lytvynenko Yu.O., Kuryshko R.V. Vykorystannia heodezychnoho obladnannia ta HIS-tekhnolohii dlia formuvannia heoprostorovykh danykh. Visnyk KhNU imeni V.N. Karazina. Seriia «Ekolohiia». 2014. Vyp. 11. № 1140. S. 9-13.

2. Bieliatynskyi A.O., Utechenko T.O., Rieznik O.M. Kompleks Credo – suchasni tekhnolohii dlia rozrobky proektiv transportnykh sporud i avtoshliakhiv. URL: https://jrnl.nau.edu.ua/index.php/SBT/article/view/5089

3. Dorozhko Ye.V. Pobudova tsyfrovoi modeli sytuatsii za rezultatamy heodezychnykh vymiriuvan. Komunalne hospodarstvo mist : naukovo-tekhnichnyi zbirnyk. Seriia «Tekhnichni nauky ta arkhitektura». 2017. Vyp. 139. S. 60–62.

4. Nazarov A.S., Neumыvakyn Yu.K., Perskyi M.Y. Avtomatyzyrovannaia obrabotka materyalov topohrafo-heodezycheskykh y zemelno-kadastrovыkh rabot (na prymere kompleksa CREDO) : uchebnoe posobye dlia vuzov. Moskva : SP «Kredo-dyaloh», 2009. 272 s.

5. NPO «KREDO-Dyaloh». Prohramnыi kompleks obrabotky ynzhenernыkh yzыskanyi, tsyfrovoho modelyrovanyia mestnosty, proektyrovanyia henplanov y avtomobylnыkh doroh: Rukovodstvo polzovatelia. – T. 5. Opysanye systemы CAD_CREDO Proektyrovanye avtomobylnыkh doroh. – Mynsk, 2000. – 130 s.

6. NPO «KREDO-Dyaloh». Prohramnыi kompleks obrabotky ynzhenernыkh yzыskanyi, tsyfrovoho modelyrovanyia mestnosty, proektyrovanyia henplanov y avtomobylnыkh doroh: Rukovodstvo polzovatelia. – T. 4. Opysanye systemы CREDO_PRO Heometrycheskoe proektyrovanye. – Mynsk , 2004. – 105 s.

7. NPO «KREDO-Dyaloh». Prohramnыi kompleks obrabotky ynzhenernыkh yzыskanyi, tsyfrovoho modelyrovanyia mestnosty, proektyrovanyia henplanov y avtomobylnыkh doroh: Rukovodstvo polzovatelia. – T. 7. Opysanye systemы CREDO_MIX Tsyfrovaia model proekta. – Mynsk, 2004. – 146 s.

8. NPO «KREDO—Dyaloh». Prohramnыi kompleks obrabotky ynzhenernыkh yzыskanyi, tsyfrovoho modelyrovanyia mestnosty, proektyrovanyia henplanov y avtomobylnыkh doroh: Rukovodstvo polzovatelia. – T. 1. Opysanye systemы CREDO_DAT Ynzhenerno-heodezycheskye y zemleustroytelnыe raboty. – Mynsk, 2004. – 130 s.

9. Posibnyk korystuvacha DAT 5.3 «Obrobka polovykh inzhenerno-heodezychnykh danykh» [Elektronnyi resurs]. - Rezhym dostupu : http://www.credo-dialogue.com/getattachment/ce89a4a8-abce-4139-b059-2e9a3080f3ff/Kontseptsiaj-seti.aspx.

10. Purkyn V.Y. Osnovы avtomatyzyrovannoho proektyrovanyia avtomobylnыkh doroh (na baze prohrammnoho kompleksa Credo): uchebnoe posobye dlia vuzov. Moskva : SP «Kredo-dyaloh», 2007. 216 s.

УДК 528.4:625.7
UDC 528.4:625.7
DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-106-114

ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ ТА МАТЕМАТИЧНА ОБРОБКА ДАНИХ ДЕФОРМАЦІЙ БУДИНКІВ І СПОРУД

GEODESIC MONITORING AND MATHEMATICAL PROCESSING OF DATA OF DEFORMATIONS BUILDINGS AND STRUCTURES



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



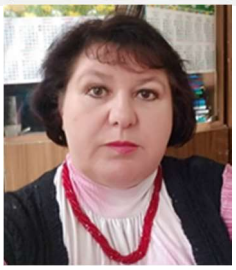
Омельчук Сібілла Костянтинівна, *Національний транспортний університет, доцент кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, e-mail sib-a@ukr.net , тел. +38097440-38-27,*

https://orcid.org/0000-0003-2191-1551



Соловйов Ігор Леонідович*, Національний транспортний університет, доцент кафедри вищої математики, e-mail i.soloviov@ntu.edu.ua, тел. +38099169-35-45,*

https://orcid.org/0000-0001-5203-4139



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 статті досліджено основні причини виникнення деформацій. Спостереження за деформаціями споруд являють собою комплекс вимірювальних й описових заходів із виявлення величин деформацій і причин їхнього виникнення. Для складних і відповідальних споруд спостереження починають одночасно із проектуванням. На площадці майбутнього будівництва вивчають вплив природних факторів й у цей же період створюють систему опорних знаків для того, щоб заздалегідь визначити ступінь їхньої стійкості. Спостереження безпосередньо за спорудою починають із моменту початку її зведення й продовжують протягом усього будівельного періоду. Для більшості великих споруд спостереження проводяться й у період їхньої експлуатації. Для спостережень використовується вимірювальна мережа, яка складається з таких геодезичних знаків: репер – геодезичний знак, який закріплює пункт нівелірної мережі (висотне положення цього знака є практично незмінним під час спостережень за деформаціями споруд); марка – жорстко закріплений на

конструкції будівлі знак, який змінює своє висотне та планове положення внаслідок деформацій споруди; опорний знак – практично нерухомий в горизонтальній площині знак, відносно якого визначаються зсуви та крени споруд. Всі геодезичні знаки, встановлені на споруді та навколо неї, створюють оглядову та опорну мережі, які пов'язані між собою геодезичними вимірюваннями.

Термін життя будівельного об’єкту залежить не тільки від якості будівельних матеріалів та якості виконання будівельних робіт, але і від якості експлуатації, вчасного та точного урахування загроз пошкодження будівель та прогнозування розвитку їх технічного стану, що неможливо без вимірювальних операцій з отримання даних для його безпечного функціонування. На етапі експлуатації споруди піддаються численним природним, техногенним діям, що мають враховуватись в проекті при виборі матеріалів, розробці конструкцій та вузлів, тощо. Проте на практиці характеристики будівельних матеріалів і конструкцій можуть не відповідати вимогам проектної документації, в результаті сумарна дія багатьох чинників призведе до прискореного зношення будівлі.

За особливими ознаками деформації поділено на види: ті що змінюють своє положення по вертикалі та планові переміщення, все це разом просторові переміщення. Розглянуто методи дослідження деформацій, які вибираються відповідно до виду деформації.

Ключові слова: геодезичний моніторинг, деформації, вертикальні деформації, горизонтальні деформації.

Вступ

Сучасний розвиток будівельної галузі вимагає точної, детальної, достовірної та своєчасної інформації про технічний стан і геометричні параметри будівельних конструкцій інженерних споруд. Будівельна галузь розвивається в різних складних інженерно-геологічних умовах, будівельні роботи проводять у щільній міській забудові, на глибині залягання ґрунтових вод та на руслах підземних річок, поруч з заляганням діючих інженерних комунікацій та шляхів сполучення, на складних геологічних структурах ґрунту та ін.. Всі вище перелічені фактори є джерелом статистичних та динамічних навантажень на основи, фундаменти та конструкції інженерних споруд.

Мета і методи. Оскільки особливого значення набуває проблема контролю технічного стану несучих конструкцій з метою попередження виникнення аварійних ситуацій і обґрунтованість вибору комплексу інженерних заходів щодо їх недопущення. При цьому очевидно, що контроль технічного стану несучих конструкцій будівель і споруд повинен носити систематичний характер і дозволяти здійснювати оцінку змін, що відбуваються, на основі кількісних критеріїв, тобто базуватися на процедурах виявлення відповідності фактичній міцності, жорсткості і стійкості конструктивних елементів нормативним вимогам.

Мета публікації полягає у визначенні деформацій за допомогою геодезично-математичного моніторингу, створенні обґрунтованої методики об'єктивної оцінки технічного стану несучих конструкцій будівельних об'єктів, яка дозволила б з високою достовірністю прогнозувати появу і розвиток аварійних ситуацій.

Об'єктом дослідження є будинки та споруди в м. Києві. В роботі використано наступні методи: аналізу та узагальнення літературних джерел, тригонометричного та геометричного нівелювання.

Результати і пояснення. Розширення будівництва виробництва і проведення в мегаполісах та постійним зростанням складності об'єктів, які будуються, і умов, в яких здійснюється їх будівництво, неминуче породжує нові завдання, пов'язані із забезпеченням безпеки життєдіяльності в умовах мегаполісу, що визначається, по-перше, надійністю самих споруд що будуються, і, по-друге, впливом будівництва, що проводиться, на вже існуючу інфраструктуру.

Сучасні тенденції в будівництві, а саме – збільшення поверховості будівель, ущільнення міської забудови, обмеженість будівельних майданчиків, освоєння підземного простору, насичення інженерними комунікаціями, незмінно приводять до виникнення і подальшого збільшення негативної техногенної дії будівництва, що проводиться, на вже побудовані об'єкти, розташовані в прилеглих зонах. Як показує досвід, однією з основних проблем експлуатації будівель і споруд в крупних містах є можливість їх пошкодження в результаті нерівномірних деформацій ґрунтової основи, викликаних різними природно-техногенними причинами.

У зв'язку з цим, особливого значення набуває проблема контролю технічного стану несучих конструкцій з метою попередження виникнення аварійних ситуацій і обґрунтованість вибору комплексу інженерних заходів щодо їх недопущення. При цьому очевидно, що контроль технічного стану несучих конструкцій будівель і споруд повинен носити систематичний характер і дозволяти здійснювати оцінку змін, що відбуваються, на основі кількісних критеріїв, тобто базуватися на

процедурах виявлення відповідності фактичної міцності, жорсткості і стійкості конструктивних елементів нормативним вимогам.

Внаслідок конструктивних особливостей, природних умов і діяльності людини споруди в цілому і їхні окремі елементи піддаються різному виду деформації. У загальному випадку під терміном деформація розуміють змінення форми об'єкта спостережень. У геодезичній же практиці прийнято розглядати деформацію як зміну положень об'єкта щодо якого-небудь початкового стану.

Під постійним тиском від маси споруди ґрунти в основі фундаменту поступово ущільнюються (стискаються) і відбувається зсув у вертикальній площині або осідання споруди. Крім тиску від власної маси, осідання споруди може бути викликане й іншими причинами: зсувними явищами, зміною рівня ґрунтових вод, роботою важких механізмів, рухом транспорту, сейсмічними явищами й т.п.

У тому випадку, коли ґрунти під фундаментом споруди стискаються неоднаково або навантаження на ґрунт різне, осідання має нерівномірний характер. Це призводить до інших видів деформацій споруд: горизонтальним зсувам, зрушенням, перекосу, прогинам, які зовні можуть проявлятися у вигляді тріщин і навіть розломів.

Зсув споруд у горизонтальній площині може бути викликаний бічним тиском ґрунту, води, вітру й т.п. Високі споруди баштового типу (димарі, телебашти й ін.) піддаються скручуванню й вигину, що викликано нерівномірним сонячним нагріванням або тиском вітру.

Причини виникнення деформацій за походженням поділяються на деформації природного походження і в результаті діяльності людей. Деформації – це спотворення або зміна форми і розмірів об’єкту під дією зовнішніх впливів. Якщо об’єкт дослідження зазнає якихось рухів, то відповідно основні контури змінюють своє просторове положення, а відповідно змінюються координати [10].

Для виявлення наявності деформацій споруд виконують комплекс інженерно-геодезичних робіт математичних розрахунків з метою встановлення причин, що вплинули на геометричні параметри споруди.

Деформації інженерних споруд, або будівельних конструкцій (частина інженерної споруди) бувають :

1. Відхилення від умовної горизонтальної площини (висотні переміщення):
- прогин;
- вигин;
- перекіс;
- осідання;
- підйом.
2. Відхилення від умовної вертикальної площини (планові переміщення):
- крен (нахил споруди);
- випуклість площини – характерна для площинних об’єктів, де в результаті деформацій виникає «пузо»;
- опуклість площини – характерна для площинних об’єктів, де в результаті деформацій виникає «пузо» в протилежному напрямку;
- зсув;
- скручування – характерне для споруд баштового типу.

Висотні деформації визначають за допомогою нівелювання (геометричного, тригонометричного, гідростатичного, барометричного, автоматичного та GPS-нівелювання), стереофотограмметрії, наземного лазерного сканування та електронних датчиків нахилу.

Планові деформації визначають за допомогою лінійно-кутових вимірювань, GPS, лазерного сканування, стереофотограмметрії, електронних датчиків нахилу, датчиків розкриття тріщин, електронних рівнів, інклінометрів [11].

Основною метою спостережень є визначення величин деформації для оцінки стійкості споруди і прийняття своєчасних профілактичних заходів, що забезпечують його нормальну роботу.
Крім того, за результатами спостережень перевіряється правильність проектних розрахунків і виявляються закономірності, що дозволяють прогнозувати процес деформації.

Спостереження за деформаціями споруд являють собою комплекс вимірювальних і описових заходів з виявлення величин їх виникнення.

Для складних і важливих споруд, спостереження починають одночасно з проектуванням. На майданчику майбутнього будівництва вивчають вплив природних факторів і в цей же період створюють систему опорних знаків з тим, щоб заздалегідь визначити ступінь їх стійкості.

Спостереження безпосередньо за спорудами починають з моменту початку його зведення і продовжують протягом всього будівельного періоду.

Для більшості великих споруд спостереження проводяться і в період їх експлуатації. Залежно від характеру споруди, природних умов і т.п. спостереження можуть бути закінчені при припиненні деформацій, а можуть тривати і весь період експлуатації.

На кожному етапі зведення та експлуатації споруди спостереження за його деформаціями проводять через певні проміжки часу. Такі спостереження, проведені за календарним планом, називають систематичними .

У разі появи чинника, що призводить до різкої зміни звичайного ходу деформації (зміна навантаження на основу, температури навколишнього середовища та самої споруди, рівень ґрунтових вод, землетрус та ін.) виконують термінові спостереження.

Паралельно з вимірюванням деформацій для виявлення причин їх виникнення організують спеціальні спостереження за зміною стану і температури ґрунтів і підземних вод, температурою тіла споруди, за зміною метеоумов і т.п. Ведеться облік зміни будівельного навантаження і навантаження від встановленого обладнання.

Від правильного вибору точності й періодичності залежать методи й засобу вимірів, витрати на їхнє виконання й достовірність одержуваних результатів.

Установити необхідну точність виміру деформацій розрахунковим шляхом досить складно, однак для багатьох практичних завдань можна користуватися формулою:

$$m_\phi \le 0{,}2 \cdot \Delta\Phi, \qquad (1)$$

де m_ϕ – середня квадратична помилка виміру деформації;

ΔФ – величина деформації за проміжок часу між циклами вимірів.

Вибір часу між циклами вимірів залежить від виду споруди, періоду його роботи, швидкості зміни деформації й інших факторів. У середньому в будівельний період систематичні спостереження виконують 1-2 рази у квартал, у період експлуатації – 1-2 рази в рік. При термінових спостереженнях їх виконують до та після появи фактора, що різко змінює звичайний хід деформації.

Геодезичний моніторинг деформацій – це визначення за допомогою геодезичних приладів та методів просторового положення об’єкта і періодичні визначення змін його положення відносно умовно горизонтальних та вертикальних площин.

Геодезичний моніторинг включає в себе систему вимірювань, фіксації результатів та аналітичну обробку отриманих даних. Геодезичному моніторингу підлягають основи, фундаменти, конструкції будівель або їх частин, об’єкти нового будівництва, інженерні мережі, підземні споруди та об’єкти інфраструктури, що їх оточують.

Для висотних будинків, експериментальних та складних споруд моніторинг входить до робіт з науково-технічного супроводу і є складовою частиною загального моніторингу об’єкту будівництва [3,4].

Геодезичний моніторинг виконується геодезичними методами та приладами або автоматизованими геодезичними комплексами. Проект та програму геодезичного моніторингу розробляють згідно технічного завдання.

Геодезичний моніторинг класичними методами виконують за спеціально закладеними спостережними марками відносно вихідних знаків, марок та реперів опорної геодезичної мережі.

Найрозповсюдженіші методи геодезичного моніторингу деформацій вважають [10]:

1. Нівелювання (переважно геометричне та тригонометричне) – спостереження висотного положення або вертикальних переміщень об’єкту, вважається найточнішим.
2. Лінійно-кутові – спостереження просторового положення об’єкту, теж відносять до найточніших методів.
3. Автоматизовані геодезичні комплекси (роботизовані тахеометри, датчики нахилу, датчики розкриття тріщин, електронні рівні та ін..) – призначені для моніторингу інженерних споруд безперервно та отримання інформації про переміщення on-line. За точністю не поступаються попереднім двом методам. В праці [5] наведено переваги даного методу – інформація в трьох осях координат, оперативність, потребує мінімум персоналу.
4. Лазерне сканування (наземне, повітряне та автомобільне) – дозволяє отримати 3D-модель об’єкту спостереження. 3D-модель несе в собі всю інформацію про об’єкт, завдяки якій можливо

швидко виявити всі дефекти та деформації. Практичне застосування визначення крену будівлі, дозволяє окрім кренів, визначати геометричні характеристики споруди [6].

5. GPS-моніторинг – визначення просторового положення за допомогою супутникової навігаційної системи. GPS-моніторинг чудово підходить для визначення координат марок, що розташовані на значній відстані (коли використання лінійно-кутових вимірювань недоцільно). У роботі [11] розглянуто метод моніторингу за деформаціями хмарочосів, оснований на даних GNSS-вимірів та акселерометра.

6. Стереофотограмметрія – виконується за допомогою стереофотокамер, застосовується для об'єктів які мають складну геометричну форму та конфігурацію, в результаті чого отримують змодельовану поверхню або проекцію оболонки об'єкту на площину.

7. Інклінометрія – метод полягає у використанні труби «моніторингової шахти» встановленої у вертикальне або горизонтальне положення, в якій пересувається зонд в двох взаємно перпендикулярних площинах. Шахта має властивість приймати деформований стан (нахилятися, прогинатися, приймати опуклу чи випуклу форму) об'єкту.

Організація спостережень за деформаціями фундаментів будівель виконувалась в наступній послідовності:

- вибір конструкції, місць розташування та установки вихідних геодезичних знаків висотної основи;
- здійснення висотної прив'язки вихідних геодезичних знаків;
- встановлення осадових марок на конструкціях будівель, за якими ведуться спостереження;
- інструментальні вимірювання вертикальних переміщень осадових марок;
- математична обробка і аналіз результатів спостережень.

Для визначення величин осадок будівель були використані металеві осадові марки викувані із арматури профілю Ø 12-14 мм та дюбель-цвяхи довжиною 40-60 мм (рис.1). Різна довжина марок, які використовуються, повинна забезпечувати необхідну жорсткість в залежності від необхідного вильоту марки з площини стіни. Виліт марки повинен забезпечувати встановлення рейки строго у вертикальному положенні за показниками інтегрованого рідинного рівня [12].

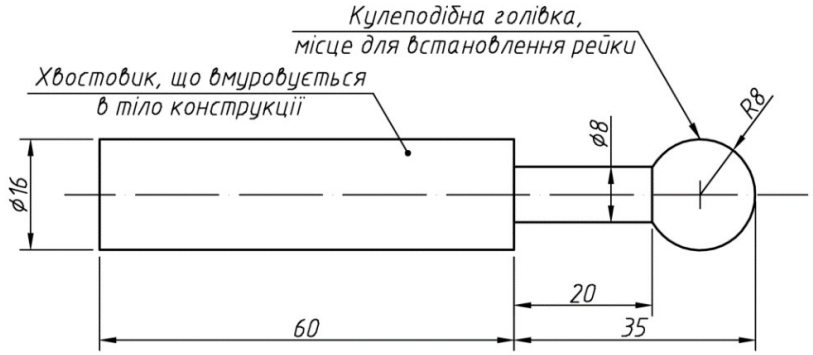


Рисунок 1 – Конструкція осадової марки з кулеподібною голівкою
Figure 1 – Construction of a sedimentary mark with a spherical head

Вимірювання вертикальних переміщень фундаментів будівель здійснювалось методом геометричного нівелювання II класу точності у відповідності до вимог чинних нормативних документів [4, 5, 6, 7, 8].

Похибка визначення перевищення на одній станції не перевищувала в середньому 0,1-0,3 мм, нев'язка ходів не перевищувала величини, вирахуваної за формулою:

$$f\Delta H = \pm 0.5 \text{ x}\sqrt{n} \quad (2)$$

За результатами спостережень за осіданнями фундаментів будівель складаються відомості відносних відміток та величин вертикальних переміщень осадових марок, встановлених на будівлях та будується графік розвитку в часі вертикальних переміщень осадових марок встановлених на будинку.

Для вимірювання величин горизонтальних переміщень точок ростверку підпірних стінок прийнято метод прямої багаторазової лінійно-кутової засічки. Цей метод забезпечує отримання величин горизонтальних переміщень з похибкою, що не перевищує ± 2мм.

За результатами математичної обробки геодезичних вимірів складаються каталоги координат та графіки розвитку деформацій (див. рис. 2,3).

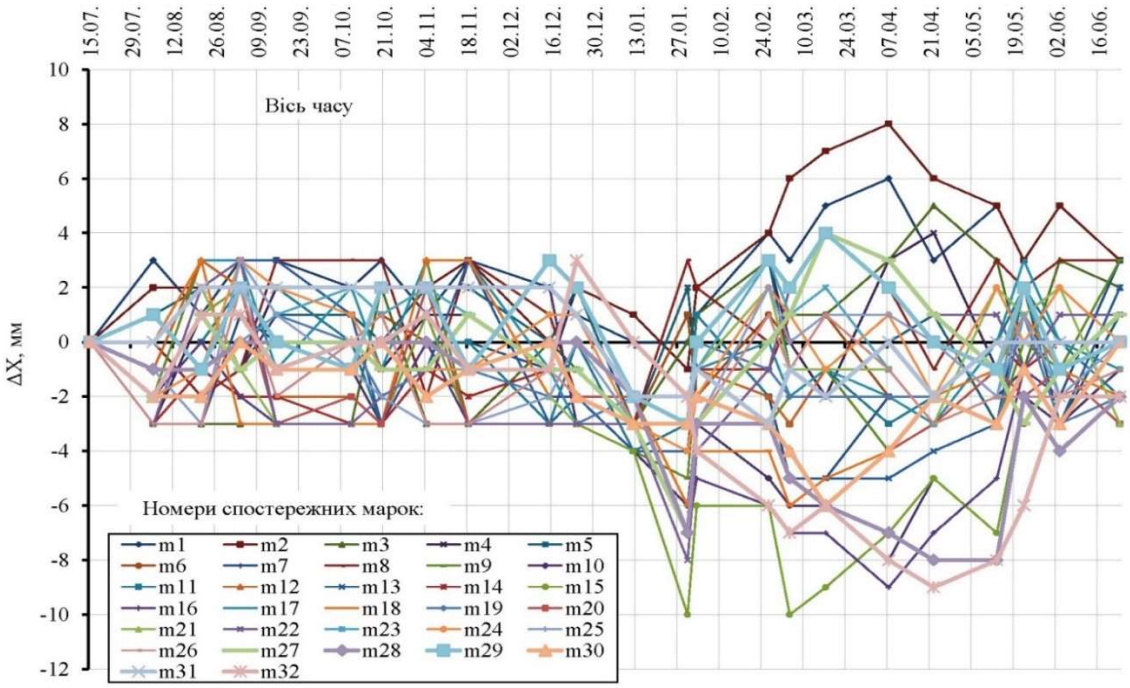


Рисунок 2 – Графік розвитку деформацій горизонтальних переміщень вздовж осі X (роки спостереження 2020-2021)

Figure 2 – Graph of deformations of horizontal displacements along the X axis (years of observation 2020-2021)

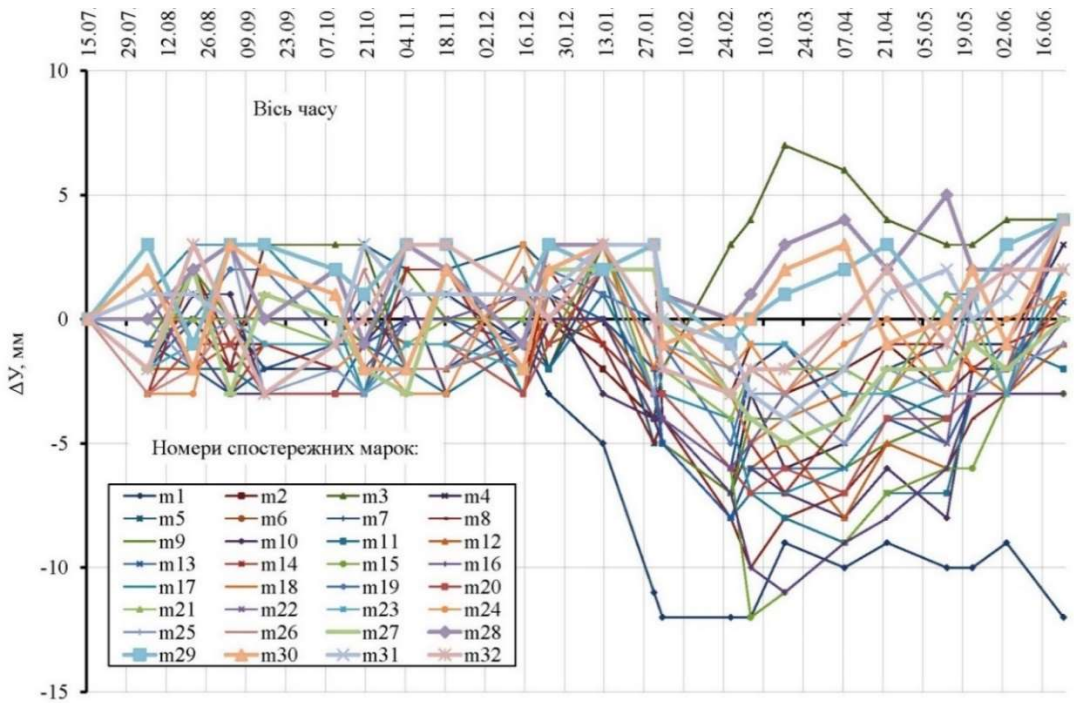


Рисунок 3 – Графік розвитку горизонтальних переміщень вздовж осі У (роки спостереження 2020-2021)

Figure 3 – Graph of the development of horizontal displacements along the Y axis (years of observation 2020-2021)

Висновки та рекомендації

В публікації представлені основні причини виникнення та види деформацій, що можна поділити на дві групи: ті що змінюють своє положення по вертикалі та планові переміщення, все це разом просторові переміщення. Їх поділяють на такі групи оскільки для досягнення точності під кожен вид деформацій, що може відбутися підбирають спеціальні методи вимірювання та прилади.

Паралельно з вимірюванням деформацій для виявлення причин їх виникнення організують спеціальні спостереження за зміною стану і температури ґрунтів і підземних вод, температурою тіла споруди, за зміною метеоумов і т.п. Ведеться облік зміни будівельної навантаження і навантаження від встановленого обладнання.

Від правильного вибору точності розрахунків й періодичності спостереження залежать методи й засобу вимірів, витрати на їхнє виробництво й достовірність одержуваних результатів. Виходячи з цього, визначено метод геодезичного моніторингу для найбільш точного визначення деформацій для конкретної інженерної споруди та послідовність спостереження.

За результатами спостережень виявлено причини виникнення деформацій за походженням.

До деформацій що змінюють своє положення по вертикалі віднесено: прогин, вигин, перекіс, осідання, підйом.

До деформацій що можуть переміщуватися в плані віднесено: крен (нахил споруди внаслідок нерівномірних осідань), випуклість площини, опуклість площини, зсув, кручування.

Перелік посилань

1. ДСТУ Б В.2.1-30:2014 Ґрунти. Методи вимірювання деформацій основ будинків і споруд – К. : Мінрегіон України, 2015. – 20-27 с.

2. ДБН В.1.1-45:2017 Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах – К. : Мінрегіон України, 2017. – 20-23 с.

3. ДБН В.1.1-46:2017 Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів – К. : Мінрегіон України, 2017. – 41-42 с.

4. ДБН В.2.1 – 10: 2018 Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення, К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. – 7-8 с.

5. ДБН В.1.3 – 2: 2010. Геодезичні роботи в будівництві – К. : Мінрегіонбуд України, 2010. – 29-33 с.

6. ДБН А.2.1 – 1 2008. Інженерні вишукування для будівництва – К. : Мінрегіонбуд України, 2008. – 3-7 с.

7. ДСТУ – Н Б В.1.2 – 17:2016 Настанова щодо науково-технічного моніторингу будівель і споруд, К. : ДП «УкрНДНЦ», 2017.

8. Звіт про науково-технічну роботу: Моніторинг деформацій будинків №№ 7, 9, 11/12 на пров. Мар'яненка, №№ 9, 11 на вул. Мечникова та новобудови на вул. Мечникова, 11а в Печерському районі м. Києва / Ю.Мелашенко, О. Бень // ДП НДІБК. Київ 2015. 3-10.

9. Звіт про науково-технічну роботу: Науково-технічний супровід на об'єкті «Будівництво офісно-житлового центру за адресою: вул. Мечникова, 11а у Печерському районі м. Києва: Продовження моніторингу деформацій будинків №№ 7, 9, 11/12 на пров. Мар'яненка, №№ 9, 11 на вул. Мечникова та новобудови на вул. Мечникова, 11а в Печерському районі м. Києва / Ю.Мелашенко, М. Яковенко // ДП НДІБК. Київ 2020. 11-19.

10. Яковенко М. Огляд видів геодезичного моніторингу будівель і споруд в складних інженерно-геологічних умовах / М. Яковенко, О. Нестеренко // Сучасні проблеми архітектури та містобудування: зб. наук. праць. Київ : КНУБА, 2020. Вип. 55

11. Яковенко М. Аналіз методів геодезичного моніторингу деформацій інженерних споруд та зсувних процесів ґрунтових масивів / М. Яковенко, О. Нестеренко // Сучасні проблеми архітектури та містобудування: зб. наук. праць. Київ: КНУБА, 2020. Вип. 56.

12. К. Смолій. Аналіз сучасних геодезичних та геотехнічних методів моніторингу за деформаціями інженерних споруд / К. Смолій. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2015. – С. 87-89.

13. Ісаєв О. П. Геодезичний моніторинг - з досвіду виконання геодезичних робіт кафедри інженерної геодезії КНУБА / Ісаєв О.П., Адаменко О.В., Шульц Р.В. та ін.]. // Містобудування та територіальне планування. – 2013. – №47. – С. 265-277.

14. Баран П.І. Геодезичні спостереження за деформаціями об'єкта «Укриття» на Чорнобильській АЕС / Баран П.І., Сушко В.Г., Холоднюк О.В., Чорнокінь В.Я. // Вісник геодезії та картографії. – 1999. – №1. – С. 18-23.

15. Бондаренко И. Н. Современные методы мониторинга за техническим состоянием зданий и сооружений в процессе их эксплуатации / Бондаренко И. Н., Мартинов А. В., Мокасеев А.В // [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://masters.donntu.org/2014/igg/kondratenko/library/7.htm.

16. Грабовий В.М. Геодезія. Навчальний посібник / Грабовий В.М. // Житомир: ЖДТУ, 2004.

FOREST AREAS REMOTE MONITORING WITHIN THE LIMITS OF TRANSPORT OBJECTS IMPACT

Dovhopoliuk Liudmyla O., National Transport University, associate Professor of Roads Design, Geodesy and Land Management, e-mail: _katze_@ukr.net, tel. + 38097225-18-07, https://orcid.org/0000-0002-3401-8466.

Omelchuk Sibilla K., National Transport University, associate Professor nt of Road Design, Geodesy and Land Management, e-mail: sib-a@ukr.net, tel. + 38097440-38-27, https://orcid.org/0000-0003-2191-1551.

Soloviov Ihor L., Ph.D., associate Professor, National Transport University, assistant professor of the Department of Higher Mathematics, e-mail: i.soloviov@ntu.edu.ua, tel. 0442847109, Kyiv, Boychuk str., 42, K. 510, https://orcid.org/0000-0001-5203-4139.

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.

Abstract. The main causes of deformations are investigated in the article. Observations of deformations of structures are a set of measuring and descriptive measures to identify the magnitude of deformations and the causes of their occurrence. For complex and responsible structures, observations begin simultaneously with the design. At the site of future construction, the influence of natural factors is studied and in the same period a system of reference signs is created in order to determine in advance the degree of their stability. Observations directly on the structure begin from the beginning of its construction and continue throughout the construction period. For most large structures, observations are made during their operation. A measuring network is used for observations, which consists of the following geodetic signs: benchmark - a geodetic sign that fixes a point of the leveling network (the height position of this sign is practically unchanged during observations of deformations of structures); mark - a rigidly fixed on the structure of the building sign, which changes its height and planned position due to deformation of the structure; reference sign - a practically motionless sign in the horizontal plane, relative to which the displacements and rolls of structures are determined. All geodetic signs installed on the building and around it create a survey and support network, which are interconnected by geodetic measurements.

The service life of a construction site depends not only on the quality of construction materials and the quality of construction work, but also on the quality of operation, timely and accurate consideration of damage to buildings and forecasting their technical condition, which is impossible without measuring operations to obtain data for its safe functioning. At the stage of operation, the structures are subjected to numerous natural, man-made actions that must be taken into account in the project when choosing materials, developing structures and components, etc. However, in practice, the characteristics of building materials and structures may not meet the requirements of the design documentation, as a result, the combined effect of many factors will lead to accelerated wear of the building.

According to the special features of deformation are divided into types: those that change their vertical position and planned displacements, all together spatial displacements. Methods of research of deformations which are chosen according to a kind of deformation are considered.

Key words: geodetic monitoring, deformations, vertical deformations, horizontal deformations.

References

1. DSTU B B.2.1-30: 2014 Soils. Methods for measuring deformations of the foundations of buildings and structures – K .: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2015. – 20-27 p. [in Ukrainian].

2. DBN B.1.1-45: 2017 Buildings and structures in complex engineering and geological conditions – K .: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2017. – 20-23 p. [in Ukrainian].

3. DBN B.1.1-46: 2017 Engineering protection of territories, buildings and structures from landslides and collapses – K .: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2017. – 41-42 p. [in Ukrainian].

4. DBN B.2.1-10: 2018 Foundations and foundations of buildings and structures. Main provisions, Kyiv: Ministry of Regional Development, Construction and Housing of Ukraine, 2019. – 7-8 p. [in Ukrainian].

5. DBN B.1.3-2: 2010. Geodetic works in construction – K .: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2010. – 29-33 p. [in Ukrainian].

6. DBN A.2.1-1 2008. Engineering surveys for construction – K .: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2008. – 3-7 p. [in Ukrainian].

7. DSTU – N B B.1.2- 17: 2016 Guidelines for scientific and technical monitoring of buildings and structures, K .: SE "UkrNDNC", 2017. [in Ukrainian].

8. Report on scientific and technical work: Monitoring of deformations of buildings №№ 7, 9, 11/12 on the lane. Maryanenko, 9, 11 on the street. Mechnikov and new buildings on the street. Mechnikova, 11a in the Pechersk district of Kyiv / Yu. Melashenko, O. Ben // DP NDIBK. Kyiv 2015. C-10. [in Ukrainian].

9. Report on scientific and technical work: Scientific and technical support at the Object "Construction of office and residential center at the address: st. Mechnikova, 11a in the Pechersk district of Kyiv: Continuation of monitoring of deformations of buildings №№ 7, 9, 11/12 on Lane Maryanenko, 9, 11 on the street. Mechnikov and new buildings on the street. Mechnikova, 11a in the Pechersk district of Kyiv / Yu. Melashenko, M. Yakovenko // DP NDIBK. Kyiv 2020. P-19. [in Ukrainian].

10. Yakovenko M. Review of types of geodetic monitoring of buildings and structures in complex engineering and geological conditions / M. Yakovenko, O. Nesterenko // Modern problems of architecture and urban planning: collection. Science. work. Kyiv: KNUBA, 2020. Issue. 55. [in Ukrainian].

11. Yakovenko M. Analysis of methods of geodetic monitoring of deformations of engineering structures and landslides of soil massifs / M. Yakovenko, O. Nesterenko // Modern problems of architecture and urban planning: collection. Science. work. Kyiv: KNUBA, 2020. Issue. 56. [in Ukrainian].

12. K. Smoliy. Analysis of modern geodetic and geotechnical methods of monitoring deformations of engineering structures / K. Smoliy. // Modern achievements of geodetic science and production. – 2015. – P. 87–89. [in Ukrainian].

13. Isaev OP Geodetic monitoring – from the experience of geodetic works of the Department of Engineering Geodesy KNUBA / Isaev OP, Adamenko OV, Schultz RV etc.]. // Urban planning and spatial planning. – 2013. – №47. – P. 265-277. [in Ukrainian].

14. Baran P.I. Geodetic observations of deformations of the Shelter object at the Chernobyl NPP / Baran PI, Sushko VG, Kholodniuk OV, Chornokin V.Ya. // Bulletin of Geodesy and Cartography. – 1999. – №1. – P. 18-23. [in Ukrainian].

15. Bondarenko IN Modern methods of monitoring the technical condition of buildings and structures in the process of their operation / Bondarenko IN, Martinov AV, Mokaseev AV // [Electronic resource]. – Access mode: http://masters.donntu.org/2014/igg/kondratenko/library/7.htm. [in Russian].

16. Graboviy VM Geodesy Textbook / Grabovy VM // Zhytomyr: ZhSTU, 2004. [in Ukrainian].

УДК 625.7/.8
UDC 625.7/.8

DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-115-125

УДОСКОНАЛЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ НЕРІВНОСТЕЙ ОСНОВИ І ПОКРИТТЯ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

IMPROVEMENT OF GEODESIC METHODS FOR ROUGHNESS ASSESSMENT OF THE BASE AND PAVEMENT STRUCTURE



Ihnatov Serhii L., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of the Department of Road Design, Geodesy and Land Management, e-mail: ignatovsl@ukr.net, +3809685149826

https://orcid.org/0000-0002-6403-0722



Neizvestna Nataliia V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of the Department of Road Design, Geodesy and Land Management, e-mail: supernesh@ukr.net, +380957970158

https://orcid.org/0000-0003-2406-3906



Pavliuk Dmytro O., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Professor of the Department of Road Design, Geodesy and Land Management, e-mail: ntupavlukd@gmail.com, +380672099378

https://orcid.org/0000-0003-4493-4238



Sevriuk Borys M., Group of companies "Dobrograd", Land Surveyor, e-mail: sevryuck@gmail.com, +380956823068

https://orcid.org/0000-0001-6642-2458



Shuliak Ivan S., Candidate of Technical Sciences, National Transport University, Associate Professor of the Department of Road Design, Geodesy and Land Management, e-mail: i.s.shuliak@gmail.com, +380506437690

https://orcid.org/0000-0003-0609-731X

Abstract. The article is about the results of the research and development work of highways and airfields laboratory of the National Transport University, namely the development of an experimental sample

of a microleveler for evaluating the unroughness of the base and road surface on the basis of an already existing device for measuring the rutting (transverse roughness) of the road surface.

The general appearance, main technical characteristics and the algorithm for working with the device are given. The performance of the device was tested by conducting control measurements in parallel with a level of a traditional design on the surface of an asphalt concrete pavement under natural conditions.

On the territory of the National Transport University, a series of experimental studies was carried out using known measures of length, accepted as reference ones.

Further research and implementation of the device described in the article into the practice of the road industry in Ukraine will make it possible to quickly monitor the construction and repair of road surfaces and coatings and to make corrections in technological processes, to purposefully manage quality, to assess the condition of road surfaces and coatings that are in operation, and to identify local sections of roads with unsatisfactory levelness, which in turn will contribute to the reduction of road accidents associated with unsatisfactory road conditions.

At the same time, it is expected that the cost of a domestic microleveler for evaluating the unroughness of the base and covering of road clothing may be several dozen times lower, compared to foreign analogues, under the condition of mass production.

Keywords: road structure, roughness of road surfaces, longitudinal equality, transverse equality, geometric leveling, microleveling, International Roughness Index IRI.

Introduction. The issue of improvement and development of means for evaluating the transport and operational indicators of road structures has always been and is relevant and extremely important for the road industry of Ukraine.

The accuracy and objectivity of the assessment of the operational state of road structures makes it possible to timely identify sections of roads with insufficient strength and take measures to strengthen them, which contributes to the improvement of the transport and operational state of highways.

At the same time, a detailed analysis of the state of the problem of determining the operational properties of road surfaces and deformation characteristics of road structures in different countries of the world showed that one of the main indicators characterizing the quality of the road structure is also equality.

There are about 50 fundamentally different designs of devices for assessing the uniformity of coatings and several hundred of their various modifications. There are much fewer equality assessment methods.

Materials and methods.

A group of American scientists from the University of Michigan, which included: Michelle Sayers, Steven Karamigas, etc., based on the results of the review, suggested dividing the existing devices for assessing the uniformity of coatings into 4 classes according to the methods underlying them.

According to the international classification, methods (equipment) for assessing equality are divided into 4 classes. In contrast to our standards, the fourth class is present abroad - equipment for expert and visual evaluation of equality.

Analysis of domestic and foreign experience of equality assessment shows that the highest quality equality assessment can be obtained only with the help of methods (equipment) of the 1st and 2nd classes.

Large-scale studies conducted in the 80s of the 20th century conclusively proved the inability of traditional methods and devices (which mostly belong to the 3rd and 4th classes) to qualitatively assess the roughness of road surfaces.

Based on the analysis of scientific and technical sources, it was established that the most reproducible are the data of profilometers, which use the principle of scanning the surface of the road surface using mainly ultrasonic and laser systems. Therefore, they received further development all over the world. But the main drawback of this equipment is its extremely high cost.

Therefore, in the road industry, more accessible, albeit less productive, methods of assessing equality continue to be widely used to this day, including geodesic. Along with the traditional geodetic methods of measuring the unroughness of the base and road surfaces, such as geometric (technical) or trigonometric leveling, it is also possible to use such a specific method as microleveling.

Microleveling is widely used in the installation and calibration of technological equipment. But its use is justified only when the distance between control points is within 1 m. For example, to monitor the stability of beams, trusses, foundations, technological equipment. This method is characterized by simplicity and high accuracy of measurements.

The electronic microleveler Dipstick-2000 (Fig. 1), developed by Face Construction Technologies, USA, is known in the world for assessing the roughness of concrete floors [1].



Figure 1 – Microleveler Dipstick-2000
Рисунок 1 – Мікронівелір Dipstick-2000

The Dipstick-2000 microleveler consists of a DS 2000 measuring unit, a Palmtop HP200LX computer for recording and storing measurement data, a long handle with a bracket for attaching a computer, power cells inside and a handle for convenient repositioning of the device [2].

The handle is rigidly fixed with the measuring block, which is mounted on the surface with the help of two supports. The Dipstick-2000 kit includes two pairs of supports. One pair has a larger contact area with the surface and is used for coatings with high roughness (asphalt concrete, cement concrete). The other has the shape of a needle and is used with smooth surfaces (metal, tiles). The distance between the supports can vary, but is usually 305 mm [2].

The technical characteristics of the device are given in the table 1.

Table 1 – The main technical characteristics of the microleveler Dipstick-2000 [2]
Таблиця 1 – Умови проведення лабораторних випробувань [2]

Name	Value
Distance between supports, mm	variable
Measurement range of excesses, mm	± 80
Permissible zero setting error, mm	± 0,1
Permissible error of measuring the excess at the station, mm	± 0,1
Permissible measurement error of excesses of the leveling stroke, mm	± (0,1 + 0,2 × 10^{-4} × D) where D – the length of the leveling stroke
Nutrition	Ni-Ca battery
The term of work, hours, not less	10
Overall dimensions, mm	560 × 350 × 990
Weight, kg	10,9

The essence of the measurements is as follows. With the help of a precision electronic accelerometer installed in the measuring unit, the angle of inclination of the device is fixed. The distance between the supports is known and constant. Using these data, the computer of the device calculates the excess between the supports of the microleveler (Fig. 2).

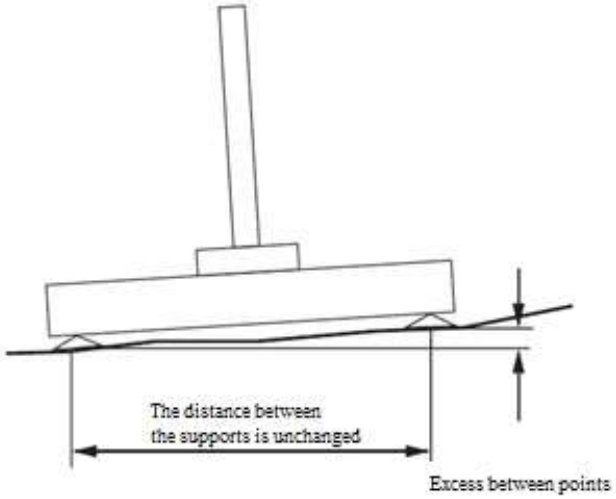


Figure 2 – The essence of measurement using a microleveler Dipstick-2000
Рисунок 2 – Сутність вимірювання за допомогою мікронівеліра Dipstick-2000

The measurement takes place as follows. First, the profile marking is performed, along which the survey of elevation marks of the pavement will be carried out, and data about the work site is entered into the computer. Next, the performer moves the device along the measured line so that one of the two supports remains stationary, while the other describes an arc of 180° and is set on the measured profile (Fig. 3).

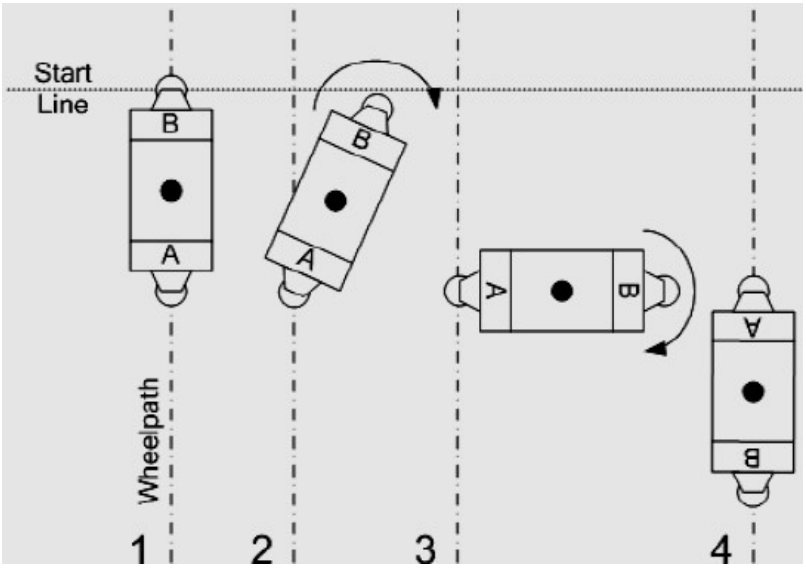


Figure 3 – The process of measurement using a microleveler Dipstick-2000
Рисунок 3 – Процес вимірювання із використанням мікронівеліра Dipstick-2000

After the system has stabilized, the device records the data and calculates the excess between the points above which the supports are located.

According to [2], 12 to 15 hours of continuous work is spent when measuring a longitudinal profile 2,500 m long with a survey step of 0.5 m with a Dipstick-2000 microleveler.

Later, a newer device Z-250 Reference Profiler was developed by the ROMDAS company in New Zealand for high-precision measurement of longitudinal profiles [3].

The raw data can be automatically processed by the Z-250 (Fig. 4) to calculate the International Identity Index (IRI) or further analyzed using standard, freely available software such as ProVal.





Figure 4 – Z-250 Reference Profiler
Рисунок 4 – Z-250 Reference Profiler

Z-250 can be used for:

- calibration or testing of other devices for measuring the roughness of coatings;
- monitoring the condition of roads, highways, bridges, etc.;
- data collection for accurate identification of vulnerable places on the coating;
- data collection for research purposes.

The Z-250 consists of two main components: a measuring unit and a portable computer that functions as a data logger. The measuring unit contains a battery, an accurate inclinometer and a power circuit. Detailed technical characteristics of the Z-250 are given in the table 2.

Table 2 –The main technical characteristics of the microleveler Z-250 [3]
Таблиця 2 – Основні технічні характеристики мікронівеліра Z-250 [3]

Name	Value
Accuracy class	1st class of accuracy of devices for measuring surface irregularities
The distance between the supports	250 mm
Measurement method	high-precision inclinometer
Permissible error of measuring the excess at the station	0,05 mm
Battery life	14 hours (continuous measurements)
Overall dimensions	250 mm × 80 mm × 140 mm
Mass	3 – 5 kg without battery

The principle of measurement in Z-250 is the same as in Dipstick-2000. During shooting, the Z-250 displays the distance traveled and the current height (in mm). After passing 30 m, the device will additionally display the IRI value in real time. After the measurement is completed, the final IRI value is displayed on the screen. The user also has the opportunity to build a coverage profile (Fig. 5).



Figure 5 – Display of measurement results on a PC
Рисунок 5 – Відображення результатів вимірювання на ПК

For each measurement, two files with extensions are created:

- .txt – a text file containing 3 columns: distance, coverage elevations, and summary or longitudinal profile data;
- .erd – the .ERD file can be imported into software such as ProVal or RoadRuf for further analysis of road profiles.

The advantages of Z-250 are:

- registration of roughness and longitudinal profiles of the coating with high accuracy;
- free data formats;
- connection to the data logger via Bluetooth connection;
- intuitive and convenient interface.

Results. On the basis of the device for measuring the rutting of the road surface [4-8] in the laboratory of highways and airfields of the National Transport University, an experimental sample of the device was developed, similar in principle to the Dipstick-2000 microleveler (Fig. 6).



Figure 6 – Microleveler based on the NTU laser profilograph
Рисунок 6 – Мікронівелір на базі лазерного профілографа НТУ

The device is a metal frame on two hinged supports with a platform attached to it, on which the measuring carriage of the laser profilograph is installed. The distance between the supports is 500 mm. The angle of inclination is measured using a laser sensor installed in the profilograph carriage. The measurement procedure is the same as when using Dipstick-2000. The difference is that the values of the angle of inclination are recorded manually by the operator. To do this, you need to go to the «Displays of sensors» item in the main menu of the profilograph and find the line «Inclination».

In order to check the performance of the experimental sample of the device, a number of control measurements were carried out in parallel with the measurements using a leveler of a traditional design.

The research was conducted on the surface of the asphalt concrete pavement under natural conditions on the territory of the National Transport University (Fig. 7).





Figure 7 – The process of conducting experimental research in natural conditions
Рисунок 7 – Процес проведення експериментальних досліджень у натурних умовах

A marking was made along the line of the measured profile using a measuring tape. The leveling rail was placed on the heels of the microleveler at each measurement. The obtained results are shown in the table 3.

Table 3 – Measurement results
Таблиця 3 – Результати вимірювань

Picket	Readout		Excess, mm	
	Level, mm	Microleveler, degree	Level	Microleveler
0	4695	+ 0,334	+ 3	+ 2,91
0,5	4698			
1,0	4700	+ 0,340	+ 2	+ 2,97

The excess on the microleveler was found by the following formula:

$$h = l \cdot \sin i \quad (1)$$

where i – tilt angle;
h – sought excess;
l – distance between points.

Since the distance between the supports of the microleveler is known (500 mm), formula (1) takes the form:

$$h = 500 \cdot \sin i \quad (2)$$

As follows from the table 3, the values of excesses obtained using a leveler and a microleveler do not differ significantly. So, we can say that the experimental sample of the microleveler was in working condition.

In the future, a series of experimental studies was also carried out using known measures of length, accepted as reference ones.

The research was conducted on a tiled surface (Fig. 8).



Figure 8 – Experimental studies using known measures of length
Рисунок 8 – Експериментальні дослідження з використанням відомих мір довжини

With the help of an electronic level, it was established that the surface of the tile is clearly horizontal and can be used as a reference.

With the same parking points of the heels of the device, zeroing of the readings of the microlevel was carried out by bringing the readings in the forward and reverse directions to the same, but diametrically opposite values.

The following were used as reference measures:

- 24 mm thick metal weight;
- polyethylene plate with a thickness of 3 mm;
- plastic plate 1 mm thick.

The results of measurements are given in table 4.

Table 4 – Results of measurements using known measures of length
Таблиця 4 – Результати вимірювань з використанням відомих мір довжини

Measure, mm	Indication		Excess, mm		Absolute error, mm	Relative error, %
	Level, mm	Microleveler, degree	Level	Microleveler	Microleveler	
0	1188	0	-	-		
24	1163	2,803	25	24,45	0,45	2
3	1182	0,339	6	2,95	0,05	2
1	1186	0,115	2	1	0	0

As follows from the table, the relative error of measurements of excesses using a microleveler is within 2%, which is significantly less than the maximum permissible value of 5%.

Conclusions and Recommendations.

Based on the device for measuring the rutting of the road surface, an experimental sample of a new domestic device has been developed, which is similar in principle to the Dipstick-2000 microleveler and the method of evaluating the unroughness of the foundations and road surface with its use.

The microleveler has successfully passed a number of experimental studies, proving itself as a device that is simple and easy to use and maintain.

The relative error of measurements of excesses using a microleveler was within 2%, which is significantly less than the maximum permissible value of 5%.

After successful experimental research, the work started can be continued in the future in the direction of manufacturing a microleveler prototype, developing a technical project and working design documentation with the aim of serial production of this new measuring equipment to improve the quality of road construction.

References

1. Hroshev Y.V. Tekhnolohyia syemky prodolnoho profylia s yspolzovanyem mykronyvelyra DIPSTICK-2000 (Longitudinal profile survey technology using DIPSTICK-2000 microlevel). Nauchno-tekhnycheskyi zhurnal po heodezyy, kartohrafyy y navyhatsyy "Heoprofy". Moskva, 2003. Issue 2. P. 25 – 27. http://www.geoprofi.ru/technology/Article_687_10.aspx

2. Sayers M.W. The little Book of Profiling. Basic Information about Measuring and Interpreting Road Profiles / M. W. Sayers, S. M. Karamihas. – Michigan : The University of Michigan Transportation Research Institute, 1998. – 306 p.

3. Z-250 Reference Profiler. Kataloh produktsii kompanii «ROMDAS» / Data Collection Ltd., Auckland, 2022. 3 p. URL: https://romdas.com/downloads/documents/21-05-12%20ROMDAS%20Z250%20Brochure.pdf

4. Patent na korysnu model 128144 Ukraina, IPC E01C 23/07. Prystrii dlia vymiriuvannia koliinosti dorozhnoho pokryttia (Device for measuring pavement ruts) / Pavliuk D.O., Pavliuk V.V., Tyshchenko-Tyshkovets L.K., Shuliak I.S., Sevriuk B.M. (Ukraina) ; zaiavnyk ta patentovlasnyk Natsionalnyi transportnyi universytet. – № u 2018 01526 ; zaiavl. 16.02.2018 ; opubl. 10.09.2018, Biul. № 17. – 4 p. https://library.uipv.org/document?fund=2&id=250725&to_fund=2

5. Pavliuk D.A., Pavliuk V.V., Pavliuk V.V., Lebedev A.S. et al. Rezultaty naukovoi ta doslidno-konstruktorskoi roboty laboratorii avtomobilnykh dorih ta aerodromiv Natsionalnoho transportnoho universytetu (The results of the research and experimental-design work of the roads and airfields laboratory under the National transport university of Ukraine. Visnyk National Transport University). Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2015. – Issue 1 (31). P. 401–414.

6. Shuliak I.S., Pavliuk D.O. Sposib otsiniuvannia koliiestiikosti dorozhnikh konstruktsii (Assessment method of resistance to rutting of road construction). Zbirnyk naukovykh prats. Seriia: haluzeve mashynobuduvannia, budivnytstvo. Poltava, 2016. Issue. 2 (47). P. 246–257. http://journals.pntu.edu.ua/znp/article/view/93

7. Shuliak I.S. Udoskonalennia metodiv vyprobuvan dorozhnikh konstruktsii pry diahnostuvanni avtomobilnykh dorih (Road constructions test methods improvement in the process of road diagnosis) : dys. … kand. tekhn. nauk : 05.22.11 / NTU. Kyiv, 2018. 245 p. URL: http://diser.ntu.edu.ua/Shuliak_dis.pdf

8. Shuliak I.S. Developing a method of road constructions durability assessing towards track and production conditions testing / I.S. Shuliak // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. – Košice : Academic Society of Michal Baludansky, 2019. – Volume 7, No. 6B/2019. – P. 108 – 112.

УДОСКОНАЛЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ НЕРІВНОСТЕЙ ОСНОВИ І ПОКРИТТЯ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

Ігнатов Сергій Леонідович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, e-mail: ignatovsl@ukr.net, +3809685149826, ORCID 0000-0002-6403-0722

Неізвестна Наталія Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, e-mail: supernesh@ukr.net, +380957970158, ORCID 0000-0003-2406-3906

Павлюк Дмитро Олександрович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, e-mail: ntupavlukd@gmail.com, +380672099378, ORCID 0000-0003-4493-4238

Севрюк Борис Миколайович, група компаній "Доброград", інженер-геодезист, e-mail: sevryuck@gmail.com, +380956823068, ORCID 0000-0001-6642-2458

Шуляк Іван Станіславович, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, e-mail: i.s.shuliak@gmail.com, +380506437690, ORCID 0000-0003-0609-731X

Анотація. В статті йдеться про результати дослідно-конструкторської роботи лабораторії автомобільних доріг та аеродромів Національного транспортного університету, а саме розробку експериментального зразка мікронівеліру для оцінювання нерівностей основи і покриття дорожнього одягу на базі вже існуючого пристрою для вимірювання колійності (поперечної рівності) дорожнього покриття.

Наведено загальний вигляд, основні технічні характеристики та алгоритм роботи з приладом. Виконано перевірку працездатності приладу при проведенні контрольних вимірювань паралельно з нівеліром традиційної конструкції на поверхні асфальтобетонного покриття у натурних умовах.

На території Національного транспортного університету проведено серію експериментальних досліджень з використанням відомих мір довжини, прийнятих у якості еталонних.

Подальші дослідження та впровадження описаного в статті приладу в практику дорожнього господарства України дадуть змогу оперативно контролювати будівництво і ремонт дорожніх одягів та покриттів і вносити корективи в технологічні процеси, цілеспрямовано керувати якістю, оцінювати стан дорожніх одягів та покриттів, що знаходяться на стадії експлуатації і виявляти локальні ділянки доріг з незадовільною рівністю, що в свою чергу буде сприяти зменшенню ДТП, пов'язаних з незадовільними дорожніми умовами.

В той же час, очікується, що вартість вітчизняного мікронівеліру для оцінювання нерівностей основи і покриття дорожнього одягу може в декілька десятків разів бути нижчою, порівняно з закордонними аналогами, за умови серійного виробництва.

Ключові слова: дорожня конструкція, рівність дорожніх покриттів, поздовжня рівність, поперечна рівність, геометричне нівелювання, мікронівелювання, Міжнародний індекс рівності IRI.

Перелік посилань

1. Грошев И. В. Технология съемки продольного профиля с использованием микронивелира DIPSTICK-2000. *Научно-технический журнал по геодезии, картографии и навигации "Геопрофи"*. Москва, 2003. № 2. С. 25 – 27. – Режим доступу: http://www.geoprofi.ru/technology/Article_687_10.aspx

2. Sayers M.W. The little Book of Profiling. Basic Information about Measuring and Interpreting Road Profiles / M. W. Sayers, S. M. Karamihas. – Michigan : The University of Michigan Transportation Research Institute, 1998. – 306 p.

3. Z-250 Reference Profiler. Каталог продукції компанії «ROMDAS» / Data Collection Ltd., Auckland, 2022. 3 с. – Режим доступу: https://romdas.com/downloads/documents/21-05-12%20ROMDAS%20Z250%20Brochure.pdf

4. Патент на корисну модель 128144 Україна, МПК E01C 23/07. Пристрій для вимірювання колійності дорожнього покриття / Павлюк Д.О., Павлюк В.В., Тищенко-Тишковець Л.К., Шуляк І.С., Севрюк Б.М. (Україна) ; заявник та патентовласник Національний транспортний університет. – № u 2018 01526 ; заявл. 16.02.2018 ; опубл. 10.09.2018, Бюл. № 17. – 4 с. – Режим доступу: https://library.uipv.org/document?fund=2&id= 250725&to_fund=2

5. Шуляк І. С., Павлюк Д. О., Павлюк В. В., Павлюк В. В., Лебедєв О. С., Іващенко А. П., Шур'яков М. В., Терещук В. П., Чаповський В. С., Клітченко Б. В. Результати наукової та дослідно-конструкторської роботи лабораторії автомобільних доріг та аеродромів Національного транспортного університету. Вісник Національного транспортного університету. Київ, 2015. Вип. 1 (31). С. 401−414.

6. Шуляк І.С., Павлюк Д.О. Спосіб оцінювання колієстійкості дорожніх конструкцій. Збірник наукових праць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво. Полтава, 2016. Вип. 2 (47). С. 246–257. – Режим доступу: http://journals.pntu.edu.ua/znp/article/view/93

7. Шуляк І.С. Удосконалення методів випробувань дорожніх конструкцій при діагностуванні автомобільних доріг : дис. … канд. техн. наук : 05.22.11 / НТУ. Київ, 2018. 245 с. – Режим доступу: http://diser.ntu.edu.ua/ Shuliak_dis.pdf

8. Shuliak I.S. Developing a method of road constructions durability assessing towards track and production conditions testing / I.S. Shuliak // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. – Košice : Academic Society of Michal Baludansky, 2019. – Volume 7, No. 6B/2019. – P. 108 – 112.

УДК 556. 165.1 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-126-132**
UDC 556. 165.1

ПРО ПРОГНОЗОВАНІСТЬ ГІДРОЛОГІЧНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ

ABOUT OF FORECASTING POSSIBILITY OF HYDROLOGICAL TIME SERIES



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. Пропонується для прогнозування природних (у тому числі гідрологічних) часових рядів використовувати підхід, що заснований на концепції детермінізму у своєму втілені у вигляді парадигми динамічного хаосу.

На базі аналізу часового ряду виявляють приховані закономірності у вихідних даних, які далі використовують для здійснення процесу прогнозування.

Враховуючи, що гідрологічні часові ряди мають специфічну хаотичну поведінку, ці ряди можливо спрогнозувати лише на обмежену кількість кроків вперед.

Для таких рядів існує певна межа – горизонт прогнозованості (передбачуваності).

Реальний прогноз можливий лише у разі, якщо не виходити за горизонт прогнозованості.

Метою роботи є розробка процедури дослідження гідрологічного часового ряду на прогнозованість.

У якості вихідних використані середньодобові дані витрат води крупної рівнинної річки України довжиною 4*365 точок.

Можливе також усереднення ряду витрат води для 5 або більше точок відповідно.

Для прогнозування гідрологічного часового ряду застосовували розроблену авторами модифікацію метода локальної апроксимації.

Горизонт прогнозованості гідрологічного часового ряду визначався через лінійний коефіцієнт корреляції: на скільки точок вперед можливо максимально спрогнозувати даний ряд, якщо лінійний коефіцієнт корреляції між реальними та спрогнозованими значеннями буде знаходитись в межах [0.7 … 1.0].

Був визначений горизонт прогнозованості реального часового гідрологічного ряду в залежності від параметра ***DIM*** (розмірності фазового простору, який реконструюється).

Одержані в результаті дослідження дані свідчать про істотну детермінованість в поведінці ряду з точки зору його прогнозованості (даний ряд прогнозується як мінімум на 15 точок (кроків) та максимум на 22 точки вперед).

Розроблено програмне забезпечення, за допомогою якого досліджувались гідрологічні та гідрохімічні ряди на прогнозованість.

Як показали результати дослідження, використання метода локальної апроксимації нульового порядку більш ефективне у порівнянні із іншими методами гідрологічного прогнозування, де реальний прогноз здійснюється на одну, максимум дві точки вперед.

Ключові слова: гідрологічний часовий ряд, прогнозування гідрологічного ряду, метод локальної апроксимації, горизонт прогнозованості.

Річка здається величезною для того, хто не
бачив іншої, більш широкої.
Лукрецій Кар. "Про природу речей"

Вступ

При проектуванні мостових переходів та гідротехнічних дорожніх споруд обов'язково використовують прогнозні рішення щодо майбутнього стану водного об'єкта.

Раніше при прогнозуванні гідрологічних характеристик домінували імовірнісно-статистичні методи розрахунку.

На даний час однозначно встановлено, що результати прогнозування процесів на основі методів теорії ймовірностей не підтверджуються практикою внаслідок високих помилок та малої завчасності прогнозів.

Розробки на основі важко одержуваних вихідних даних для систем диференціальних або різницевих рівнянь, та далі знаходження коефіцієнтів для побудови відповідних моделей прогнозування також не знайшли широкого застосування у гідрологічних розрахунках.

Найчастіше продовжується використання методів прогнозування, які не відповідають запитам практики.

Нові підходи до прогнозування природних (зокрема гідрологічних) процесів, що засновані на концепції детермінізму у своєму втіленні у вигляді парадигми динамічного хаосу, виявилися найбільш успішними.

В цьому випадку для прогнозу часового ряду необхідний тільки сам часовий ряд, де важливий порядок слідкування складових цього ряду, і нічого більше!

Справа в тому, що детермінований часовий ряд породжується за певним законом: конкретне значення у ряді визначається декількома попередніми значеннями.

На основі аналізу часового ряду виявляють приховані закономірності у вихідних даних, які згодом використовують для здійснення процесу прогнозування.

Однак якщо це "випадковий" часовий ряд, про його прогнозування взагалі річ йти не може - "випадковий" часовий ряд не прогнозується на жодну точку вперед.

Природні часові ряди не є "випадковими" рядами. Як не є рядами повністю детермінованими.

Згідно із сучасними уявленнями, такі ряди слід відносити до рядів "невизначених".

Математична модель зазвичай може містити або детерміновані, або "випадкові" величини.

Мистецтво побудови математичної моделі у даному випадку полягає у разі у тому, щоб "невизначені" величини, із якими доводиться мати справу, нехай наближено, але представлялися через величини детерміновані [1].

Як відомо, гідрологічні часові ряди мають специфічну "хаотичну" поведінку [2-6].

Такі ряди, як і будь-які детерміновано-хаотичні ряди, можливо спрогнозувати лише на обмежену кількість кроків уперед, оскільки для таких рядів існує певна межа – так званий горизонт прогнозованості (передбачуваності).

Тобто реальний прогноз можливий лише у разі, якщо не виходити за цей горизонт прогнозованості [7].

Це пояснюється високою "чутливістю" гідрологічних часових рядів до наявних відмінностей у початкових умовах (детерміновано-хаотичні ряди мають позитивний старший показник Ляпунова).

Мета роботи – розробка процедури дослідження гідрологічного часового ряду на прогнозованість.

Задачі:

1. Визначити особливості прогнозування природних часових рядів методом локальної апроксимації;

2. Виконати прогнозування гідрологічного часового ряду за допомогою модифікованого ***LA***–метода;

3. Встановити характер можливих обмежень при використанні метода ***LA*** у разі прогнозування річного стоку.

Вихідні дані

Як вихідні, використовувалися середньодобові дані щодо витрат води Q, $м^3/с$, крупної рівнинної річки України.

Для простоти організації обчислень дані за 29 лютого із часових рядів видалялися.

Відомо, що зі збільшенням довжини часового ряду його горизонт прогнозованості зростає.

У той же час якісні співвідношення завжди залишаються практично сталими при переході від довжини ряду, наприклад, в 4*365 точок, до значно більшої його довжини (10*365 точок, і навіть 20*365 точок) .

Однак зростання довжини ряду природньо призводить до помітного збільшення часу розрахунків.

З іншого боку, для дуже коротких часових гідрологічних рядів може бути складно знайти досить прийнятний аналог (тобто здійснити прогноз необхідної якості).

Зважаючи на це, у роботі розглядали гідрологічні часові ряди довжиною 4*365 точок, що відповідало чотирьом рокам спостережень.

Особливості прогнозування гідрологічного часового ряду методом локальної апроксимації.

На даний час відомий один із найпростіших, але в той же час ефективний, метод прогнозування часових рядів – метод локальної апроксимації (метод ***LA***).

Існує безліч модифікацій методу ***LA***, об'єднаних загальною ідеєю – близькі початкові умови породжують і близькі результати.

Використовується даний метод в гідрологічному прогнозуванні [8, 9].

У цьому дослідженні як інструмент прогнозування застосовувалася розроблена авторами модифікація методу ***LA*** нульового порядку [10].

Як показав попередній аналіз, ряд середньодобових витрат води має вид, характерний для потокової динамічної системи.

При формуванні траєкторної матриці використовували параметри ***DIM*** (розмірність реконструйованого фазового простору) та ***TAY*** (часова затримка, необхідна для формування траєкторної матриці).

У даному випадку значення ***DIM*** – це число стовпців траєкторної матриці.

Передбачалося, що ***DIM*** – мірна система відновлюється за одновимірним часовим рядом згідно теореми Такенса.

Кількість аналогів було прийнято рівним NA=1.

Зазвичай параметри ***DIM*** та ***TAY*** визначаються шляхом попереднього аналізу вихідного часового ряду за допомогою спеціальних процедур, і лише потім формується траєкторна матриця. Однак оскільки автори планували дати лише специфікацію процедури дослідження часового ряду на прогнозованість, подальшу інформацію подавали наступним чином.

Задавалися величиною ***TAY=1***, що дозволяло сформувати траєкторну матрицю із наступними та поступовими значеннями часового ряду.

При прогнозуванні використали принцип “прямого прогнозування”, де прогноз виконується “одним стрибком” на стільки точок вперед, на скільки це буде потрібно.

На відміну від цього ітеративний прогноз вимагає спочатку виконання прогнозу на одну точку вперед, потім ще на одну точку, і так далі. Тобто необхідно у цьому разі спрогнозувати всі попередні (проміжні) точки для досягнення мети прогнозування.

Слід також врахувати, що у реальній процедурі повинна перевірятись умова на відповідність розміру траєкторної матриці та максимальної кількості кроків вперед прогнозу, щоб не було виходу за границі матриці.

Зважаючи на те, що для природних (у тому числі гідрологічних) рядів найкращий аналог – це звичайно найближча строка траєкторної матриці, нове прогнозне значення може дорівнювати значенню попередньому.

Крім того, буде неможливо у цьому випадку виконати прогноз більш ніж на одну точку.

Тому у реальній процедурі між кінцевою строкою та тією областю траєкторної матриці, де будемо шукати аналог, здійснювати зазор в ***DIM***-строк.

Реальна процедура виконана так, що при некоректному значенні параметрів робота програми припиняється. В результаті роботи програми одержували прогнозні значення витрат річкової води Q, м^3/с.

Визначення горизонта прогнозованості гідрологічного часового ряда

Горизонт прогнозованості (передбачуваності) FH ряду (Forecasting Horizont) визначався через лінійний коефіцієнт кореляції.

Тобто, на скільки точок вперед можливо максимально спрогнозувати даний ряд, якщо лінійний коефіцієнт кореляції CC між реальними та прогнозними значеннями буде знаходитись в межах [0,7 … 1,0].

Слід зазначити, що для оцінки якості прогнозу лінійний коефіцієнт кореляції не можна визнати найкращим вибором. Більш правильним буде використання непараметричного коефіцієнта кореляції [11].

Проте використання лінійного коефіцієнта кореляції дозволило зіставляти отримані результати з результатами досліджень інших авторів по цьому питанню.

Деякі графіки прогнозованості одного із вихідних гідрологічних часових рядів представлені на рис. 1 та рис. 2.

Значення ***AHEAD*** – це загальна кількість точок, на які виконувався прогноз.

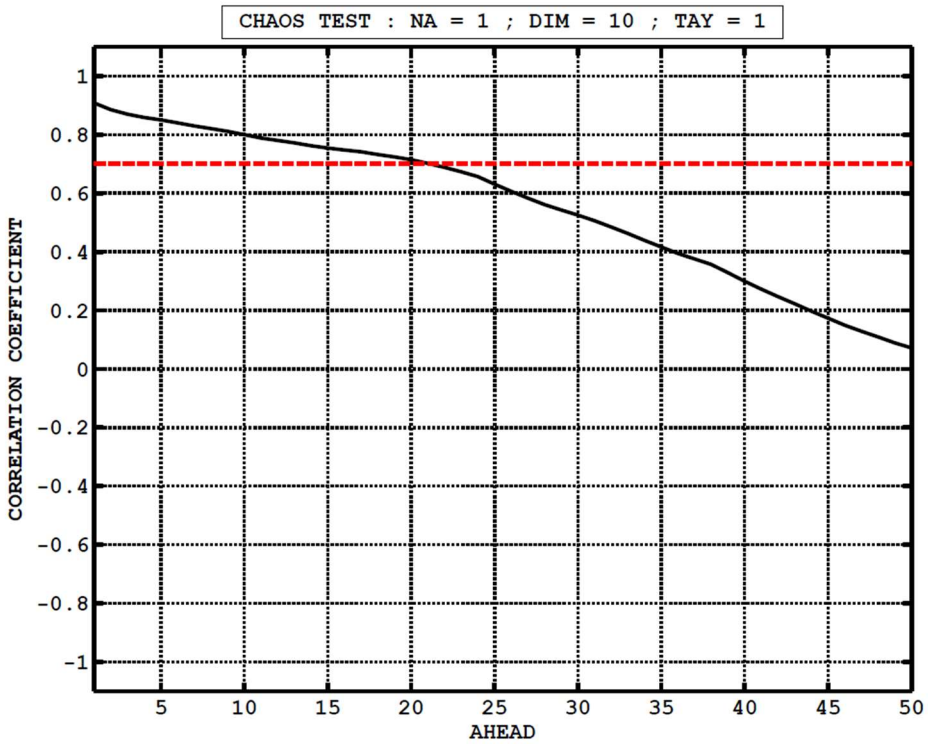


Рисунок 1 – Графік прогнозованості гідрологічного часового ряду при значенні величини ***DIM=10***.
Figure 1 – Graph of forecasting possibility of hydrological time series for ***DIM=10***.

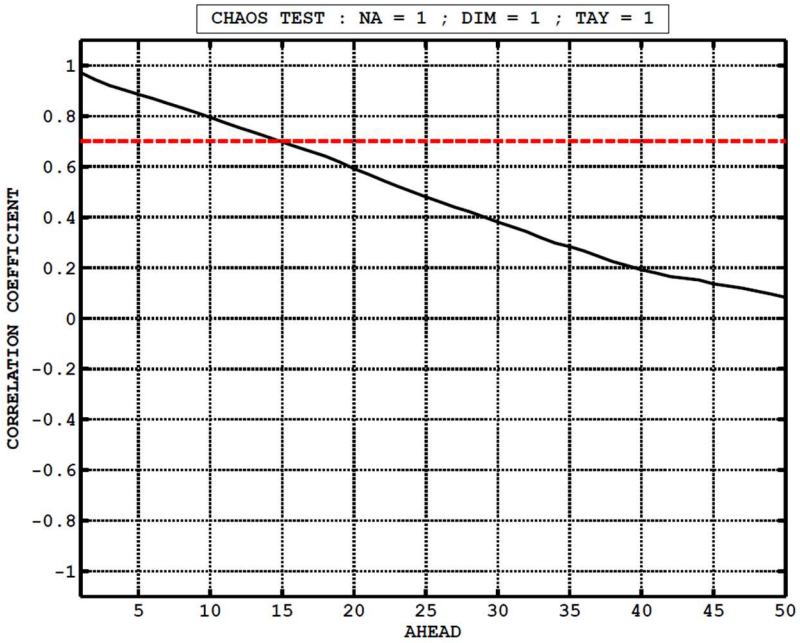


Рисунок 2 – Графік прогнозованості гідрологічного часового ряду при значенні величини ***DIM=1***.

Figure 2 – Graph of forecasting possibility of hydrological time series for ***DIM=1***.

Таблиця 1 – Значення величини горизонту прогнозованості ***FH*** залежно від параметра ***DIM*** для часового гідрологічного ряду при фіксованих параметрах ***NA=1*** та ***TAY=1***.

Table 1 – The value of the predictability horizon ***FH*** depending on parameter ***DIM*** for the time hydrological series with fixed parameters ***NA=1***, ***TAY=1***.

Параметр ***DIM***	Значення величини ***FH***
1	15
5	18
10	22
15	19
20	17
25	17
30	16

У таблиці 1 наведено значення горизонту прогнозованості залежно від параметра ***DIM***.

В даному випадку можна говорити про істотну детермінованість у поведінці гідрологічного ряду з точки зору його прогнозованості, оскільки ряд прогнозується як мінімум на 15 точок вперед (при параметрі ***DIM=1***) та максимум на 22 точки (при ***DIM=10***).

При цьому можна відповідно розглядати ряд витрат (точок), усереднених на 5 і більше діб [12].

В результаті проведеної роботи розроблено програмне забезпечення (комплекс програм), за допомогою якого досліджуються різні гідрологічні ряди на прогнозованість.

Процедури написані мовою програмування ***NATLAB*** таким чином, що можуть виконуватися також у ***FREEMAT*** та ***OCTAVE***.

Як показали результати дослідження, метод локальної апроксимації набагато ефективніший за інші методи гідрологічного прогнозування, де реальний (промисловий) прогноз здійснюється зазвичай на одну, максимум дві точки вперед.

Відзначимо також, що загальні положення та підхід до оцінки прогнозованості, запропоновані у статті, виконуються і для більшості інших природних часових рядів.

Висновки

1. З точки зору практики вводяться поняття “випадкового” та “детермінованого” часового ряду. "Випадковий" часовий ряд не прогнозується на жодну точку вперед, тоді як ряд "детермінований" прогнозується мінімум на одну точку при певних параметрах прогнозування.

2. Розроблено методику оцінки природних часових рядів на прогнозованість. Величина (ступінь) прогнозованості часового ряду визначається через значення горизонта прогнозованості.

3. Виконане дослідження гідрологічних часових рядів на прогнозованість. Встановлено, що у своїй більшості гідрологічні часові ряди – це ряди детерміновані і при цьому достатньо добре прогнозовані.

Напрямок подальших досліджень

Наступні дослідження по даному питанню пов'язані із розробкою нових ефективних методів нелінійного прогнозування гідрологічних процесів.

Розробляється також метод прогнозування, що заснований на використанні радіальних базисних функцій (не плутати із відповідними нейронними сітками!).

Вивчаються практичні можливості застосування "символьної" регресії та "вирішувальних дерев" у практиці гідрологічних розрахунків.

Перелік посилань

1. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: Учеб. пособие. М.: Финансы и статистика, 2003. 416 с.

2. Jayawardena A.W., Lai F. Chaos in hydrological time series. Extreme Hydrological Events: Precipitation, Floods and Droughis. – Proceedings of the Yokohama Symposium, July 1993. IAHS, Publ. №213. 1993. P. 59-66.

3. Koutsoyiannis D. On the guest for chaotic attractors in hydrological processes. Hydrological Sciences, 51(6). Dec. 2006. P. 1065-1091.

4. Sivakumar B., Berndtsson R., Olsson J., Jinno K., Kawamura A. Dynamics of monthly rainfall-runoff process at the Gota basin: A search for chaos. Hydrology and Earth System Sciences, 4(3). 2000. P. 407-417.

5. Jayawardena A.W., Li W.K., Xu P. Neighboyrhood selection for local modelling and prediction of hydrological time series. Journal of Hydrology, 258. 2002. P. 40-57.

6. Khan S., Ganguly A.R., Saigal S. Detection and predictive modeling of chaos in finite hydrological time series. Nonlinear Processes in Geophysics, 12. 2005. P. 41-53.

7. Малинецкий Г.Г., Потапов А.Б. Современные проблемы нелинейной динамики. М., Эдиториал УРСС, 2000. 336 с.

8. Jayawardena A.W. Runoff forecasting using a local approximation method. Destructive Water: Water-Caused Natural Disasters, their Abatement and Control. Proceedings of the Conference held at Anaheim, California, June 1996. IAHS, Publ. №239. 1997. P. 167-171.

9. Юшкина О.А. Анализ и прогноз временной изменчивости речного стока методами нелинейной динамики: автореф. дис. … канд. географ. наук. Иркутск, 2009. 20 с.

10. Артеменко В.А., Петрович В.В. Прогнозування нерегулярних часових рядів методом локальної апроксимації. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Київ, 2012. Вип. 86. С. 176-195.

11. Артеменко В.А., Петрович В.В. Непараметричний показник варіабельності гідроекологічних часових рядів. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Київ, 2021. Вип. 109. С. 103-108.

12. Артёменко В.А., Петрович В.В. Повышение качества прогнозирования гидрологических временных рядов. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Київ, 2014. Вип. 92. С. 114-127.

ABOUT OF FORECASTING POSSIBILITY OF HYDROLOGICAL TIME SERIES

Artemenko Vladislav 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. It is offered forecast the natural time series (hydrological time series) by methods the deterministic chaotic dynamic.

At analysis of the time series reveal the hidden regularities at raw data's.

Hereinafter revealled regularities use for realization of the forecast of input data.

Hydrological time series either as chaotical time series possible forecast only at determined number

step onward.

For hydrological time series exists the limit of forecasting (forecasting horizon).

The identical prediction possible unless come behind of the forecasting horizon.

The aim of the work there is design of the procedure the investigations of the natural time series on possibility of the forecasting.

As raw data's were used the mean day data of consuption for the large flat river of the Ukraine (length is 4*365 points).

For forecasting of the natural time series it was used designed an autors modification of the method of Local Approximation.

The forecasting horizon of time series was defined by means of factor the linear correlation (on how much points onward (maximum) possible forecast the time series for conservation of the factor the correlation within the range of 0.7 … 1.0).

The explored dependency of the forecasting horizon from parameter DIM (Dimensionality Reconstrusted the phase space).

The results of the research say for essential determinism of time series (hydrological) – the time series is forecasted on 15 … 22 points onward.

Software was designed for investigations of the natural time series (hydrological and hydrochemistry) for forecasting (to find forecasting horizon).

The called on investigation has shown that the method of Local Approximation more efficient than classical methods the forecast (for classical methods the adequate forecast possible only on 1 … 2 points onward).

Key words: hydrological time series, forecasting water consuption, method Local Approximation forecast horizon.

References

1. Lukashin Y.P. Adaptivnyye metody kratkosrochnogo prognozirovaniya vremennykh ryadov: ucheb. posobiye. M.: Finansy i statistika, 2003. 416 s. [in Russian].

2. Jayawardena A.W., Lai F. Chaos in hydrological time series. Extreme Hydrological Events: Precipitation, Floods and Droughis. Proceedings of the Yokohama Symposium, July 1993. IAHS, Publ. №213. 1993. P. 59-66. [in English].

3. Koutsoyiannis D. On the guest for chaotic attractors in hydrological processes. Hydrological Sciences, 51(6). Dec. 2006. P. 1065-1091. [in English].

4. Sivakumar B., Berndtsson R., Olsson J., Jinno K., Kawamura A. Dynamics of monthly rainfall-runoff process at the Gota basin: A search for chaos. Hydrology and Earth System Sciences, 4(3). 2000. P. 407-417. [in English].

5. Jayawardena A.W., Li W.K., Xu P. Neighbourhood selection for local modelling and prediction of hydrological time series. Journal of Hydrology, 258. 2002. P. 40-57. [in English].

6. Khan S., Ganguly A.R., Saigal S. Detection and predictive modeling of chaos in finite hydrological time series. Nonlinear Processes in Geophysics, 12. 2005. P. 41-53. [in English].

7. Malinetskiy G.G., Potapov A.B. Sovremennyye problemy nelineynoy dinamiki. M.: Editorial URSS, 2000. 336 s. [in Russian].

8. Jayawardena A.W. Runoff forecasting using a local approximation method. Destructive Water: Water-Caused Natural Disasters, their Abatement and Control. Proceedings of the Conference held at Anaheim, California, June 1996. IAHS, Publ. №239. 1997. P. 167-171. [in English].

9. Yushkina O.A. Analiz i prognoz vremennoy izmenchivosti rechnogo stoka metodami nelineynoy dinamiki: avtoref. diss. … kand. geograf. nauk. Irkutsk, 2009. 20 s. [in Russian].

10. Artemenko V.A., Petrovych V.V. Prohnozuvannya nerehulyarnykh chasovykh ryadiv metodom lokalnoyi aproksymatsiyi. Avtomobilni dorohy i dorozhnye budivnytstvo. Kyiv, 2012. Vyp. 86. S. 176-195. [in Ukrainian].

11. Artemenko V.A., Petrovych V.V. Neparametrychnyy pokaznyk variabel′nosti hydroekolohichnykh chasovykh ryadiv. Avtomobilni dorohy i dorozhnye budivnytstvo. Kyiv, 2021. Vyp. 109. S. 103-108. [in Ukrainian].

12. Artemenko V.A., Petrovych V.V. Povysheniye kachestva prognozirovaniya hydrologicheskikh vremennykh ryadov. Avtomobilni dorohy i dorozhnye budivnytstvo. Kyiv, 2014. Vyp. 92. S. 114-127. [in Russian].

УДК 624.21 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-133-139**
UDC 624.21

ВИЗНАЧЕННЯ СТИСНУТОЇ ГЛИБИНИ ПОТОКУ В ПІДМОСТОВОМУ РУСЛІ МАЛОГО МОСТУ

DETERMINATION OF THE COMPRESSED FLOW DEPTH IN THE BRIDGEHEAD OF A SMALL BRIDGE



Башкевич Ірина Василівна, *кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, кафедра «Мости, тунелі та гідротехнічні споруди», доцент,*
e-mail: iv.bashkevych@gmail.com, +380509292285,

https://orcid.org/0000-0001-7640-4317



Євсейчик Юрій Борисович, *кандидат фізико-математичних наук, 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, Національний транспортний університет, кафедра «Мости, тунелі та гідротехнічні споруди», професор, професор,*
e-mail: kvmedvediev@gmail.com, +380442807978,

https://orcid.org/0000-0002-0704-7093



Паровенко Оксана Микитівна, *кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, кафедра «Мости, тунелі та гідротехнічні споруди», доцент,*
e-mail:olen[k.lia@gmail.com +380442807978,

https://orcid.org/0000-0001-8872-8415

Анотація. Вступ. Гідравлічний розрахунок мостів є одним з найважливіших етапів визначення його основних геометричних параметрів. Отже такий розрахунок має базуватись на точних рівняннях гідравліки, які характеризують поведінку водного потоку. Станом на даний час гідравлічний розрахунок малого мосту базується на емпірично встановленій залежності, яка полягає в тому, що стиснута глибина під мостом hc зв'язана з підпором H приблизною залежністю hc ≈ 0,5H і є такою, що незалежить від величини стиснення потоку мостовим переходом. У даній роботі було теоретично доведено, що приймаючи таке співвідношення між глибинами, є можливість отримати достатньо великі неточності при визначенні глибини в стиснутому перерізі hc, а значить і, як наслідок, у визначенні швидкості у розрахунковому перерізі підмостового русла.

Результати. На підставі трьох основних законів фізики, а саме: закону збереження маси (рівняння нерозривності), закону збереження енергії (рівняння Бернуллі), закону зміни імпульсу (рівняння теореми о зміні імпульсу), отримано аналітичну залежність, яка встановлює зв'язок між параметрами стиснутої глибини hc і підпору H при різному значенні ступеня стиснення потоку ε. На основі цієї залежності було отримано рівняння, яке встановлює зв'язок між витратою потоку Q та напором перед мостом H. Отримане рівняння є подібним за формою до рівняння витрати через водозлив з широким порогом, з тією різницею, що коефіцієнт витрати m(ε) в отриманому рівнянні залежить від ступеня стиснення потоку.

Висновки. В роботі було отримано рівняння для визначення витрати крізь отвір малого мосту з урахуванням ступеня стиснення потоку. Показано, що отримане рівняння співпадає за формою з рівнянням витрати, яке визначає витрату через водозлив з широким порогом. Різниця між цими рівняннями полягає в тому, що коефіцієнт витрати m(ε) є функцією від коефіцієнта стиснення потоку ε. Використовуючи граничний перехід було отримано, що коефіцієнт витрати m(ε) може змінюватись у межах від 1/3 √(2/3) до √0,5. Наведено графіки, які дозволяють проаналізувати зміну гідравлічних характеристик потоку в залежності від коефіцієнта стиснення ε.

Ключові слова: рівномірний рух, малий міст, стиснута глибина, затоплення, рівняння нерозривності, рівняння Д. Бернулі, теорема зміни кількості руху

Вступ

Проблема: малі мости – найбільш поширені транспортні споруди на автомобільних дорогах України. Порівняно з іншими об’єктами дорожньої інфраструктури вартість мостових споруд має більш значний вплив на кошторисні показники комплексу дорожнього будівництва в цілому. Тому їхній розрахунок є надзвичайно важливим фактором з економічної і безпекової точки зору. Однією із складових розрахунку мостової споруди – є розрахунок мосту на дію водного потоку.

Гідравлічний розрахунок малого мосту умовно можна поділити на такі етапи:

1) обґрунтування величини витрати Q заданої імовірності;

2) розрахунок отвору мосту b;

3) вибір кріплення підмостового русла.

Мета роботи: отримати рівняння для визначення витрати крізь отвір малого мосту з урахуванням стиснення потоку.

Витрату потоку Q визначають на основі гідрологічних та гідрометричних вимірювань. Передбачається, що в цій роботі її значення вважається відомим. Що стосується отвору мосту, то в більшості випадків гідравлічних розрахунків він визначається з формули для визначення витрат водозливу з широким порогом:

$$Q=mb\sqrt{2g}H^{3/2}, \tag{1}$$

де H – напір перед мостом, розрахункове значення якого визначається в залежності від висоти насипу мосту;

m – коефіцієнт витрати, який залежить від форми стоянів мосту та конусів насипу, і його значення може змінюватися, як показує експеримент, у межах від 0,32 до 0,38. Отже, у випадку, коли відомі значення величин Q і m із формули (1) отримуємо отвір мосту:

$$b=\frac{Q}{m\sqrt{2g}H^{3/2}}.$$

Вибір кріплення підмостового русла залежить від максимальної швидкості потоку V_{max}. Відповідно до рівняння нерозривності максимальна швидкість буде спостерігатись у перерізі з найменшою (стиснутою) глибиною h_c і для прямокутного русла дорівнюватиме:

$$V_{\max}=V_c=\frac{Q}{bh_c}. \tag{2}$$

Отже для розрахунку максимальної швидкості слід визначити стиснуту глибину потоку h_c. Станом на сьогодні [1-3] в більшості випадків гідравлічних розрахунків малого мосту використовують емпірично встановлену залежність:

$$h_c \approx 0{,}5H. \tag{3}$$

Особливістю розрахункових залежностей (1) і (3) є те, що вони не враховують величину стиснення (відносну зміну ширини) потоку під малим мостом. Це може привести до суттєвої похибки у визначенні стиснутої глибини потоку і, як наслідок, максимальної швидкості та отвору мосту, що і буде доведено нижче.

На рисунку 1 представлено схему протікання потоку під малим мостом з вертикальними стінками стоянів.

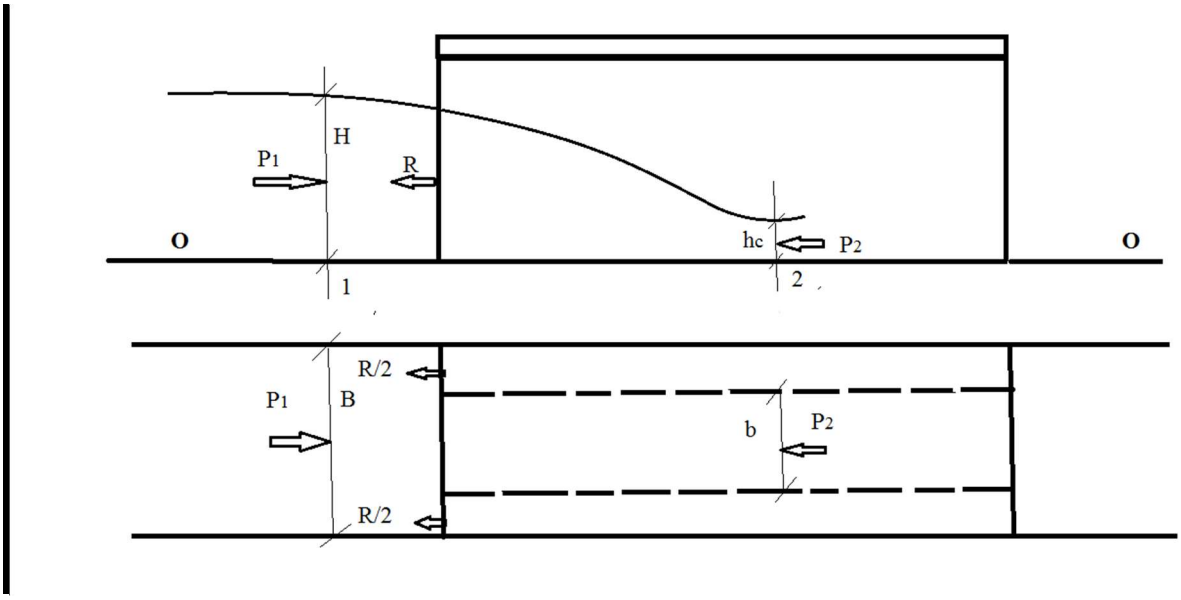


Рисунок 1 – Схема вільного протікання потоку під мостом
Figure 1 – Scheme of free flow under the bridge

Переріз потоку найменшої глибини прийнято називати *стиснутим* перерізом, а відповідну глибину – *стиснутою глибиною* h_c . Швидкість потоку у стиснутому перерізі позначено V_c . На рисунку 1 представлено найбільш розповсюджену розрахункову схему – схему вільного (без підтоплення) протікання потоку в підмостовому руслі. З огляду на те, що стиснута глибина h_c є найменшою глибиною, то відповідна їй швидкість V_c буде найбільшою в потоці. Саме за цією швидкістю і визначається можливість розмиву підмостового русла.

У роботі на основі загальних теорем гідравліки [4-6] отримано аналітичне рівняння, яке відображає зв'язок між h_c і H, залежно від величини стиснення потоку під мостом.

Розглянемо прямокутне русло, ширина якого змінюється від значення B (перед мостом) до значення b (під мостом) ($b < B$). Розглянемо два перерізи потоку: переріз 1 (рис.1), який обрано в створі з найбільшим підпором H перед мостом (у більшості випадків ця величина вважається відомою) і переріз 2 (рис.1), який співпадає із стиснутим перерізом завглибшки h_c (рис.1). Для визначення залежності між величинами h_c і H будемо використовувати такі рівняння:

– рівняння нерозривності потоку

$$Q = V_1\omega_1 = V_c\omega_2, \tag{4}$$

де V_1, V_c – середні швидкості в перерізах 1 і 2;

ω_1, ω_2 – площі поперечних перерізів потоку 1 та 2 відповідно.

Площі ω_1, ω_2 дорівнюють:

$$\omega_1 = BH \ , \ \omega_2 = bh_c \ ,$$

– рівняння Бернуллі, для точок на вільній поверхні потоку в перерізах 1 і 2 відносно горизонтальної площини порівняння *O-O* (рис.1). Вважається, що площина *O-O* співпадає з площиною дна русла. Втратами енергії на ділянці між перерізами 1 і 2 нехтується (використовується модель ідеальної рідини):

$$H+\frac{V_1^2}{2g}=h_c+\frac{V_c^2}{2g}, \tag{5}$$

– рівняння, яке виражає відому теорему механіки про зміну кількості руху[7,8].

$$\Delta KP = \sum IC , \tag{6}$$

де ΔKP– зміна кількості руху рідини, яка протікає через відсік між перерізами 1 і 2 за певний проміжок часу;

$\sum IC$ – сума імпульсів зовнішніх сил, прикладених до даного відсіку за цей же проміжок часу.

Ураховуючи, що потік горизонтальний, а також те, що зовнішнім тертям на ділянці між перерізами 1 і 2 можна знехтувати, з теореми (6) маємо:

$$\rho V_c^2\omega_2-\rho V_1^2\omega_1=P_1-R-P_2, \tag{7}$$

де P_1 , P_2 – гідростатичні сили тиску, які прикладено в перерізах 1 і 2 відповідно;
R- реакція стінок прямокутного русла при зменшенні ширини потоку від B до b (рис.1).
Згідно з законами гідростатики ці величини дорівнюють:

$$P_1 = p_1\,\omega_1;\ P_2 = p_2\,\omega_2;\ R=p_1H(B-b),$$

де $p_1=\rho g\frac{H}{2}$, $p_2=\rho g\frac{h_c}{2}$ – тиски в центрі відповідного перерізу 1 та 2.
Таким чином рівняння (7) можна записати у вигляді

$$\rho V_c^2\ bh_c - \rho V_1^2\ BH = \rho g\tfrac{H}{2}\ HB - \rho g\tfrac{H}{2}\ H(B-b) - \ \rho g\tfrac{h_c}{2}\ h_c b \quad . \tag{8}$$

Після нескладних перетворень і скорочення на ρ із (8) отримуємо:

$$V_c^2\ bh_c - V_1^2\ BH = \tfrac{gb}{2}\,(H^2 - h_c^2) \quad . \tag{9}$$

Введемо позначення

$$\varepsilon=\frac{b}{B},\ k=\frac{h_c}{H}, \tag{10}$$

де коефіцієнт ε будемо називати коефіцієнтом стиснення потоку.
З рівняння нерозривності (4) маємо:

$$V_1 = \varepsilon\, kV_c . \tag{11}$$

З рівняння Бернуллі (5), а також враховуючи (10) і (11) неважко отримати:

$$V_c^2=\frac{2gH(1-k)}{1-\varepsilon^2k^2};\qquad V_1^2=\frac{\varepsilon^2k^2\,2gH(1-k)}{1-\varepsilon^2k^2}. \tag{12}$$

Підставляючи вирази (12) у рівняння (9) маємо:

$$\frac{2gH(1-k)\varepsilon k(1-\varepsilon k)}{1-\varepsilon^2k^2}=\frac{g\varepsilon H}{2}(1-k^2). \tag{13}$$

Після очевидних скорочень і перетворень з (13) отримуємо квадратне рівняння для визначення величини *k:*

$$\varepsilon k^2 - (3-\varepsilon)k + 1 = 0. \tag{14}$$

Оскільки коефіцієнт k не може бути більше одиниці, фізичний зміст має тільки корінь рівняння (14), який менший за одиницю,тому:

$$k = \frac{(3-\varepsilon) - \sqrt{(3-\varepsilon)^2 - 4\varepsilon}}{2\varepsilon} \tag{15}$$

Коефіцієнт стиснення потоку ε змінюється від 1 (у випадку $b=B$) до 0 (коли $b \ll B$). Тому k , як бачимо з рівняння (14), може змінюватися у межах:

$$\frac{1}{3} \le k \le 1.$$

На рисунку 2 представлено залежність $k(\varepsilon)$ від ε , яку розраховано за формулою (15).

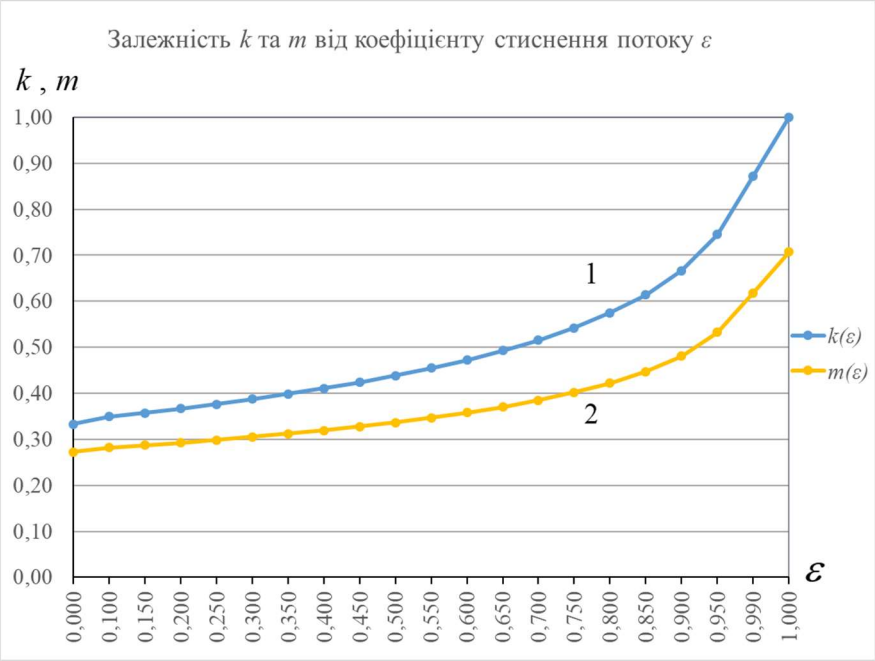


Рисунок 2 – Графіки залежності: 1 - $k(\varepsilon)$ та 2 - $m(\varepsilon)$
Figure 2 – Graphs of dependence: 1 - k (ε) and 2 - m (ε)

Як видно з наведеного графіка, значенню k=0,5 відповідає коефіцієнт стиснення $\varepsilon \approx 0{,}7$. Тому за інших значень ε (як більших, так і менших за 0,7) емпірична залежність (3) може привести до значних неточностей у визначенні стиснутої глибини h_c у підмостовому руслі.

Маючи певне значення коефіцієнта стиснення ε можемо визначити (графічно або за формулою (15)) відповідне значення $k(\varepsilon)$ і розрахувати стиснуту глибину потоку під мостом залежно від величини підпору перед мостом H.

У більшості практичних випадків, у задачах задано не величина підпору H , а витрата потоку Q. Для визначення функціонального зв'язку між H та Q скористаємось рівнянням (4).

Враховуючи рівності (10) і (12), рівність (4) можна записати у вигляді

$$Q = m(\varepsilon) b \sqrt{2g} H^{3/2}, \tag{16}$$

до якої введено позначення:

$$m(\varepsilon) = \sqrt{\frac{(1-k)k^2}{1-\varepsilon^2 k^2}} \quad . \tag{17}$$

Структура рівняння (16) аналогічна до структури формули (1), яка визначає витрату потоку через водозлив, тому за аналогією параметр $m(\varepsilon)$ можна називати коефіцієнтом витрати. Оскільки величина k визначається за рівнянням (15), коефіцієнт витрати $m(\varepsilon)$ залежить тільки від параметра стиснення потоку ε. Графік залежності $m = m(\varepsilon)$ представлено на рисунку 2 (лінія 2).

Таким чином, користуючись залежностями (15) - (17), при заданих коефіцієнтах стиснення русла ε та значенні величини витрати Q, можемо визначити підпір перед мостом H , а також стиснуту глибину потоку h_c. Очевидно, що H і h_c залежать від величин Q та ε. Ті ж самі залежності (15) – (17) використовуються і при визначенні необхідного отвору мосту b при заданих Q та максимальному підпорі перед мостом H.

Висновки

Базуючись на основних рівняннях гідромеханіки: рівнянні нерозривності потоку; рівнянні Бернуллі; рівнянні теореми зміни кількості руху, в роботі отримано функцію для визначення коефіцієнту $k(\varepsilon)$ в залежності від величини стиснення потоку $\varepsilon = \frac{b}{B}$ під малим мостом. З побудованого графіка $k(\varepsilon)$ видно, що k змінюється від 1/3, якщо $\varepsilon = 0$ ($B=\infty$) , до $k=1$ при $\varepsilon = 1$ ($B=b$). Це свідчить, що використання емпіричної залежності $k = \frac{h_c}{H} = 0{,}5$ може привести (особливо за великих або малих значеннях ε) до значних помилок у визначенні стиснутої глибини h_c, а значить і максимальної швидкості потоку V_c.

Також на основі функції $k(\varepsilon)$ отримано рівняння для визначення витрати крізь отвір малого мосту (16). Показано, що рівняння (16) співпадає за формою з рівнянням (1), яке визначає витрату через водозлив з широким порогом. Різниця між цими рівняннями полягає в тому, що коефіцієнт витрати $m(\varepsilon)$ є функцією від коефіцієнта стиснення ε. Використовуючи граничний перехід отримано, що $m(\varepsilon)$ може змінюватись у межах від $\frac{1}{3}\sqrt{\frac{2}{3}}$ до $\sqrt{0{,}5}$.

Перелік посилань

1. Большаков В.А., Курганович А.А. Гидрологические и гидравлические расчеты малых дорожных сооружений. Киев. Вища школа.,1983, 280с.

2. Ткачук С.Г. Гідравліка, гідрологія, гідрометрія. Київ. «Кафедра»,2013,-391с.

3. Справочник по гидравлике. Большаков В.А., Константинов Ю.М., Попов В.Н. и др. 4-е изд.- К.: Вища школа,1984.- 342с.

4.Константинов Н.М.,Петров Н.А., Высоцкий Л.И. Гидравлика, гидрология гидрометрия. Специальные вопросы.Ч.2. – М. Высшая школа,1987.-432с.

5.Константинов Ю.М. Гидравлика. К.: Вища школа. 1988. - 398с.

6.Чертоусов М.Д. Гидравлика. Специальный курс, 4-е изд.-М. Госэнергоиздат.1962 . – 630с.

7. Константінов Ю.М.,Гіжа О.О. Технічна механіка рідини та газу. –К.:Вища школа.-2002.- 227с.

8. Чугаев Р.Р. Гидравлика. -4-е узд.-Л.: Энергоиздат,1982. -670с

DETERMINATION OF THE COMPRESSED FLOW DEPTH IN THE BRIDGEHEAD OF A SMALL BRIDGE

Bashkevych Iryna V., Candidate of Engineering Sciences, National Transport University, Department of Bridges and tunnels, hydraulic structures, Assistant Professo, e-mail: iv.bashkevych@gmail.com, +380442807978, https://orcid.org/0000-0001-7640-4317.

Yevseichyk Yurii B., Candidate of Physics and Mathematics, National Transport University, Department of Bridges and tunnels, 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 and tunnels, 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 and tunnels, hydraulic structures, Associate Professor, e-mail:olen[k.lia@gmail.com +380442807978, https://orcid.org/0000-0001-8872-8415.

Abstract. *Introduction*. Hydraulic calculation of bridges is one of the most important stages in determining its basic geometric parameters. Therefore, it should be based on the exact equations of hydraulics that characterize the behavior of water flow. Currently, the hydraulic calculation of a small bridge is based on an empirically established dependence, which is that the compressed depth under the bridge hc is associated with the support H approximate dependence $h_c \approx 0{,}5H$ and is independent of the compression of the flow bridge crossing. In this work, it is theoretically proved that taking such a relationship between depths, you can get quite large inaccuracies in determining the depth in the compressed section hc, and hence in determining the speed in the calculated cross section of the bridgehead.
Results. Based on the three basic laws of physics, namely: the law of conservation of mass (continuity equation), the law of conservation of energy (Bernoulli equation), the law of momentum (equation of the momentum change theorem), obtained an analytical relationship that establishes a relationship between compressed depth parameters h_c and support H at different degrees of flow compression ε. Based on this dependence, an equation was obtained that establishes the relationship between the flow rate Q and the pressure in front of the bridge H. The obtained equation is similar in form to the flow equation through a wide-threshold spillway, with the difference that the flow coefficient $m(\varepsilon)$ in the obtained equation depends on the degree of flow compression.
Conclusions. The equation for determining the flow rate through the opening of a small bridge taking into account the flow compression is obtained. It is shown that the obtained equation coincides in form with the flow equation, which determines the flow through a wide-threshold spillway. The difference between these equations is that the flow coefficient $m(\varepsilon)$ is a function of the flow compression coefficient ε. Using the boundary transition, it is obtained that $m(\varepsilon)$ can vary from $\frac{1}{3}\sqrt{\frac{2}{3}}$ to $\sqrt{0{,}5}$. Graphs are presented, which allow to analyze the change of hydraulic characteristics of the flow depending on the compression coefficient ε.

Key words: uniform motion, small bridge, compressed depth, flooding, continuity equation, D. Bernoulli equation, theorem for changing the amount of motion

References

1. Bol'shakov V.A., Kurganovich A.A. Gidrologicheskiye i gidravlicheskiye raschety malykh dorozhnykh sooruzheniy. Kiyev. Vishcha shkola.,1983, 280s. [in Russian].
2. Tkachuk S.H. Hidravlika, hidrolohiya, hidrometriya. Kyiv. «Kafedra»,2013,-391s. [in Ukrainian]
3. Spravochnik po gidravlike. Bol'shakov V.A., Konstantinov YU.M., Popov V.N. i dr. 4-ye izd.- K.: Vishcha shkola,1984.- 342s. [in Russian].
4. Konstantinov N.M., Petrov N.A, Vysotskiy L.I. Hidravlika, hidrolohiya, hidrometriya. Spetsialnye voprosy, Ch.2 – M.Vyshaia shkola. 1987.-432 s. [in Russian].
5. Konstantinov N.M. Gidravlika. K.: Vishcha shkola,1988.- 398s. [in Russian].
6. Chertousov M.D. Gidravlika. – Spetsialnyi kurs, 4-ye uzd.-M.: Gosenergoizdat,1962. -630s. [in Russian].
7. Konstantinov YU.M.,Hizha O.O. Tekhnichna mekhanika ridyny ta hazu. –K.:Vyshcha shkola.-2002.-227s. [in Ukrainian]
8. Chugayev R.R. Gidravlika. -4-ye uzd.-L.: Energoizdat,1982. -670s. [in Russian].

УДК 532.501.32
UDC 532.501.32

DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-140-148

ВПЛИВ СТУПЕНЯ ЗАТОПЛЕННЯ ТА СТИСНЕННЯ НА ПРОТІКАННЯ ПОТОКУ В ОТВОРІ ГІДРОТЕХНІЧНОЇ СПОРУДИ ПРИ НЕУСТАЛЕНОМУ РУСІ РІДИНИ

INFLUENCE OF THE DEGREE FLOODING AND COMPRESSION CROSS-SECTION OF A HYDRAULIC STRUCTURE WITH UNSTEADY LIQUID MOVEMENT



***Башкевич Ірина Василівна**, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, кафедра «Мости, тунелі та гідротехнічні споруди», доцент,*
e-mail: iv.bashkevych@gmail.com, +380509292285,

https://orcid.org/0000-0001-7640-4317



***Євсейчик Юрій Борисович**, кандидат фізико-математичних наук, , 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, 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, Національний транспортний університет, кафедра «Мости, тунелі та гідротехнічні споруди», доцент,*
e-mail:olen[k.lia@gmail.com +380442807978,

https://orcid.org/0000-0001-8872-8415



***Святишенко Ірина Іванівна,** Національний транспортний університет, кафедра «Мости, тунелі та гідротехнічні споруди», інженер,*
e-mail:irina.svjatishenko@gmail.com +380442807978,

https://orcid.org/0000-0002-8905-0826

Анотація. Статтю присвячено актуальним питанням впливу гідротехнічних споруд на поведінку руслового потоку.

Було розглянуто питання, пов'язані з роботою гідротехнічних споруд, розташованих на зрошувальних (іригаційних) каналах:

- вплив ступеня затоплення на елементи неусталеного руху у відкритих руслах;
- вплив стиснення потоку на елементи неусталеного руху у відкритих потоках.

Кількісне оцінювання впливу ступення затоплення та стиснення на елементи потоку при неусталеному русі було проведено з урахуванням рекомендацій проф. Большакова В.О., які базуються на використанні методики проф. Васильєва О.Ф.

Питання впливу гідротехнічних споруд на поведінку руслового потоку вирішувались із застосуванням рівнянь Сен-Венана чисельним методом, а саме методом прогонки за неявно-різницевою схемою.

Для замикання системи при використні цього метода було враховано такі умови:

а – початкові;

б - ліва та права граничні умови.

Початковим умовами вважається наявність рівномірного руху в руслі. Ліва гранична умова визначається за графіком попуску води до русла, що має вигляд трикутного гідрографа. Права гранична умова визначається за відомою формулою водозлива з широким порогом. Вихідні дані було отримано з натурних спостережень.

Було проведено кількісне оцінювання впливу затоплення та стиснення потоку на остаточні результати з визначення витрати, швидкості та глибини. Для цього було застосованно коефіцієнти трансформації відповідних параметрів.

Питання розповсюдження підпору вздовж русла каналу, який утворився внаслідок стиснення потоку, було вирішено з використаннням рекомендацій Є.В. Єрьоменка. Розглядалось рівняння нерозривності потоку – за умови зміни об’єму води на елементарній ділянці русла. Час збільшення об’єму води внаслідок стиснення визначався з формули, яку було отримано в процесі розрахунку.

Виходячи з умови, що фактор часу є відомою величиною, можна отримати математичний вираз, який визначає довжину розповсюдженя впливу стиснення.

Завдяки отриманним формулам було побудовано розрахункові графіки відносної максимальної глибини залежно від ступеня затоплення. За допомогою цих графіків є можливість вирішення задачі попуску води в зрошувальних каналах за наявності затоплення та стиснення потоку (за умови неусталеного руху).

Ключові слова: неусталений рух, гідротехнічна споруда, стиснення, затоплення, рівняння Сен-Венана, коефіцієнт трансформації

Вступ

Сучасні методи гідравлічного розрахунку гідротехнічних споруд на зрошувальних каналах, засновано на застосуванні рівнянь неусталеного руху з урахуванням максимальної витрати.

Розуміння природи неусталеного руху в іригаційних каналах, що характеризується зміною початкових максимальних значень витрати, швидкості та глибини (розшарування, трансформування) по довжині русла, дає змогу виконувати розрахунки гідротехнічних споруд як окремого каналу, так і споруд, які розташовано на ньому, що в свою чергу дозволяє найбільш раціонально використовувати матеріальні ресурси. Тому вирішення цієї проблеми є вкрай актуальним.

***Мета роботи*:** дослідження впливу ступеня затоплення та стиснення на протікання потоку в отворі гідротехнічної споруди при неусталеному русі рідини.

***Формування задачі дослідження*:** проведені дослідження руху рідини в іригаційних каналах показали, що для розрахунку таких каналів слід брати до уваги фактор часу, тобто розрахунок проводити з урахуванням неусталеного руху.

Тому виникає необхідність розроблення методів гідравлічного розрахунку відкритих русел та гідротехнічних споруд з урахуванням часу, в яких за розрахункові значення приймаються не секундна витрата Q_i і відповідні швидкості V_i та глибина h_i, а реальні трансформовані значення Q_{imax}, V_{imax}, h_{imax}.

Проведений аналіз роботи гідротехнічних споруд, які розташовані на зрошувальних каналах показав, що вони працюють як малі мости. Пропускна здатність таких споруд визначається за *загальною* формулою водозлива:

$$Q_{сп.} = \sigma_з m b \sqrt{2g} H^{3/2};$$

де $\sigma_з$ - коефіцієнт затоплення, який залежить від $H_{н.б}/H_{в.б}$ ($H_{н.б}$ - глибина в нижньому б’єфі, $H_{в.б}$ -глибина у верхньому б’єфі);

m - коефіцієнт витрати, який залежить від форми отвору споруди.

З вищенаведеного можна зробити висновок, що збільшення ступеня затоплення та стиснення приводить до зменшення витрати, яку може пропустити споруда, а отже, до збільшення підпору перед нею.

У статті розглядаються два фактори впливу (затоплення та стиснення) на елементи потоку при неусталеному русі.

Перший фактор – це фактор впливу затоплення на елементи неусталеного потоку.

Для гідравлічного розрахунку отворів гідротехнічних споруд застосовуються три основні схеми протікання потоку. Дві схеми відповідають умовам вільного протікання не підтопленого потока, третя – роботі отвору при підтопленому потоці. Для всіх розрахункових схем перепускна спроможність гідротехнічної споруди визначається за формулою водозлива

$$Q = \sigma_n m b \sqrt{2g}\, H^{\frac{3}{2}}, \qquad (1)$$

де: σ_n - коефіцієнт підтоплення;

$\sigma_n = 1$ - для розрахунку за першими двома схемами;

$\sigma_n < 1$ - для розрахунку за третьою схемою;

H – напір перед гідротехнічною спорудою;

m - коефіцієнт витрати, який залежить від форми отвору споруди;

$в$ - ширина отвору споруди;

Q – розрахункове значення витрати.

У спокійних потоках ступінь затоплення залежить від співвідношення глибини потоку в нижньому б'єфі до глибини потоку у верхньому б'єфі. Збільшення ступеня затоплення призводить до зменшення значення розрахункової витрати в споруді. Розглянувши вплив ступеня затоплення на умови трансформації витрати Q, швидкості V та глибини h при неусталеному русі потоку, можна провести оцінювання ступеня підтоплення. Це дозволить надати рекомендації для розрахунку отворів гідротехнічних споруд з урахуванням фактору часу, тобто фактичних умов протікання потоку.

Неусталений рух води описується системою рівнянь Сен-Венана [1]. Результат розв'язання рівнянь – отримання функцій $h= f(t,S)$ та $Q= f(t,S)$, що дає можливість надати характеристику неусталеному руху.

Основні методи розв'язання цих рівнянь – числові [3, 5]. Найбільш раціональним є метод прогонки за неявною кінцево-різницевою схемою.

При проведенні розрахунків неусталеного руху необхідно знати початкові та граничні умови, які характеризують умови протікання потоку вздовж ділянки русла, що розглядається. В якості початкової умови приймається наявність рівномірного руху.

Гранична умова для лівої частини показує характер притока води до початкового перерізу і залежить від часу. В задачі, що розглядається, гранична умова для лівої частини відображує характер притоку води до початкового перерізу залежно від часу. Цю умову було задано трикутним графіком запуску води, тобто залежністю $Q = f(t)$ для різних значень Q, часу підйома та спаду його гілок.

Граничну умову для правої частини було задано формулою водозлива (1). Це обумовлено тим, що в розрахунках неусталеного руху для відкритих русел слід розглядати випадки, коли у кінцевому перерізі є однозначний зв'язок між витратою та глибиною води. Це відповідає випадкам, коли в кінці русла знаходиться водозлив, малий міст, тощо.

Кількісне оцінювання впливу ступеня затоплення гідротехнічної споруди на елементи потоку при неусталеному русі було виконано з застосуванням рекомендацій проф. Большакова В.О. [1]. Розрахунки виконувались для прямокутного русла завширшки 10 метрів, завдовжки 1000 метрів, ухил дна i=0,001, коефіцієнт шорсткості n=0,020. Початкова умова – рівномірний рух завглибшки h_0=0,1м, витрата Q_0=0,3м^3/с та ступень затоплення K=0,8; 0,85; 0,95; 0,98. Мінімальне значення величини K відповідало початку затоплення, максимальне – сильному затопленню. Ширина отвору споруди дорівнювала ширині русла. Аналізування отриманих результатів показало, що збільшення ступеня затоплення споруди призводить до зменшення максимальної витрати Q_{imax} у перерізі споруди. Для порівняння максимальних витрат за різних ступеней затоплення було застосовано критерій оцінки -

коефіцієнт трансформації φ_{iQ} - відношення максимальної витрати в кінцевому перерізі до максимальної витрати у початковому перерізі.

$$\varphi_{iQ} = \frac{Q_{\max\ кін.пер.}}{Q_{0\max\ \ поч.пер.}}.$$

Існують рекомендації, згідно з якими для оцінювання впливу графіка попуска (витрати) на коефіцієнт трансформації $\varphi_{iQ,}$ можна використовувати критерій $\frac{Q_{0\max}}{W}$, де Q_{0max} максимальна витрата у початковому перерезі м^3/с, W– об'єм стоку, м^3. На рисунку 1 показано залежність $\varphi_{iQ} = f(K)$ для прийнятих до розрахунку графіків попуску.

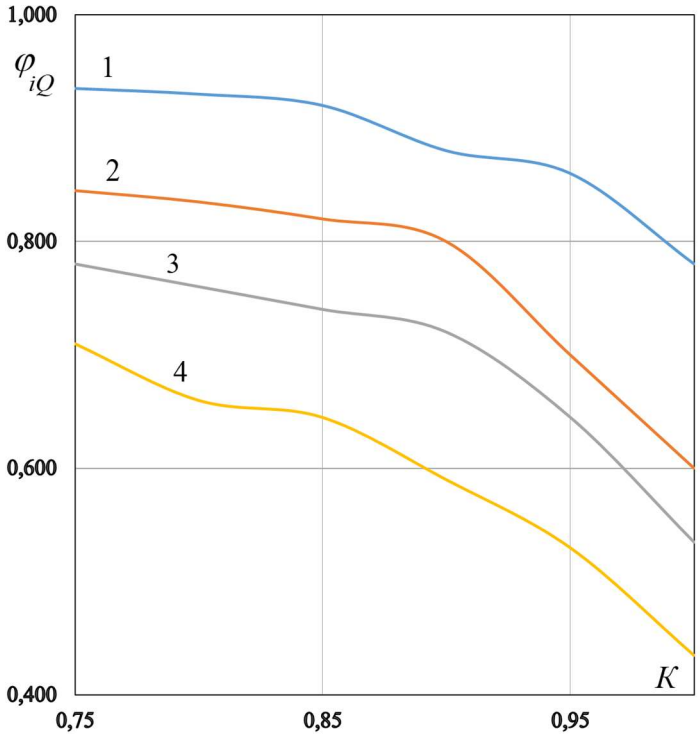


Рисунок 1 – Графіки залежності $\varphi_{iQ} = f(K)$ для різних значень критерію $\frac{Q_{0\max}}{W}$: 1 - 0,4; 2 – 0,8; 3 – 1,04; 4 – 1,53

Figure 1 – Graphs of dependence $\varphi_{iQ} = f(K)$ for different values criterion $\frac{Q_{0\max}}{W}$: 1 - 0,4; 2 – 0,8; 3 – 1,04; 4 – 1,53

Аналіз даних показує, що зі збільшенням критерія $\frac{Q_{0\max}}{W}$, коефіцієнт трансформації зменшується незалежно від ступеня затоплення, зі збільшенням ступеня затоплення максимальна швидкість V_{imax} зменшується. Для оцінювання впливу ступеня затоплення на максимальну швидкість у кінцевому перерізі було прийнято коефіцієнт φ_{iv} - співвідношення максимальної швидкості затоплення для $K \neq 0{,}8$ до максимальної швидкості, коли ступень затоплення $K = 0{,}8$. З проведеного аналізу залежності $\varphi_{iv}=f(K)$ можна зробити висновок, що коефіцієнт φ_{iv} при різних ступенях затоплення

зі зміною критерія $\frac{Q_{0\max}}{W}$ суттєво не змінюється. Це дозволяє побудувати графік, де величину $\varphi_{ivocep.} = f(K)$ осереднено до кожного значення ступеня затоплення (рисунок 2)

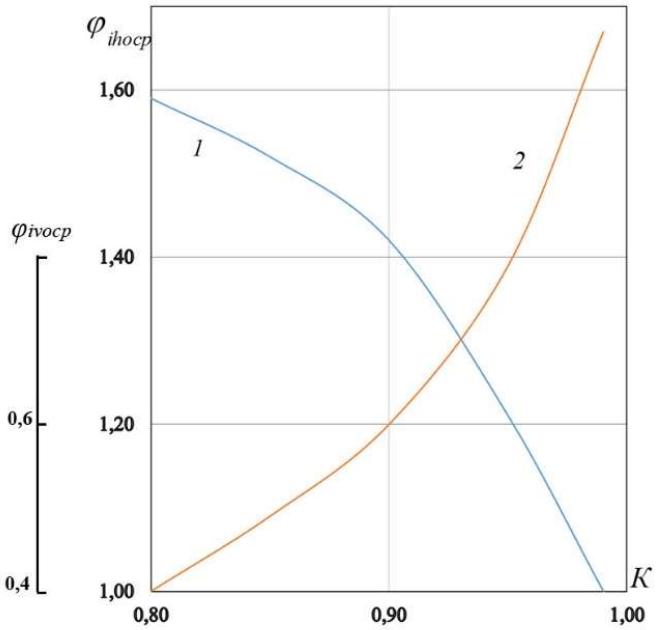


Рисунок 2 – Графік залежності 1 - $\varphi_{ivocp} = f(K)$; 2 - $\varphi_{ihocp} = f(K)$

Figure 2 – Graph of dependence 1 - $\varphi_{ivocp} = f(K)$; 2 - $\varphi_{ihocp} = f(K)$

Визначивши коефіцієнт φ_{iv} та побудувавши графік залежності $\varphi_{ivocp} = f(K)$ (рисунок 2), можна вирахувати максимальну швидкість у перерізі споруди для різних ступеней затоплення (крива 1).

Для кількісного оцінювання впливу ступеня затоплення на максимальну глибину було підраховано коефіцієнт φ_{ih} - відношення максимальної глибини при ступені затоплення $K \neq 0{,}8$ до максимальної глибини при $K = 0{,}8$. Проаналізувавши коефіцієнт φ_{ih} можна відмітити, що характер його змінювання для різних значень ступеня затоплення не залежить від критерію $\frac{Q_{0\max}}{W}$. Кількісно сутєвої різниці між значеннями коефіцієнта φ_{ih} для різних значень величини K з різним $\frac{Q_{0\max}}{W}$ також не існує. Це дозволяє побудувати графік $\varphi_{ihocep.} = f(K)$, де коефіцієнт φ_{ih} осереднено для кожної величини K (крива 2). Підсумовуючи проведене дослідження маємо можливість надати оцінку впливу ступеня затоплення на максимальні значення витрати, глибини, швидкості в перерізі споруди для неусталеного руху. Отримані дані підтверджують висновок з проведеного розрахунку отворів малих мостів з урахуванням неусталеного руху [6,7,8].

Другий фактор – фактор впливу стиснення на елементи неусталеного потоку.

Розглянемо, як далеко вгору проти течії розповсюджується підпір, який утворився в наслідок стиснення потоку, тобто яка довжина зони його впливу. Для аналітичного вирішення цієї задачі можна використати рекомендації Є.В. Єрьоменко [4]. В цьому випадку рівняння нерозривності можна отримати за умови розглядання зміни об'єму води на елементарній ділянці русла.

Приріст об'єма води за час dt

$$dW = (Q_{поч.} + Q_{вх.} - Q_{сп.})dt, \qquad (2)$$

де $Q_{вх.}$ - змінна за часом додаткова витрата попуска, який притікає до початкового перерізу;

$Q_{сп.}$ -змінна за часом витрата води, яка витікає з кінцевого перерізу ділянки русла, що розглядається;

$Q_{поч.}$ - витрата води, яка знаходиться в руслі.

Витрата в перерезі споруди зі збільшенням затоплення та стиснення зменшується, в наслідок чого величина приросту об'єма води *dW* - збільшується.

На момент, коли виникає затоплення або стиснення, пропускна здатність споруди зменшується, тобто витрата визначається за формулою:

$$Q_{сп.} = \sigma_з m k b \sqrt{2g} H^{3/2}, \quad (3)$$

де *k* - коефіцієнт, який враховує вплив бічного стиснення і залежить від співвідношення розміру отвору гідротехнічної споруди до ширини русла.

При попуску за час *dt* до створу споруди підходить об'єм води $\left(Q_{поч.} + Q_{вх.}\right)dt$. За цей період споруда пропускає об'єм води $dW = (m\sigma_з kb\sqrt{2g}H^{3/2})dt$. Об'єм води, який затримується перед спорудою за час *dt* буде

$$dW = (Q_{поч.} + Q_{вх.} - \sigma_з m k b \sqrt{2g} H^{3/2})dt. \quad (4)$$

Об'єм води перед спорудою можна записати як об'єм геометричної фігури, який є половиною призми з основними параметрами *b* та *dH* та висотою *l.*

$$dW = 1/2\ b\ dH\ l, \quad (5)$$

де *dH* - напір, який утворився за рахунок підтоплення та стиснення;
l – відстань, на яку поширюється вплив підпору перед спорудою.

Якщо прирівняємо вирази (4) та (5) та поділимо змінні, отримаємо, що час збільшення об'єму визначається за залежністю:

$$dt = \frac{\frac{1}{2} bdHl}{\left(Q_{поч.} + Q_{вх.} - m\sigma_з kb\sqrt{2g}\ H^{\frac{3}{2}}\right)}, \quad (6)$$

Позначимо $Q_{поч.}$+ $Q_{вх.}$ = A; $m\sigma_з kb\sqrt{2g}\ H^{\frac{3}{2}}$ = B. Проінтегрувавши вираз (6) та зробивши ряд перетворень, отримаємо що:

$$t = \frac{1}{2} b \cdot i \int l \left(A - B \cdot l^{\frac{3}{2}}\right)^{-1} dl, \quad (7)$$

Результати проведених окремих розрахунків наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняльна таблиця впливу витрати на визначення максимальної довжини розповсюдження стиснення потоку (за розрахунком і за графіком)

Table 1 – Comparative table impact of the expense of determining the maximum length dissemination compression of flow (calculated and graph)

Q_{0max}/W	Q_{0max}, м³/с	*t*, с	$Q_{0max}+Q_{рівн.рух}$	$l_а$	$l_ч$	*P*
				м		
0,40	19	5,04	22,03	850	970	0,876
0,83	24,5	2,40	27,50	960	1000	0,960
1,04	30	1,95	33,03	1050	1100	0,954
1,51	45	1,32	48,53	1100	1140	0,965
Примітка Q_{0max} - максимальна витрата у початковому перерезі, *W* - об'єм стоку, $Q_{рівн.рух}$ - витрата при рівномірному русі						

$$t = \frac{2}{3}\sqrt{l} + \frac{2}{3B}\sqrt[3]{\frac{A}{B}}\ln\left|\sqrt[3]{B}\cdot\sqrt{l} - \sqrt[3]{A}\right| - \frac{2}{9B}\sqrt{\frac{A}{B}}\ln\left|\sqrt[3]{B^2\cdot l} + \sqrt[3]{A\cdot B}\cdot\sqrt{l} + \right. \quad (8)$$
$$\left. + \sqrt[3]{A^2}\right| - \frac{8\cdot\sqrt[3]{A}}{B\cdot\sqrt{3}}\cdot arctg\left(\frac{2}{\sqrt{3}}\cdot\sqrt[3]{\frac{B}{A}}\cdot\sqrt{l} - \frac{1}{\sqrt{3}}\right)$$

Використовуючи вираз (8), маємо можливість побудувати залежність $t = f(l)$. Маючи цей вираз та знаючи час t, завжди можна знайти величину l.

Розрахунок неусталеного руху в природних умовах (за достатністю вихідних данних) з найбільшою точністю проводиться за методом проф.О.Ф.Васильєва [3].

За допомогою цього методу за неявною кінцево-різницевою схемою і методу прогонки вирішувалася повна система рівнянь Сен-Венана. Було отримано результати визначення величин Q, h, V у відповідному створі русла. Результати розрахунку порівнювались з результатами, які було отримано за формулою (8). До таблиці 1 занесено результати визначення максимальної довжини поширення впливу споруди. Ці результати отримано за розрахунком, проведеним з використанням величин на графіку залежності $t=f(l)$ (рисунок 3), який побудовано відповідно до рівняння, наведеного в (8).

Досліди показали, що поширення підпору буде довшим, якщо величина A буде більше.

Для оцінювання ступеня розходження було визначено параметр P, який є відношенням відстані розповсюдження підпора, що визначається на основі аналітичної залежності, до відстані, яку отримано за розрахунком.

Аналіз отриманних результатів показав, що аналітична залежність не дає великої розбіжності порівняно з розрахунками.

Це підтверджує той факт, що врахування фактичних умов протікання потоку дає більш точні рекомендації для проєктування гідротехнічних споруд з різними ступенями затоплення в умовах неусталеного руху.

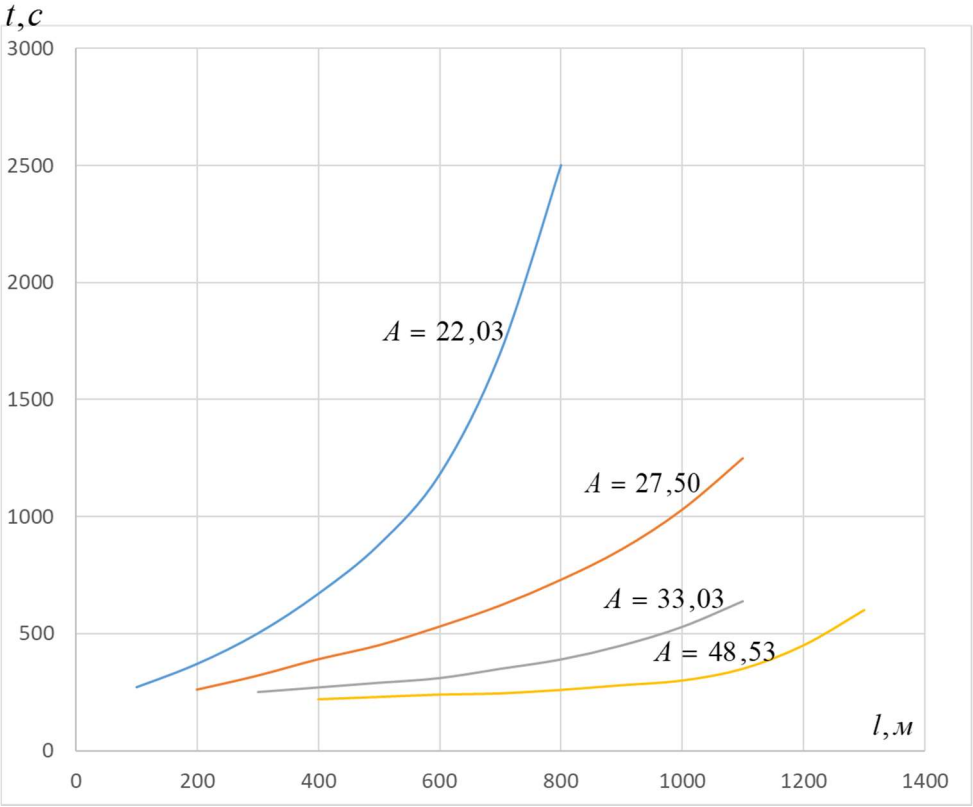


Рисунок 3 – Графік залежності $t=f(l)$
Figure 3 – Graph of dependence $t=f(l)$

Висновки

Отримані результати впливу неусталеного руху на елементи потоку (при затопленні та стисненні) дали можливість обгрунтувати необхідність урахування неусталеного руху для розрахунку отворів гідротехнічних споруд. Слід проводити порівняння параметрів (Q, h, V), що характеризують неусталений рух, з аналогічними величинами (Q, h, V) при усталеному русі. Проведений аналіз підтверджує необхідність виконання таких розрахунків для вищенаведених величин з урахуванням фактору часу.

У розвиток проведеного дослідження в подальшому планується розглянути питання розрахунку гідротехнічних споруд з урахуванням впливу шорсткості, похилу дна та форми русла при неусталеному русі. Наявність сучасних методів і можливостей дозволяє вирішити цю проблему, яка є актуальною для економічного розвитку країни з огляду на використання зрошувальних земель півдня України.

Перелік посилань

1 Большаков В.А. Численный метод расчета неустановившегося движения ливневых вод. Сб. “Гидравлика и гидротехника”, вып. 9, К., “Техніка”, 1970 р.

2 Большаков В.А. Анализ влияния стеснения русла в конечном сечении на элементы потока при неустановившемся движении. Сб. “Гидравлика и гидротехника”, вып. 11, К., “Техніка”, 1971 р.

3 Васильев О.Ф., Темноева Т.А, Шугрин Ц.М. “Численный метод расчета неустановившихся течений в открытых руслах” – изд.АН СССР, серия Механика, 1965 г., вып.2.

4 Еременко Е.В. “Приближенный способ определения влияния водослива, установленного в конце модел, при моделировании неустановившегося движения”. В кн.”Гидравлика и гидромеханика”ю К.: Наукова думка, 1964 г., с. 72-80

5 Турчак Л.И., Плотников П.В. Основы численных методов. М..Физматлит, 2002, с. 304.

6 Паровенко О.Н. Определение длины распространения подпора, образовавшегося у сооружения. Сб. “Гидравлика и гидротехника”, вып. 35, К., “Техніка”, 1982 р., с. 74-76.

7 Паровенко О.Н. Влияние степени затопления на протекание потока в отверстии сооружения при неустановившемся движении. Сб. “Гидравлика и гидротехника”, вып. 20, К., “Техніка”, 1975 р., с. 103-106.

8 Ткачук С.Г. Гідравліка, гідрологія, гідрометрія. Київ, вид. «Кафедра»: 2013. – с.391.

INFLUENCE OF THE DEGREE FLOODING AND COMPRESSION CROSS-SECTION OF A HYDRAULIC STRUCTURE WITH UNSTEADY LIQUID MOVEMENT

Bashkevych Iryna V., Candidate of Engineering Sciences, National Transport University, Department of Bridges and tunnels, hydraulic structures, Associate Professor, e-mail: iv.bashkevych@gmail.com, +380442807978, https://orcid.org/0000-0001-7640-4317.

Yevseichyk Yurii B., Candidate of Physics and Mathematics, National Transport University, Department of Bridges and tunnels, 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 and tunnels, 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 and tunnels, hydraulic structures, Associate Professor, e-mail:olen[k.lia@gmail.com +380442807978, https://orcid.org/0000-0001-8872-8415.

Sviatyshenko Iryna I., National Transport University, Department of Bridges and tunnels, hydraulic structures, Engineer, e-mail irina.svjatishenko@gmail.com +380442807978, https://orcid.org/0000-0002-8905-0826

Abstract. The article is devoted to topical issues of the influence of hydraulic structures on the behavior of channel flow.

Issues related to the operation of hydraulic structures located on irrigation canals were considered:

- the influence of the degree of flooding on the elements of unsteady movement in open channels;

- the influence of flow compression on the elements of unsteady motion in open flows.

Quantitative assessment of the impact degree of flooding and compression on the elements of the flow during steady motion was carried out taking into account the recommendations of prof. Bolshakova VO, which are based on the use of the method of prof. Vasilieva OF

The question influence of hydraulic structures on the behavior of the channel flow was solved using the equations of Saint-Venan by the numerical method, namely the method of run by the implicit-difference scheme.

To close the system when using this method, the following conditions were taken into account:

a - initial;

b - left and right boundary conditions.

The initial conditions are the presence of uniform movement in the channel. The left boundary condition is determined by the schedule of water supply to the channel, which has the form of a triangular hydrograph. The right boundary condition is determined by the known formula of a spillway with a wide threshold. The initial data were obtained from field observations.

Quantitative assessment of the impact of flooding and flow compression on the final flow, velocity and depth results was performed.

The issue of distribution of the support along the channel bed, which was formed due to the compression of the flow, was solved using the recommendations of E.V. Eremenko. The equation of flow continuity was considered - under the condition of changing the volume of water in the elementary section of the channel. The time of increase in the volume of water due to compression was determined from the formula obtained in the calculation process.

Based on the condition that the time factor is a known value, it is possible to obtain a mathematical expression that determines the length of the propagation of the compression effect.

Thanks to the obtained formulas, the calculated graphs of the relative maximum depth depending on the degree of flooding were constructed. With the help of these graphs it is possible to solve the problem of water supply in irrigation canals in the presence of flooding and compression of the flow (in case of unsteady movement).

Key words: unsteady motion, hydraulic structure, compression, flooding, Saint-Venan equation, transformation coefficient

References

1 Bol'shakov V.A. Chislennyy metod rascheta neustanovivshegosya dvizheniya livnevykh vod. Sb. “Gidravlika i gidrotekhnika”, vyp. 9, K., “Tekhníka”, 1970 r. [in Russian].

2 Bol'shakov V.A. Analiz vliyaniya stesneniya rusla v konechnom sechenii na elementy potoka pri neustanovivshemsya dvizhenii. Sb. “Gidravlika i gidrotekhnika”, vyp. 11, K., “Tekhníka”, 1971 r. [in Russian].

3 Vasil'yev O.F., Temnoyeva T.A, Shugrin TS.M. “Chislennyy metod rascheta neustanovivshikhsya techeniy v otkrytykh ruslakh” – izd.AN SSSR, seriya Mekhanika, 1965 g., vyp.2. [in Russian].

4 Yeremenko Ye.V. “Priblizhennyy sposob opredeleniya vliyaniya vodosliva, ustanovlennogo v kontse model, pri modelirovanii neustanovivshegosya dvizheniya”. V kn.”Gidravlika i gidromekhanika”yu K.: Naukova dumka, 1964 g., s. 72-80. [in Russian].

5 Turchak L.I., Plotnikov P.V. Osnovy chislennykh metodov. M..Fizmatlit, 2002, s. 304. [in Russian].

6 Parovenko O.N. Opredeleniye dliny rasprostraneniya podpora, obrazovavshegosya u sooruzheniya. Sb. “Gidravlika i gidrotekhnika”, vyp. 35, K., “Tekhníka”, 1982 r., s. 74-76. [in Russian].

7 Parovenko O.N. Vliyaniye stepeni zatopleniya na protekaniye potoka v otverstii sooruzheniya pri neustanovivshemsya dvizhenii. Sb. “Gidravlika i gidrotekhnika”, vyp. 20, K., “Tekhníka”, 1975 r., s. 103-106. [in Russian].

8 Tkachuk S.H. Hidravlika, hidrolohiya, hidrometriya. Kyiv. «Kafedra»,2013,-391s. [in Ukrainian].

УДК 624.21.014.2 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-149-163**
UDC 624.21.014.2

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ КОМПЛЕКСНОГО ПІДХОДУ ДО РОЗРАХУНКУ Й АНАЛІЗУ РОБОТИ МОСТОВИХ ПРОГОНОВИХ БУДОВ ІЗ ОРТОТРОПНИМИ ПЛИТАМИ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ

METHODOLOGICAL ASPECTS OF THE COMPLEX APPROACH TO THE CALCULATION AND ANALYSIS OF THE WORK OF BRIDGE GUARD STRUCTURES WITH ORTHOTROPIC ROAD PLATES



Ворошнов Сергій Миколайович, *кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, e-mail:voroshnov52@ukr.net, тел.+38067709707*

https://orcid.org/0000-0003-0642-8289



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



Федоренко Олександр Володимирович, *комунальна корпорація Київавтодор», генеральний директор, e-mail: 50281@ukr.net, тел. +380672926788,*

https://orcid.org//*0000-0002-3464-597* X



Чиженко Наталія Петрівна, *кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд,* e-mail:chyzhenko_np@ukr.net*, тел. +380507355080*

https://orcid.org/0000-0002-9152 2474



Шалінський Валерій Володимирович, *кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, ТОВ «Укрінсталькон ім. В.М. Шимановського», завідувач відділу мостів та спеціальних споруд, e-mail:*shalinsky_v@ukr.net*, тел. +380676824217*

https://orcid.org/*0000-0001-9347-8342*

Анотація. В статті розглянуто особливості розрахунку та роботи мостових прогонових будов із ортотропними плитами проїзної частини. В якості прикладу розглянуто конструкцію прогонової будови існуючого автопроїзду по естакаді спряження греблі ДніпроГЕС із лівим берегом. Описані набуті за час експлуатації автопроїзду дефекти та пошкодження несних конструкцій. Досліджено нерівномірність розподілення нормальних напружень у листі настилу ортотропної плити. Знайдено коефіцієнти редукції, що характеризують нерівномірність розподілення нормальних напружень, шляхом розрахунку розрахункової моделі з використанням інженерно-аналітичного (нормативного) і

чисельного методів розрахунку. Наведено й проаналізовано результати чисельного методу у вигляді вертикальних переміщень і нормальних напружень у листі настилу ортотропної плити та дотичних напружень у стінках головних балок. Виконано порівняння отриманих результатів. Сформульовано висновки та рекомендації за результатами досліджень.

Ключові слова: мостова споруда, прогонова будова, ортотропна плита, розрахункова модель, коефіцієнт редукції, напруження.

Вступ. Естакада спряження греблі з лівим берегом введена в експлуатацію у 1977 році в результаті реалізації програми комплексної реконструкції автодорожнього переходу по спорудам ДніпроГЕС. Розроблення робочої документації конструкцій естакади було виконано інститутом ДПІ «Укрпроектстальконструкція» (нині ТОВ «Укрінсталькон імені В.М. Шимановського») у 1976 році у відповідності з чинними на той час вимогами та конструктивними вказівками технічних умов на проектування автодорожніх та міських мостів [3,4]. При цьому враховувались наступні тимчасові навантаження – автомобільне навантаження Н-30 та спеціальні навантаження НК-80 і НГ-60. Після введення в експлуатацію естакада увійшла до складу переходу через споруди Дніпровського гідровузла і, у такий спосіб, являється продовженням автопроїзду з земляної вставки на греблю. Габарит автопроїзду естакади спряження прийнято з умови пропуску чотирьох смуг автомобільного руху з швидкістю 60 км/год із урахуванням розширення на кривій, необхідного для пропуску автозчепів завдовжки до 11,0 м.

За результатами проведеного у червні 2020 р. обстеження споруди була виявлена низка дефектів її конструктивних елементів, проаналізувавши які стає цілком зрозумілим, що найбільш несприятливий вплив на загальну роботоспроможність естакади спряження спричинюють дефекти та пошкодження її прогонової будови. І в першу чергу це стосується конструктивних елементів ортотропної плити проїзної частини, зокрема, листа сталевого настилу, який має загальну нерівномірну корозію, подовжніх ребер і поперечних балок, на яких присутнє повсюдне руйнування антикорозійного захисту, а також нижніх поясів поперечних балок, на яких виявлена загальна нерівномірна корозія з втратою до 50% поперечного перерізу

Мета і методи. Для об’єктивного оцінювання взаємовпливу напруженого стану конструктивних елементів при наявності дефектів елементів мостових споруд із застосуванням ортотропних плит проїзної частини застосовували дві методики проведення відповідних чисельних досліджень. Причому якщо за першою з них – прямою – задля отримання параметрів напружено-деформованого стану (НДС) прогонової будови застосовувався метод скінченних елементів, то друга методика полягає у використанні інженерно-аналітичного методу, який базується на оперуванні універсальним інтегральним показником – коефіцієнтом редукції ефективної ширини полиці ортотропної плити. У розвиток сказаного доцільно також привернути увагу до того, що загальна сутність цих двох методик висвітлена у нормах [2], а практичні приклади та прийоми їх використання викладені у [3,4, 5-8].

Мета публікації полягає у визначенні дослідженні й оцінюванні взаємовпливу напруженого стану конструктивних елементів при дійсній роботі ефективних мостових споруд із застосуванням ортотропних плит проїзної частини.

Об'єктом дослідження є прогонова будова естакади спряження греблі ДніпроГЕС із лівим берегом р. Дніпро, розрахункова модель якої створена з урахуванням дійсного технічного стану конструктивних елементів на основі результатів виконаних інженерних обстежень.

Приймаючи до уваги конфігурацію, структуру і топологію конструкції, в якості розрахункової прийнята скінченно-елементна модель, побудована шляхом моделювання дев’яти укрупнених блоків прогонових будов естакади спряження греблі ДніпроГЕС із лівим берегом р. Дніпро. В моделі всі складові частини ортотропної плити і головних балок апроксимовані набором тонких оболонкових трьох- і чотирикутних скінченних елементів. Матеріал конструктивних складових ортотропної плити і головних балок – сталь марки 09Г2С-12 із модулем пружності $E = 2{,}1 \cdot 10^6$ кгс /см^2 , коефіцієнтом Пуассона $\nu = 0{,}3$ і розрахунковим опором $R = 3400 – 4000$ кгс /см^2 в залежності від товщини конструктивного елементу.

Побудована у такий спосіб скінченно-елементна модель укрупненого блоку (а саме крайнього опорного) прогонової будови естакади спряження наведена на рис. 1 і нараховує 11805 вузлів і 11736 скінченних елементів. А загальна скінченно-елементна модель естакади спряження греблі з лівим берегом представлена на рис. 2 і нараховує 98854 вузлів і 99008 скінченних елементів.

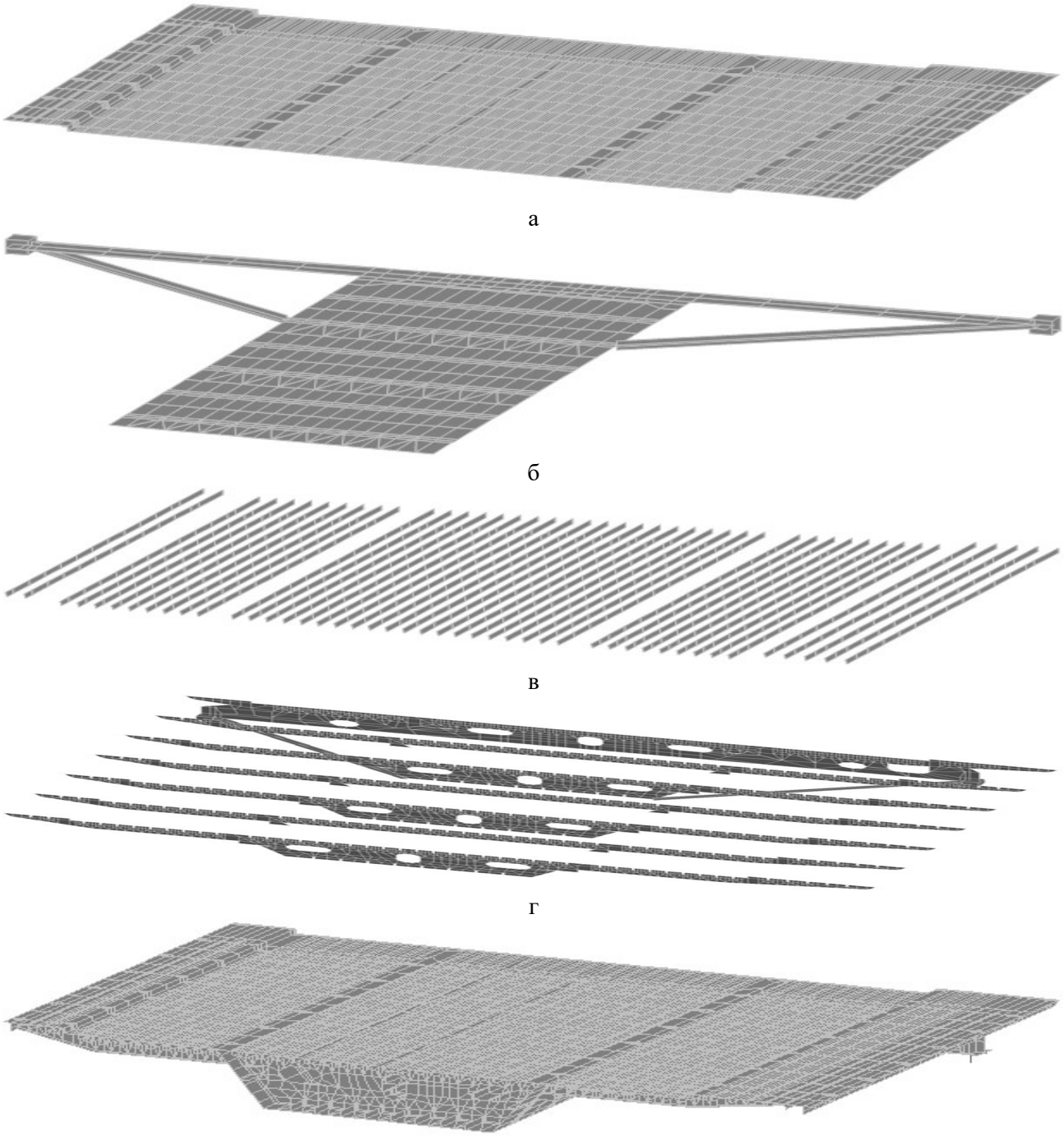


Рисунок 1 – Скінченно-елементна модель укрупненого блоку (крайнього опорного) прогонової будови естакади спряження греблі ДніпроГЕС із лівим берегом р. Дніпро:
а – верхній лист настилу; б – нижній лист настилу; в – подовжні ребра; г – поперечні балки; д – загальна модель укрупненого блока

Figure 1 – Finite element model of the enlarged block (extreme support) span structure of the overpass conjugation of the Dnipro HPP dam with the left bank of the Dnipro River:
a – upper deck sheet; b – bottom sheet of flooring; в – longitudinal ribs; г – transverse beams; д – general model of the enlarged block

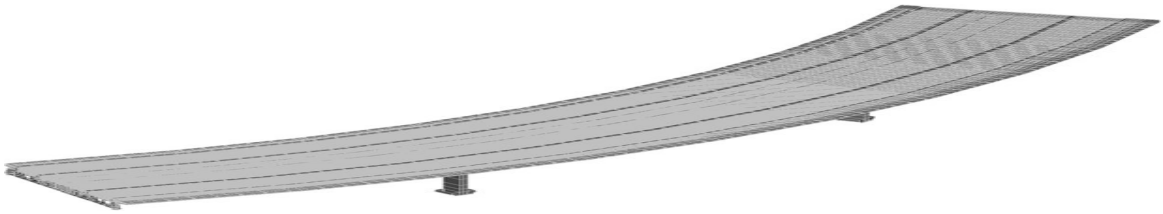


Рисунок 2 – Загальна скінченно-елементна модель прогонової будови естакади спряження греблі ДніпроГЕС із лівим берегом р. Дніпро

Figure 2 – The general finite element model of the span structure of the overpass of the Dnipro HPP dam coupling with the left bank of the Dnipro River

Зауважимо, що постійні та тимчасові навантаження на прогонову будову прийняті у повній відповідності з вимогами норм [1].

Постійне навантаження на прогонову будову естакади спряження являє собою власну вагу його конструктивних елементів і для чисельного розрахунку враховувалось приведенням навантаження до розподіленого за всією шириною конструкції. Загалом було прийнято шість складових постійного навантаження, значення яких наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Складові постійного навантаження від конструктивних елементів прогонової будови естакади спряження греблі ДніпроГЕС із лівим берегом р. Дніпро.

Table 1 – Components of constant load from the structural elements of the span structure flyovers connecting the Dnipro HPP dam with the left bank of the Dnipro River.

Ч/ч	Найменування конструктивного елементу	Характеристичне значення, тс/м.п.	Коефіцієнт надійності γ_f	Розрахункове значення, тс/м.п.
1.	Прогонова будова	6,25	1,25	7,81
2.	Опора освітлення	0,17	1,25	0,21
3.	Бар'єрне огородження	0,07	1,25	0,09
4.	Перила	0,05	1,25	0,06
5.	Комунікації	1,70	1,25	2,13
6.	Покриття проїзної частини	2,81	2,00	5,62
	Разом	11,05		15,92

Що ж стосується тимчасового навантаження на прогонову будову естакади спряження, то для чисельного розрахунку використовувалися дві його складові, а саме: автомобільне навантаження Н-30 від колони автомобілів вагою 30 тс кожен і розрахункове рівномірно розподілене навантаження від натовпу людей на тротуарі та на службовому проході (q = 0,55 і 0,44 тс/м^2). В частині ж колісного навантаження НК-80 від одного чотиривісного автомобіля вагою 80 тс вкажемо на добре відомий розрахунковий критерій, згідно якому при перевірці існуючої споруди з великими прогонами воно (навантаження НК-80) спричиняє виключно локальний вплив і саме через це вважається не розрахунковим. Схема прикладення складових тимчасового навантаження до поперечного перерізу прогонової будови наведена на рис. 3, де під R_{30} розуміється складова від автомобільного навантаження, яка задля більшої точності розрахунку задається між і вдовж двох коліс транспортного засобу.

Отже, з наведених вище даних випливає, що в розрахунку враховувались дві групи навантажень: постійні й тимчасові. При цьому загальна кількість сполучень розрахункових навантажень завдяки симетричності споруди естакади спряження склала чотири, а постійні навантаження та натовп були присутні у всіх сполученнях.

Для кожної характерної розрахункової точки перерізу прогонової будови естакади спряження (на опорах та посередині прогонів) були виконані перевірні розрахунки, результати яких, забігаючи трохи наперед, засвідчили, що всі розглянуті сполучення навантажень є найбільш несприятливими для конкретно визначеної точки, а максимальні значення вертикальних переміщень очікувано є найбільшими по центру покриття і не суттєво відрізняються при різних комбінаціях завантажень.

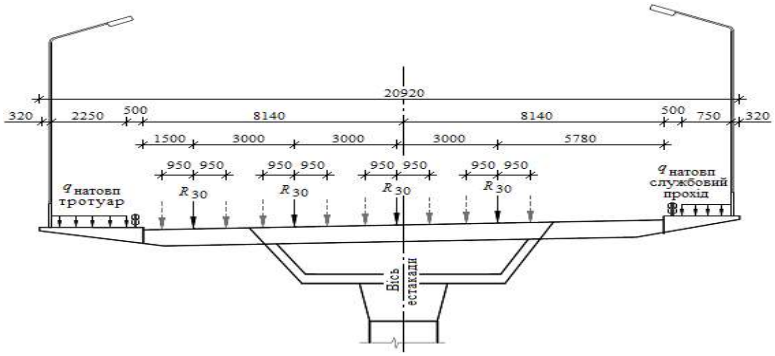


Рисунок 3 – Схема прикладення складових тимчасового навантаження до поперечного перерізу прогонової будови естакади спряження

Figure 3 – The scheme of applying the components of the temporary load to the cross section span structure of the overpass conjugation

Результати і пояснення. Зважаючи на зазначене розглянемо роботу прогонової будови естакади спряження греблі ДніпроГЕС із лівим берегом р. Дніпро при одному з розрахункових сполучень навантажень, а саме: постійного та тимчасового навантаження у складі автомобільного навантаження Н-30 від колони автомобілів вагою 30 тс кожен і розрахункового рівномірно розподіленого навантаження від натовпу людей на тротуарі. Результати чисельних розрахунків у вигляді ізополів вертикальних переміщень і нормальних напружень у листах настилу ортотропної плити та дотичних напружень у стінках головних балок представлено на рис. 4 – 6.

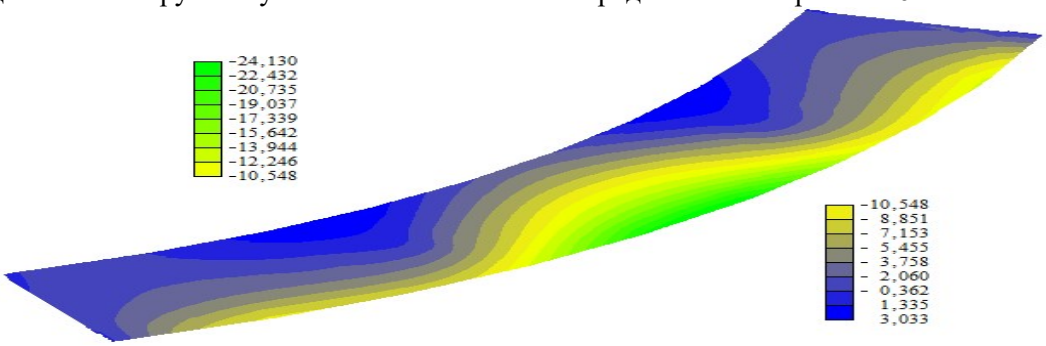


Рисунок 4 – Ізополя вертикальних переміщень *w* у листі настилу ортотропної плити, мм

Figure 4 – Isofield of vertical movements w in the floor sheet of an orthotropic slab, mm

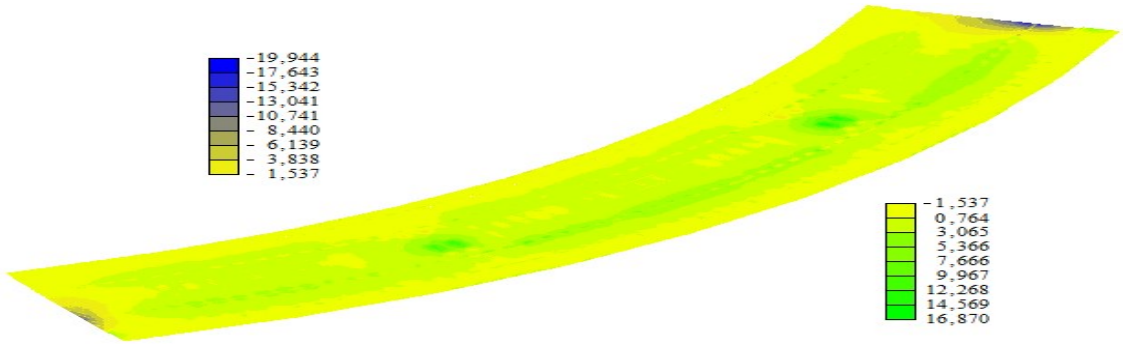


Рисунок 5 – Ізополя нормальних напружень σ_x у листі настилу ортотропної плити, $\sigma_x \cdot 10^2$ кгс/см^2

Figure 5 – Isofield of normal stresses σ x in the floor sheet of an orthotropic slab, $\sigma_x \cdot 10^2$ kgf /cm^2

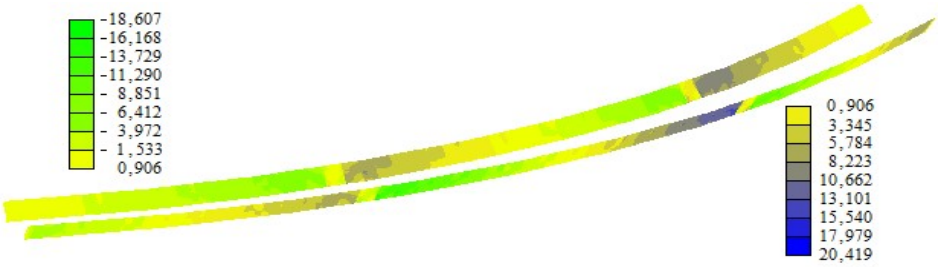


Рисунок 6 – Ізополя дотичних напружень τ_{xy} у стінках головних балок, $\tau_{xy} \cdot 10^2$ кгс /см^2
Figure 6 – Isofield of tangential stresses τ xy in the walls of the main beams, $\tau_{xy} \cdot 10^2$ kgf /cm^2

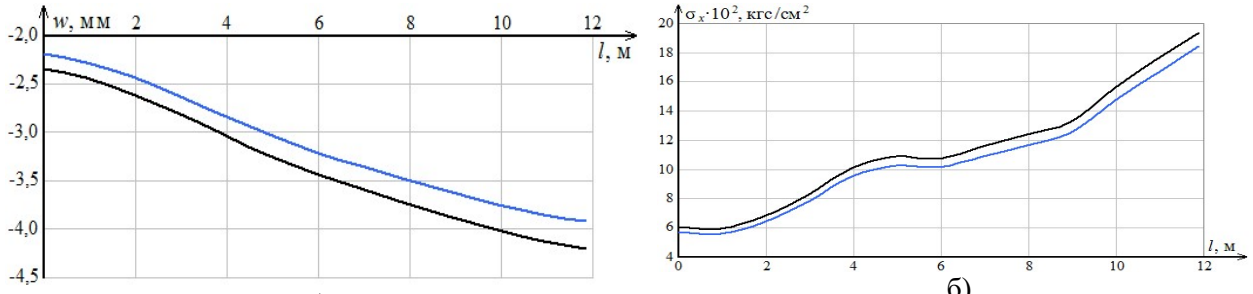
Як випливає з аналізу отриманих результатів лист настилу ортотропної плити за всією довжиною прогонової будови естакади спряження має два типи принципово відмінних зон вертикальних переміщень (рис. 4). Перша з них розташована в місцях опорних діафрагм та сталевих колон і охоплює всю довжину проїзної частини ортотропної плити по внутрішній дузі з максимальними позитивними значеннями переміщень до 3,033 мм. Друга ж зона знаходиться по середині покриття, де лист настилу прогинається донизу з максимальними значеннями прогину 24,13 мм. Що ж стосується розподілення нормальних напружень у листі настилу ортотропної плити (рис. 5), зазначимо, що лист настилу в місцях опорних діафрагм сприймає напруження стиснення в межах σ_x = 153 – 1994 кгс /см^2, а в центрах прогонів між консольними ригелями загалом є більш-менш рівномірно розтягнутим у межах σ_x = 76 – 1687 кгс /см^2. Щодо роботи стінок головних балок, то в них відслідковується різнонаправлений напружений стан (рис. 6): в деяких фрагментах цих стінок присутні напруження стиску (у межах до τ_{xy} = 1860 кгс /см^2); в інших – розтягу (у межах до τ_{xy} = 2041 кгс /см^2), що обумовлено особливостями обпирання головних балок на сталеві колони.

Осмислюючи тепер наведені результати можна усвідомити, що ортотропна плита знаходиться у дещо недонапруженому стані. Роз'яснити ж це неповне використання несної спроможності ортотропної плити можна досить легко, якщо пригадати історію спорудження автопроїзду по греблі ДніпроГЕС, головна мета якого насамперед була спрямована на пришвидшене вирішення тогочасних нагальних транспортних проблем м. Запоріжжя. З огляду на вказане, як проектування, так і будівництво проводились у дуже скорочені терміни, а головна увага приділялась виключно розв'язанню низки супутніх організаційно-технологічних заходів, при цьому економічні показники застосовуваних конструктивних рішень практично не брались до відома.

А тепер продовжимо аналізування параметрів НДС конструктивних елементів ортотропної плити. На рис. 7 і 8 для одного з типових укрупнених блоків прогонової будови естакади спряження греблі ДніпроГЕС із лівим берегом р. Дніпро (в даному випадку передостаннього) представлено графічні залежності зміни параметрів НДС уздовж локальних поздовжньої і поперечної осей, які проходять посередині цього блоку (орієнтація локальних осей вказана на рис. 9). І одразу привернемо увагу до того, що суцільна чорна крива на цих графіках відповідає дійсній роботі прогонової будови з врахуванням дефектів і пошкоджень (зокрема корозійних) мостових конструкцій, виявлених під час останніх спеціальних обстежень естакади спряження греблі ДніпроГЕС із лівим берегом р. Дніпро (нагадуємо, що ці дефекти і пошкодження наведені вище), а суцільна синя – відображає роботу її проектного стану.

Якщо уважно проаналізувати представлені на рис. 7 і 8 графіки, то можна дійти до цілком очікуваного якісного висновку, що набуті за час експлуатації дефекти та пошкодження прогонової будови автопроїзду впливають на параметри НДС мостових конструкцій. Що ж стосується кількісної оцінки цього впливу, вкажемо на те, що розбіжність між переміщеннями і напруженнями проєктного та дійсного стану знаходиться у межах від 7 до 11,5% майже для всіх конструктивних елементів в результаті практично рівномірної довготривалої корозії металу з незначним ослабленням поперечних перерізів (одночасно з рис. 8, *б* також випливає, що у листі настилу над головними балками ортотропної плити присутні неістотні хвилеподібні коливання значень нормальних напружень. Виняток із зазначеного становить тільки зона завширшки біля 0,5 – 0,6 м, яка прилягає до тротуару і простягається за всією довжиною естакади спряження. А особливість цієї зони зводиться до того, що на ній на відміну від усіх інших елементів прогонової будови автопроїзду в значній мірі присутня нерівномірна корозія металу конструктивних елементів, викликана впливом дощових опадів (влітку) і розчинів агресивних

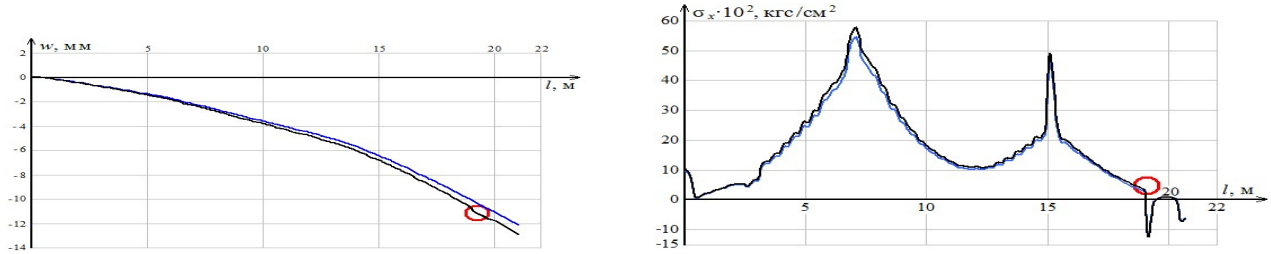
протиожеледних соляних сумішей (у зимовий період), які потрапляють на неї шляхом стікання по нахиленій верхній площині ортотропної плити (рис. із подальшим накопиченням біля бордюру у вигляді калюж і, як наслідок, просочуванням у її (плити) внутрішній простір. Через це у цій зоні різниця між переміщеннями і напруженнями проектного та дійсного стану (не зважаючи на їх не дуже суттєві значення) збільшується приблизно у 1,5 – 2 рази і досягає 16 – 20%, про що виразно свідчить рис. 8.



а) б)

Рисунок 7 – Графіки зміни параметрів НДС уздовж локальної поздовжньої осі укрупненого блоку прогонової будови естакади спряження: а - вертикальні переміщення; б - нормальні напруження

Figure 7 – Graphs of changes in VAT parameters along the local longitudinal axis of the magnified of the span structure block of the overpass conjugation: a - vertical movements; b - normal stresses



а) б)

Рисунок 8 – Графіки зміни параметрів НДС уздовж локальної поперечної осі укрупненого блоку прогонової будови естакади спряження: *а* – вертикальні переміщення; *б* – нормальні напруження; **О** – зона біля тротуару

Figure 8 – Graphs of changes in VAT parameters along the local transverse axis of the enlarged block of the span structure of the conjugation overpass: a – vertical movements; b – normal stresses; O – zone near the sidewalk

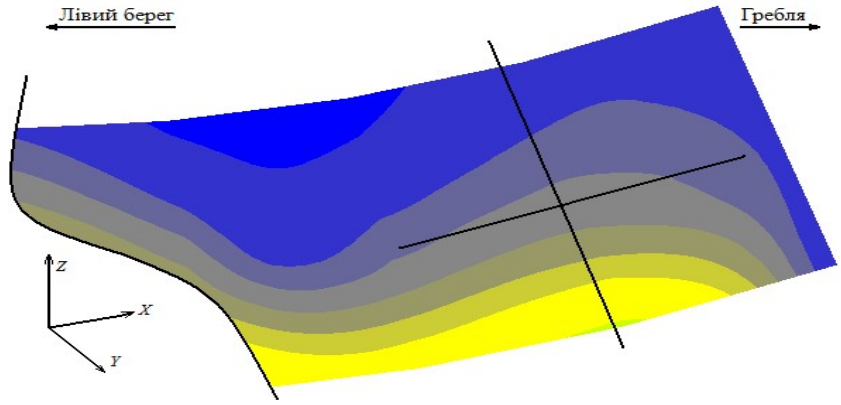


Рисунок 9 – Орієнтація локальних осей, використаних при побудові графічних залежностей зміни параметрів НДС у листі настилу ортотропної плити

Figure 9 – Orientation of local axes used in the construction of graphics dependences of changes in VAT parameters in the floor sheet of an orthotropic slab

Методика розрахунку прогонової будови з використанням коефіцієнта редукції. Привернемо увагу до того, що загальні положення винесеної у назву даного розділу методики викладені у чинному нормативному документі [3,4], а її деталізація і послідовність застосування стосовно конкретного прикладу прогонової будови із ортотропною сталевою плитою проїзної частини існуючого автопроїзду по греблі ДніпроГЕС – у роботах авторів [3,4]. Із урахуванням цього в даній статті вказана методика повторно не викладається, проте якщо у читачів все ж таки виникне бажання з нею ознайомитися, вони можуть достатньо легко звернутися до перелічених публікацій.

Результати розрахунків прогонової будови з використанням коефіцієнта редукції. Відомо, що розрахунок ортотропних плит прогонової будови рекомендується проводити у два прийоми (переважно з метою порівняння отриманих результатів): спочатку застосовується інженерно-аналітичний метод, а потім – чисельний (як правило, метод скінченних елементів) [2]. З огляду на це спершу дослідження прогонової будови з ортотропною плитою естакади спряження греблі ДніпроГЕС із лівим берегом р. Дніпро проведені з використанням коефіцієнта редукції ширини полиці β, який знаходиться у функціональній залежності від ефективної ширини полиці b_{eff}. Оскільки, як зазначено в [2], задля визначення параметру b_{eff} при пружній роботі конструкції вид навантаження не відіграє жодної ролі, то з метою спрощення обчислення нормальних напружень доцільно використовувати власну вагу прогонової будови. Що ж стосується безпосередньо коефіцієнтів редукції, то для їх підрахунку перерізи епюр нормальних напружень у листі прогонової будови необхідно робити в характерних точках – на опорах та у чвертях прогонів, а схему з позначенням розрахункових ділянок цих коефіцієнтів у поперечному перерізі прогонової будови представляти у зображеному на рис. 10 вигляді.

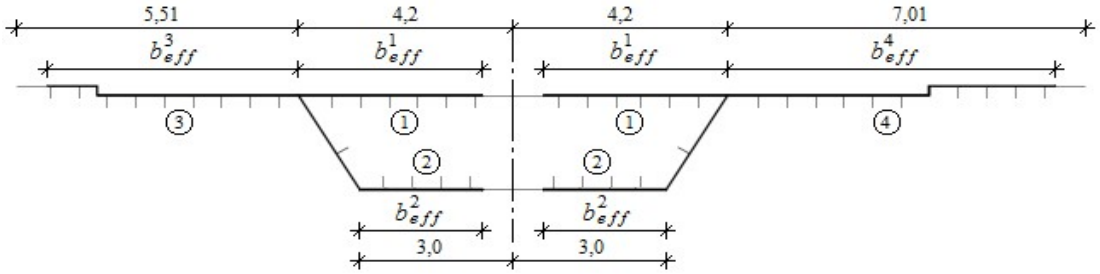


Рисунок 10 – Поперечний переріз прогонової будови з зазначеними розрахунковими ділянками коефіцієнтів редукції:
1 – внутрішня плита верхня (ділянка N 1); 2 – внутрішня плита нижня (ділянка N 2);
3 – консольна плита коротка (ділянка N 3); 4 – консольна плита довга (ділянка N 4)

Figure 10 – Cross-section of the span structure with the indicated calculation areas of coefficients reductions:
1 – upper inner plate (section N 1); 2 – lower internal plate (section N 2);
3 – console plate is short (section N 3); 4 – cantilever plate is long (section N 4)

Побудовані у такий спосіб графіки залежності між коефіцієнтом редукції β та довжиною прогону L для розрахункових ділянок поперечного перерізу прогонової будови зображені на рис. 11.

А зараз перейдемо до розгляду результатів чисельних розрахунків прогонової будови. Проте перш ніж безпосередньо приступити до дослідження коефіцієнта редукції, спочатку звернемося до самих цих результатів із метою виявлення й узагальнення найменших нюансів роботи конструктивних елементів прогонової будови під навантаженням. Для цього насамперед розглянемо розподілення вертикальних переміщень і нормальних напружень у листі настилу ортотропної плити та дотичних напружень у стінках головних балок, ізополя яких представлено на рис. 12 – 14.

Як вбачається з рис. 12 лист настилу ортотропної плити за всією довжиною прогонової будови естакади спряження має незначні прогини. В районі опорних діафрагм та сталевих колон значення переміщень майже дорівнюють 0 мм, що цілком зрозуміло. По середині покриття лист настилу прогинається донизу з максимальними значеннями прогину до 10,6 мм. Що ж стосується характеру розподілення нормальних напружень у листі настилу ортотропної плити (рис. 13), вкажемо на те, що лист настилу загалом є майже рівномірно розтягнутим по всій довжині покриття із коливаннями значень напружень:

від σ_x = 50 кгс /см^2 до σ_x = 1792 кгс /см^2. І тільки в місцях опорних діафрагм є наявними напруження стиснення, що знаходяться в межах від σ_x = 73 кгс /см^2 до σ_x = 1187 кгс /см^2. Щодо роботи стінок головних балок, то в них відслідковується різнонаправлений напружений стан (рис. 14), що знаходить своє відображення у наявності в деяких фрагментах цих стінок незначних за значеннями напружень стиску (у межах до τ_{xy} = 980 кгс /см^2) і розтягу (у межах до τ_{xy} = 1000 кгс /см^2)

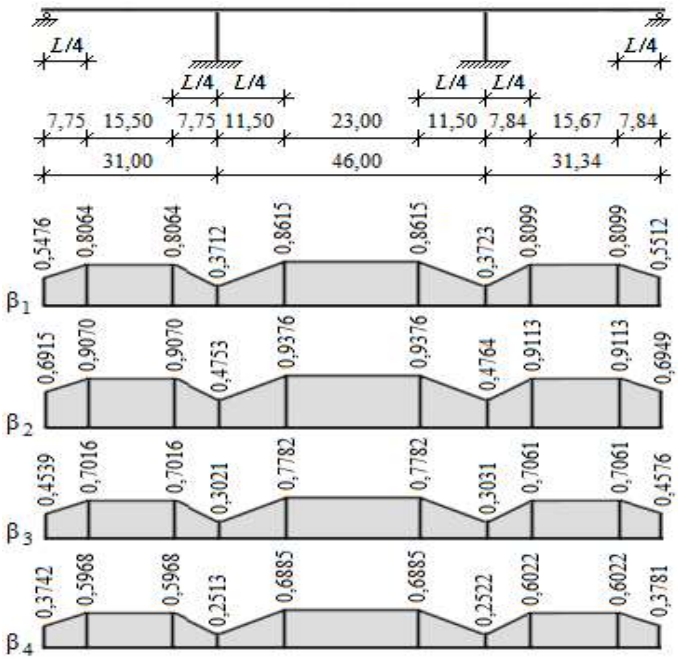


Рисунок 11 – Графіки залежності коефіцієнтів редукції від довжини прогонової будови β = *f* (*L*), побудовані з використанням інженерно-аналітичного методу розрахунку [2]
(розміри ділянок прогонової будови естакади спряження вказані по осі естакади)

Figure 11 – Graphs of the dependence of the reduction coefficients on the length of the span structure β = f (L), built using the engineering-analytical method of calculation [2]
(the dimensions of the sections of the span structure of the conjugation trestle are indicated along the axis of the trestle)

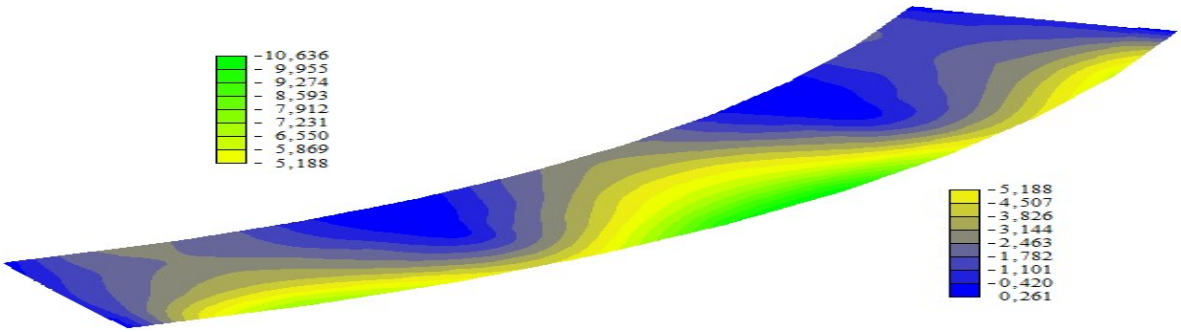


Рисунок 12 – Ізополя вертикальних переміщень *w* у листі настилу ортотропної плити від постійного навантаження, мм

Figure 12 – Isofield of vertical movements w in the floor sheet of an orthotropic slab due to constant loading, mm

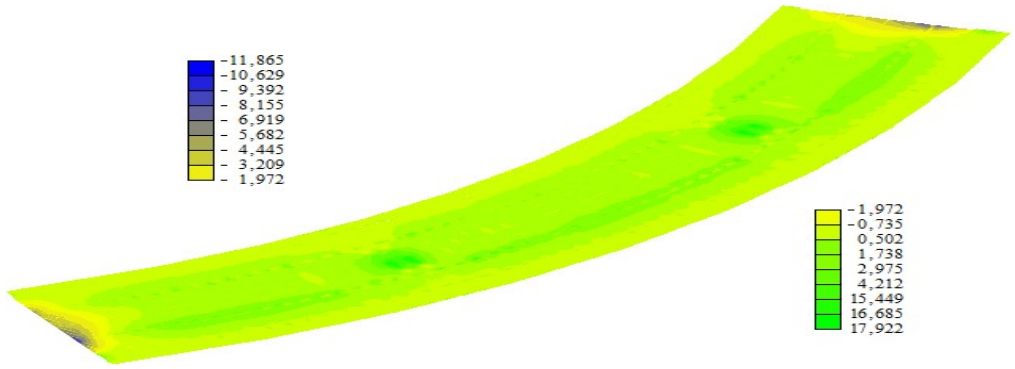


Рисунок 13 – Ізополя нормальних напружень σ_x у листі настилу ортотропної плити від постійного навантаження, $\sigma_x \cdot 10^2$ кгс/см^2

Figure 13 – Isofield of normal stresses σ x in the floor sheet of an orthotropic slab from a constant load, $\sigma_x 10^2$ kgf /cm^2

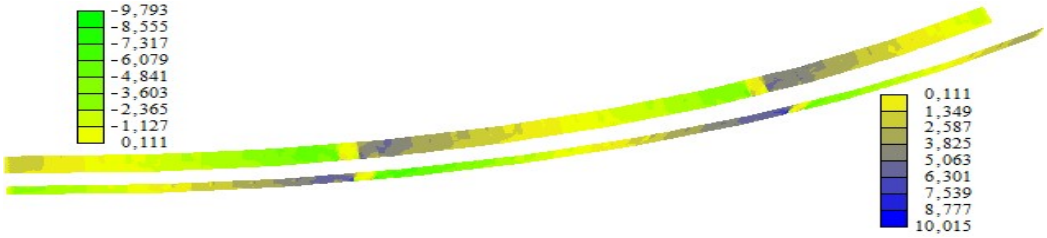


Рисунок 14 – Ізополя дотичних напружень τ_{xy} у стінках головних балок від постійного навантаження, $\tau_{xy} \cdot 10^2$ кгс/см^2

Figure 14 – Isofield of tangential stresses τ xy in the walls of the main beams from a constant load, $\tau_{xy} 10^2$ kgf /cm^2

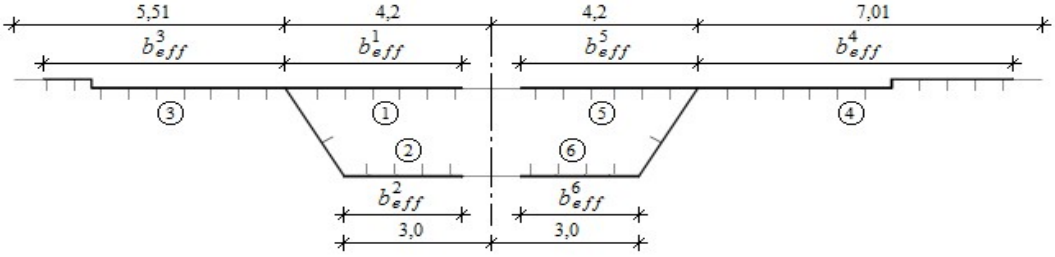


Рисунок 15 – Поперечний переріз прогонової будови з зазначеними розрахунковими ділянками коефіцієнтів редукції:
1 – внутрішня плита ліва верхня (ділянка N 1); 2 – внутрішня плита ліва нижня (ділянка N 2);
3 – консольна плита коротка (ділянка N 3); 4 – консольна плита довга (ділянка N 4);
5 – внутрішня плита права верхня (ділянка N 5); 6 – внутрішня плита права нижня (ділянка N 6)

Figure 15 – Cross-section of the span structure with the indicated calculation areas of coefficients reductions:
1 – upper left inner plate (section N 1); 2 – lower left internal plate (section N 2);
3 – console plate is short (section N 3); 4 – long console plate (section N 4);
5 – upper right inner plate (section N 5); 6 – lower right inner plate (section N 6)

Побудовані шляхом опрацювання наведених вище результатів чисельного методу розрахунку графіки залежності між коефіцієнтом редукції β та довжиною прогону *L* для розрахункових ділянок поперечного перерізу прогонової будови (схема яких наведена на рис. 15) зображені на рис. 16. Зауважимо, що особливість цього рисунку (у порівнянні з результатами інженерного розрахунку на рис. 11) полягає у двох додаткових графіках β_5 і β_6 для внутрішніх верхньої і нижньої ділянок плити. Це пов'язано з тим, що згідно методики [4] коефіцієнти редукції для внутрішніх ділянок ортотропної плити вважаються однаковими, тоді як при використанні чисельного розрахунку отримуються різні

значення, що пов'язано з, по-перше, кривиною прогонової будови в плані й, по-друге, несиметричністю поперечного перерізу ортотропної плити (одна з консолей більша, ніж інша), яка й призводить до несиметричності завантаження прогонової будови.

Одночасно в таблиці 1 із метою оцінювання близькості отриманих із застосуванням інженерно-аналітичного та чисельного методів розрахунку результатів визначення коефіцієнта редукції β відображені відповідні дані для шістьох розрахункових ділянок поперечного перерізу прогонової будови (нагадуємо, що схема цих ділянок представлена на рис. 16) на опорі та в прогоні й вказана різниця між ними.

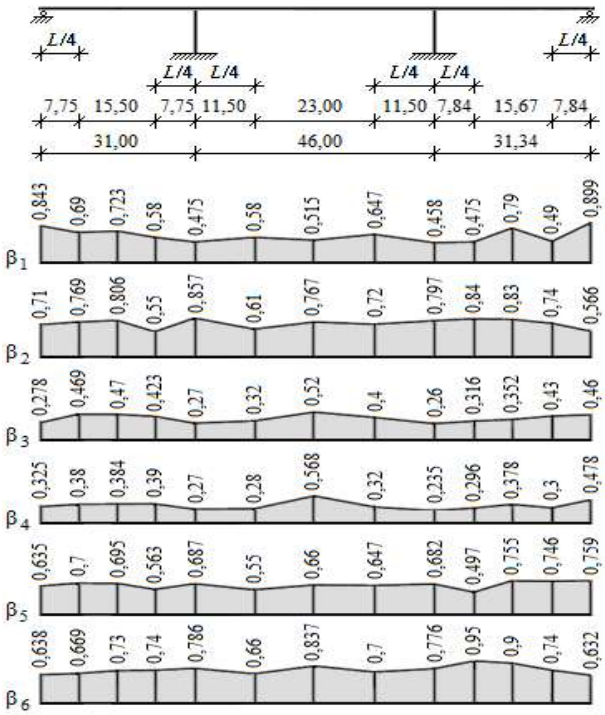


Рисунок 16 – Графіки залежності коефіцієнтів редукції від довжини прогонової будови $\beta = f(L)$, побудовані з використанням чисельного методу розрахунку
(розміри ділянок прогонової будови естакади спряження вказані по осі естакади)

Figure 16 – Graphs of the dependence of the reduction coefficients on the length of the span structure β = f (L),built using the numerical method of calculation (the dimensions of the sections of the span structure of the conjugation trestle are indicated along the axis of the trestle)

З наведених у таблиці 2 даних випливає, що коефіцієнти редукції, обчислені майже для всіх ділянок ортотропної плити за допомогою чисельного розрахунку і за Додатком «Д» [2], достатньо суттєво відрізняються один від іншого – від 0,43 до 59,3 відсотків. Проте така розбіжність має досить просте пояснення, пов'язане з двома суттєвими конструктивними відмінностями між реальною конструкцією й тією, що розглядається в Додатку «Д» [2].

Перша з цих відмінностей полягає в тому, що в Додатку «Д» [2] будь-яка прогонова будова і, зокрема, естакада спряження, апроксимується у вигляді прямої балки з проміжними опорами. У дійсності ж кожен блок прогонової будови є повернутим у плані відносно попереднього, утворюючи таким чином закінчену криволінійну споруду з радіусом 125 м, що достатньо сильно змінює характер розподілу напружень порівняно з прямою в плані конструкцією. А друга зводиться до того, що проміжні (середні) опори естакади являють собою колони коробчастого перерізу жорстко з'єднані з прогоновою будовою, що теж вносить певні корективи у розподіл нормальних напружень в ортотропній плиті. Що ж стосується додатку «Д» [2], то в ньому взагалі не розглядає застосований тип опирання. І саме тому перелічені конструктивні відмінності й зумовлюють розбіжність в отриманих значеннях коефіцієнтів редукції. Більше того, це означає, що для нестандартних конструкцій, на кшталт естакади спряження, реальні значення коефіцієнтів редукції можна визначити лише за результатами чисельних розрахунків.

Таблиця 2 – Розрахункові значення коефіцієнтів редукції β

Table 2 – Calculated values of reduction coefficients β

Номер розрахункової ділянки	Коефіцієнти редукції β											
	На крайніх опорах		Різниця, %	На середніх опорах		Різниця, %	У крайніх прогонах		Різниця, %	У середньому прогоні		Різниця, %
	I	II		I	II		I	II		I	II	
1	0,548 / 0,551	0,843 / 0,899	34,9 / 38,7	0,371 / 0,372	0,458 / 0,475	18,9 / 21,7	0,806 / 0,81	0,475 / 0,79	41,1 / 2,5	0,862	0,515 / 0,647	40,2 / 24,9
2	0,692 / 0,695	0,566 / 0,71	18,2 / 2,1	0,475 / 0,476	0,797 / 0,857	40,4 / 44,5	0,907 / 0,911	0,55 / 0,84	39,4 / 7,8	0,938	0,61 / 0,767	34,9 / 18,2
3	0,454 / 0,458	0,278 / 0,46	38,7 / 0,43	0,302 / 0,303	0,26 / 0,27	13,9 / 10,9	0,702 / 0,706	0,316 / 0,47	54,9 / 33,4	0,778	0,32 / 0,52	58,8 / 33,2
4	0,374 / 0,378	0,325 / 0,478	13,1 / 20,9	0,251 / 0,252	0,235 / 0,27	6,4 / 6,7	0,597 / 0,602	0,296 / 0,39	50,4 / 35,2	0,689	0,28 / 0,568	59,3 / 17,6
5	0,548 / 0,551	0,635 / 0,759	13,7 / 27,4	0,371 / 0,372	0,682 / 0,687	45,6 / 45,9	0,806 / 0,81	0,476 / 0,755	40,9 / 6,8	0,862	0,55 / 0,66	36,2 / 23,4
6	0,692 / 0,695	0,632 / 0,638	8,67 / 8,2	0,475 / 0,476	0,776 / 0,786	38,8 / 39,4	0,907 / 0,911	0,669 / 0,95	26,2 / 4,1	0,938	0,66 / 0,837	29,6 – 10,7

Примітки: 1. Розташування розрахункових ділянок коефіцієнтів редукції у поперечному перерізі прогонової будови за номерами вказано на рис. 25 і 30.
2. Для методів розрахунку прийняті наступні позначення: I – інженерно-аналітичний метод розрахунку [3];
II – чисельний метод розрахунку.
3. Величини коефіцієнтів редукції у кожній чарунці таблиці розташовані в порядку збільшення

До речі, вказаний висновок стосується обчислення й інших параметрів напружено-деформованого стану прогонової будови естакади спряження. Засвідчує сказане дані таблиці 3, в якій згруповані результати розрахунків із використанням інженерно-аналітичного і чисельного методів розрахунку щодо нормальних і дотичних напружень в елементах її головної балки.

Таблиця 3 – Розрахункові значення нормальних і дотичних напружень в елементах головної балки прогонової будови

Table 3 – Calculated values of normal and tangential stresses in the elements of the main beam of the span structure

Абсциса поперечного перерізу прогонової будови, м	Елемент поперечного перерізу головної балки	Нормальні напруження σ_x, кгс/см^2		Різниця, %	Дотичні напруження τ_{xy}, кгс/см^2		Різниця, %
		I	II		I	II	
x = 0; x = 108,34	стінка	–	–	–	714	787	9,3
x = 15,5; x = 92,67	верхній пояс	395	567	30,3	–	–	–
	стінка	–	–	–	303	545	44,4
	нижній пояс	928	1056	12,1	–	–	–
x = 31,0; x = 77,0	верхній пояс	2177	1688	22,4	–	–	–
	стінка	–	–	–	1333	1129	15,3
	нижній пояс	2842	2627	7,5	–	–	–
x = 54,0	верхній пояс	600	648	7,4	–	–	–
	стінка	–	–	–	159	283	43,8
	нижній пояс	1386	1209	12,8	–	–	–

Примітка: I – інженерно-аналітичний метод розрахунку [3]; II – чисельний метод розрахунку

З даних у наведеній таблиці чітко відслідковується, що визначені з використанням інженерно-аналітичного методу розрахунку нормальні й дотичні напруження в елементах головної балки прогонової будови мають більші значення (особливо їх максимальні величини) порівняно з тими, які підраховані за допомогою чисельного методу розрахунку. Останнє зайвий раз підтверджує тезис про те, що методика Додатку «Д» [2] є більш консервативна, а чисельний метод, завдяки можливості відображення в розрахунковій моделі конструктивних особливостей досліджуваних конструкцій шляхом їх максимальної деталізації, дозволяє отримувати більш якісніші, надійніші та точніші результати розрахунків.

Висновки та рекомендації.

В статті розглянуто методологічні аспекти комплексного підходу до розрахунку й аналізу роботи мостових прогонових будов із ортотропними плитами проїзної частини. В якості об'єкту дослідження прийнято прогонову будову естакади спряження греблі ДніпроГЕС із лівим берегом р. Дніпро, розрахункова модель якої створена з урахуванням дійсного технічного стану конструктивних елементів на основі результатів виконаних інженерних обстежень. Визначено коефіцієнти редукції шляхом застосування інженерно-аналітичного (нормативного) та чисельного (скінченних елементів) методів розрахунку. Наведено й проаналізовано результати чисельного методу у вигляді вертикальних переміщень і нормальних напружень у листі настилу ортотропної плити та дотичних напружень у стінках головних балок. Виконано порівняння отриманих результатів та надані рекомендації в частині застосування методів розрахунку.

Нові результати і, як наслідок, сформульовані на їх базі рекомендації полягають в наступному.

1. Стосовно розрахункового оцінювання дійсного технічного стану – розрахунки мостових споруд у неодмінному порядку необхідно здійснювати з оглядом на їх дійсний технічний стан, встановлений за результатами проведених інженерних обстежень.

2. Стосовно відображення в чисельній моделі дійсного технічного стану – при побудові скінченно-елементної моделі мостових конструкцій врахування визначених дефектів, пошкоджень і руйнувань конструктивних елементів внаслідок їх значної кількості рекомендується проводити не прямим їх відтворенням, а опосередковано – коригуванням товщини скінченних елементів у залежності від існуючої відповідної «вади» зі збереженням інших геометричних і жорсткісних параметрів. Причому величину цього коригування слід визначати усереднюючи наявні «вади» по поверхні конструктивного елементу.

3. Стосовно застосування методів розрахунку – при проведенні досліджень мостових споруд, які мають набуті під час експлуатації дефекти, пошкодження і руйнування, а також тих, яким властиві нестандартні конструктивні рішення, ліпше використовувати чисельні методи розрахунку з двох обставин. Перша з них полягає в тому, що тільки чисельні методи дозволяють досягти при побудові числової моделі максимально можливої деталізації конструкції і, як наслідок, отримати більш якісніші, надійніші та точніші результати розрахунків; друга – пов'язана з відсутністю у чинній нормативній документації методик, які передбачали б врахування результатів інженерних обстежень конструктивних елементів мостових споруд і застосованих нестандартних конструктивних рішень, а тому визначені за допомогою цих методик результати призводять до великих похибок.

4. Стосовно підвищення несної спроможності конструкцій – оскільки дефекти, пошкодження і руйнування, які присутні в конструктивних елементах, що експлуатуються протягом багатьох десятків років, у значній мірі негативно впливають на роботу цих елементів під навантаженням, рекомендується з урахуванням результатів розрахунків розроблювати необхідні організаційні пропозиції (зокрема, щодо постійного моніторингу технічного стану конструкцій) та ремонтні заходи з метою підвищення як рейтингу експлуатаційного стану мостової споруди, так і безпеки її експлуатації.

5. Стосовно корегування нормативної документації – зважаючи на те, що чинні нормативні документи не містять положень із розрахунку та проектування мостових споруд із урахуванням даних інженерних обстежень і нестандартних конструктивних рішень рекомендується доповнювати ці нормативні документи відповідними розділами.

Перелік посилань

1. ДБН В.1.2-15:2009 Споруди транспорту. Навантаження і впливи. Мости та труби. Київ, 2009. 84 с. (Інформація та документація).

http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/48.1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.1.2-15~2009.%20%D0%A1%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%B8%20%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D1%83.%20%D0%9C%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%20%D1%82%D0%B0%20%D1%82%D1%80.pdf (дата звернення: 10.05.2022).

2. ДБН В.2.3-26:2010 Споруди транспорту. Мости та труби. Сталеві конструкції. Правила проєктування. Київ, 201. 265 с. (Інформація та документація). http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=26663 (дата звернення:15.05.2022).

3. Шимановський О. В., Шалінський В.В., Шимановська М.О. Напружений стан ортотропних плит проїзної частини мостових прогонових будов із урахуванням впливу експлуатаційних дефектів і пошкоджень. *Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В.М.Шимановського.* Київ: Видавництво «Сталь», 2020. Вип. 25. С. 5-11.

4. Шимановський О. В., Шалінський В.В., Шимановська М.О. Особливості розрахунку та роботи мостових прогонових будов із ортотропними плитами проїзної частини з урахуванням їх дійсного технічного стану. *Промислове будівництво та інженерні споруди*. 2020. N 3. С.2 – 16.

5. Онищенко А. М., Ковальчук В. В.,. Гібаленко О. М, Шалінський В. В., Чиженко Н. П., Гаркуша М. В. Забезпечення експлуатаційної надійності мостового переходу аванкамери проїзду греблі «Дніпровська ГЕС». *Вісник національного університету водного господарства та природокористування.* Рівне, Випусук 4 (96), 2021. С.26 – 38.

6. Онищенко А.М., Шалінський В.В., Чиженко Н.П., Гаркуша М.В. Обстеження автодорожнього мосту гідротехнічної споруди Дніпровської ГЕС. *Збірник тез міжнародної науково-технічної конференції Гідротехнічне і транспортне будівництво.* Одеса. 2022 р. С.41 - 44.

7. Шимановський О.В., Шалінський В.В., Шимановська М.О. Закономірності впливу експлуатаційних дефектів і пошкоджень на технічний стан мостових прогонових будов із ортотропними плитами проїзної частини. *Промислове будівництво та інженерні споруди*. 2021. № 2. С. 3 – 18.

8. Шимановський О.В., Осадчий С.Д., Шалінський В.В., Тарнопольский Д.Й. Питання реконструкції автопроїзду по спорудах греблі ДніпроГЕС. *Промислове будівництво та інженерні споруди*. 2022. № 1. С. 12 – 29.

METHODOLOGICAL ASPECTS OF THE COMPLEX APPROACH TO THE CALCULATION AND ANALYSIS OF THE WORK OF BRIDGE GUARD STRUCTURES WITH ORTHOTROPIC ROAD PLATES

Voroshnov Serhii M., Candidate of Technical Sciences, Ph. D, National Transportation University, Professor of bridges, tunnels and hydraulic structures Department, e-mail: *voroshnov52@ukr.net, +38067709707,* https://orcid.org/0000-0003-0642-8289

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*

Fedorenko Oleksandr V., utility corporation "Kyivavtodor", general director, *e-mail: 50281@ukr.net, +380672926788,* https://orcid.org//*0000-0002-3464-597 X*

Chyzhenko Nataliia P., Candidate of Technical Sciences, Ph. D, National Transportation University, Associate Professor of bridges, tunnels and hydraulic structures Department, e-mail: *chyzhenko_np@ukr.net, +380507355080,* https://orcid.org/0000-0002-9152 2474

Shalinskyi Valery V., candidate of technical sciences, senior researcher, LLC "Ukrinstalkon named after V. M. Shymanovskyi", head of the department of bridges and special structures, e-mail:
e-mail:shalinsky_v@ukr.net, +380676824217, https://orcid.org/0000-0001-9347-8342

Abstract. The paper considers peculiarities of analysis and operation of bridge decks with orthotropic deck plates of the roadway. As an example, the design of the superstructure of the existing driveway over the overpass of Dnieper Hydroelectric Power Plant dam with the left bank is considered. Defects and damages of load-bearing structures acquired during the operation of the carriageway are described. The non-uniform distribution of normal stresses in the orthotropic plate decking is investigated. Reduction coefficients characterizing the non-uniform distribution of normal stresses were found by analyzing the design model using engineering and analytical (normative) method and numerical method of calculation. The results of the numerical method are presented and analyzed in the form of vertical displacements and normal stresses in the orthotropic plate decking and shear stresses in the walls of the main girders. The results obtained are compared. Conclusions and recommendations based on the research results are formulated.

Key words: bridge structure, span structure, orthotropic slab, calculation model, reduction factor, stress.

References

1.DBN V.1.2-15:2009 (2009) Transport structures. Loads and influences. Bridges and pipes. Kyiv, (Information and documentation).

http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/48.1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.1.2-15~2009.%20%D0%A1%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%B8%20%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%BE%D1%80%D1%82%D1%83.%20%D0%9C%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8%20%D1%82%D0%B0%20%D1%82%D1%80.pdf (data zvernennia: 10.05.2022).

2. DBN V.2.3-26:2010 (2010) Transport structures. Bridges and pipes. Steel structures. Design rules. Kyiv, (Information and documentation). http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=26663 (data zvernennia: 15.05.2022).

3. Shymanovsky O. V., Shalinsky V. V., Shymanovska M. O. (2020). Stress state of orthotropic slabs of the carriageway of bridge girder structures, taking into account the influence of operational defects and damage. Collection of scientific works of the Ukrainian Institute of Steel Structures named after V. M. Shymanovsky. Kyiv: "Stal" Publishing House, Vol. 25. P. 5-11.

4. Shymanovsky O. V., Shalinsky V. V., Shymanovska M. O. (2020). Peculiarities of the calculation and operation of bridge girder structures with orthotropic slabs of the carriageway, taking into account their actual technical condition. Industrial construction and engineering structures. Vol. 3. P.2 – 16.

5. Onyshchenko A. M., Kovalchuk V. V.,. Gibalenko O. M., Shalinskyi V. V., Chyzhenko N. P., Harkusha M. V. (2021). Ensuring operational reliability of the bridge crossing of the advance camera passage of the Dniprovska HPP dam. Bulletin of the National University of Water Management and Nature Management. Rivne. Issue 4 (96). P.26 – 38.

6. Onyshchenko A.M., Shalinskyi V.V., Chyzhenko N.P., Harkusha M.V. (2022). Inspection of the road bridge of the hydrotechnical structure of the Dnipro HPP. Collection of theses of the international scientific and technical conference Hydrotechnical and transport construction. Odesa. P.41 - 44.

7. Shymanovskyi O.V., Shalinskyi V.V., Shymanovska M.O. (2022). Patterns of influence of operational defects and damage on the technical condition of bridge girder structures with orthotropic slabs of the carriageway. Industrial construction and engineering structures. Vol. 2. P. 3 – 18.

8. Shimanovskyi O.V., Osadchii S.D., Shalinskyi V.V., Tarnopolskyi D.Y. (2022). The issue of the reconstruction of the road through the constructions of the Dnipro HPP dam. Industrial construction and engineering structures. Vol. 1. P. 12 - 29.

УДК 625.745.1/.2
UDC 625.745.1/.2

DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-164-173

АНАЛІЗ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД ТРАНСПОРТНОГО БУДІВНИЦТВА З ДОРОЖНІХ ВОДОПРОПУСКНИХ ТРУБ ВІД ВПЛИВУ КОРОЗІЇ

ANALYSIS OF THE TECHNICAL STATE OF HYDROTECHNICAL STRUCTURES OF TRANSPORTATION CONSTRUCTION FROM ROAD WATER PERFORMANCE PIPES FROM THE INFLUENCE OF CORROSION



Гаркуша Микола Васильович, *кандадат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, e-mail: mykola.harkusha@ntu.edu.ua, тел. +380966287905,*

https://orcid.org/0000-0002-5388-0561



Клименко Микола Іванович*, Національний транспортний університет, доцент кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, тел. +380678975852,*

https://orcid.org/0000-0002-7967-5881



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

Анотація. Гідротехнічні споруди транспортного будівництва з дорожніх водопропускних труб призначені для транспортування та відведення від транспортних споруд води. Одним із основних чинників, що впливає на довговічність дорожньої водопропускної труби є корозія металу самої труби.

Із збільшенням кількості гідротехнічних споруд транспортного будівництва з дорожніх водопропускних труб на дорогах, особливе значення набувають питання забезпечення надійності і довговічності їх роботи в процесі експлуатації, так як має місце велика кількість деформацій, а також випадки повного руйнування труб під насипами.

Світовий досвід показує, що корозійні пошкодження є надзвичайно важливою проблемою і вимагають належної реакції на дуже ранній стадії розвитку.

У статті розглянуо характеристику найпоширеніших причин винекнення корозії дорожніх водопропускних труб.

Ключові слова: автомобільна дорога, гідротехнічні споруди, дорожній одяг, дорожня водопропускна труба, корозія, транспортна споруда.

Вступ. Гідротехнічні споруди транспортного будівництва з дорожніх водопропускних труб виготовлені з металу є перспективними видами споруд, для зведення яких необхідно мінімум часу, матеріалів та витрат людської праці, маючі при цьому великі переваги з альтернативними конструкціями та нерідко застосовуються як малі та середні мости.

Однією з причин передчасного руйнування дорожньої водопропускної труби є корозія металу, а також відсутність сучасних підгодів аналізу та врахування корозійного пошкодження водопропускної труби на її подальшу надійність та довговічність.

Мета і методи. Аналіз технічного стану гідротехнічних споруд транспортного будівництва з дорожніх водопропускних труб від впливу корозії. В роботі наведено теоретичні методи дослідження впливу корозії металу дорожньої водопропускної труби.

Мета публікації полягає у аналізі існуючих причин та наслідків впливу корозії на дорожню водопропускну трубу.

Об'єктом дослідження є середовище проходження корозії металевих дорожніх водопропускних труб.

Загальні положення. У 1896 році в США Уотсон запатентував гофровану сталеву трубу та в тому ж році почалося масове виробництво конструкцій на американському континенті [1]. З часом великі перерізи водопропускних труб розділяли на елементи конструкції та з'єднували разом за допомогою гвинтових з'єднань. У наступні десятиліття ці елементи, будучи економними, міцними та довговічними сприяли швидкому збільшенню різноманіття застосування конструкцій із гофрованих труб в транспортному будівництві всього світу. У Європі ця технологія набула широкого застосували лише після Другої світової війни [1].

Однак, масове застосування в світі дорожніх водопропускних труб з металу розпочинається з середини 1950-х років, в цей час починають застосовувати труби різних форм – кола, горизонтальний та вертикальний еліпс, тощо.

В перших проектах термін експлуатації дорожніх водопропускних труб з металу становив близько 50 років, у літературі повідомляється, що більшість металевих водопропускних труб збереглися не більше 30 років до необхідності ремонту та модернізації, зокрема через корозію [2].

Перші рекомендації щодо розрахунку довговічності дорожніх водопропускних труб були розроблені в США (California Department of Transportation) в 1959 році [3]. Метод оцінював довговічність водопропускних труб з моменту введення в експлуатацію до моменту появи в ній першого наскрізного отвору від руйнування спричиненого корозією металу.

Розрахунок полягає в тому, що встановлюється період часу, протягом якого відбувається повне руйнування стінки металевої гофрованої труби корозією.

До 1970 року було проведено багато досліджень для вивчення різних аспектів корозії та стирання дорожніх водопропускних труб, проте лише в 1978 році було здійснено узагальнення отриманого досвіду стану дорожніх водопропускних труб виготовлених з металу [4].

Розробка та використання аналізу кінцевих елементів у 1970-х та 1980-х роках змінило характер оцінки довговічності дорожніх водопропускних труб, оскільки це дозволило розглянути геометричні характеристики, характеристики матеріалів труби, навантаження від грунту та транспортних засобів, а також враховувати особливості будівництва та експлуатації дорожніх водопропускних труб [2].

Економічні розрахунки наслідків корозії дорожніх водопропускних труб свідчать, що вона є справжньою економічною та екологічною проблеми [5 – 7]. Дослідження проведені в 1949 році в США свідчать, що витрати на боротьбу та наслідки корозії еквівалентні 2,5 % ВВП США [5]. В 2016 році Національна асоціація інженерів з корозії (NACE) опублікувала документ про витрати на боротьбу з корозією та її наслідки, оцінивши, що у 2013 році світові витрати на корозію металу склали 2,5 трлн

доларів США, що еквівалентно 3,4 % світового ВВП. В роботі [8] зазначається, що використання методів боротьби з корозією може заощадити від 15 % до 35 % вартості конструкції.

Корозія металу, як і експлуатаційна міцність, має великий вплив на довговічність гідротехнічних споруд транспортного будівництва з дорожніх водопропускних труб.

Середовище походження корозії дорожньої водопропускної труби: вода, грунт, повітря (рисунок 1).

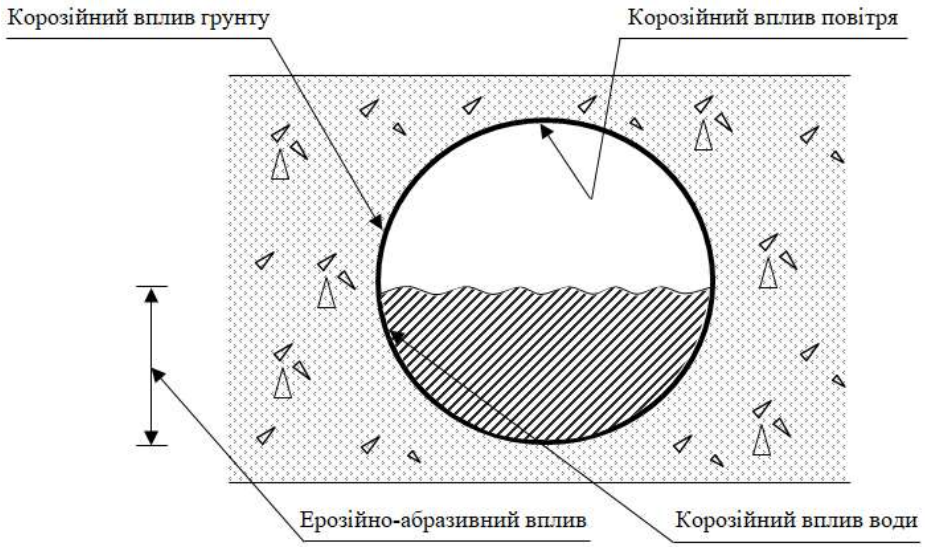


Рисунок 1 – Середовище походження корозії дорожньої водопропускної труби.
Figure 1 – Environment of origin of rod culvert corrosion.

На рисунку 2 наведено класифікацію типів корозії [1]. Корозія, що відноситься до дорожніх водопропускних труб позначено жирним шрифтом.

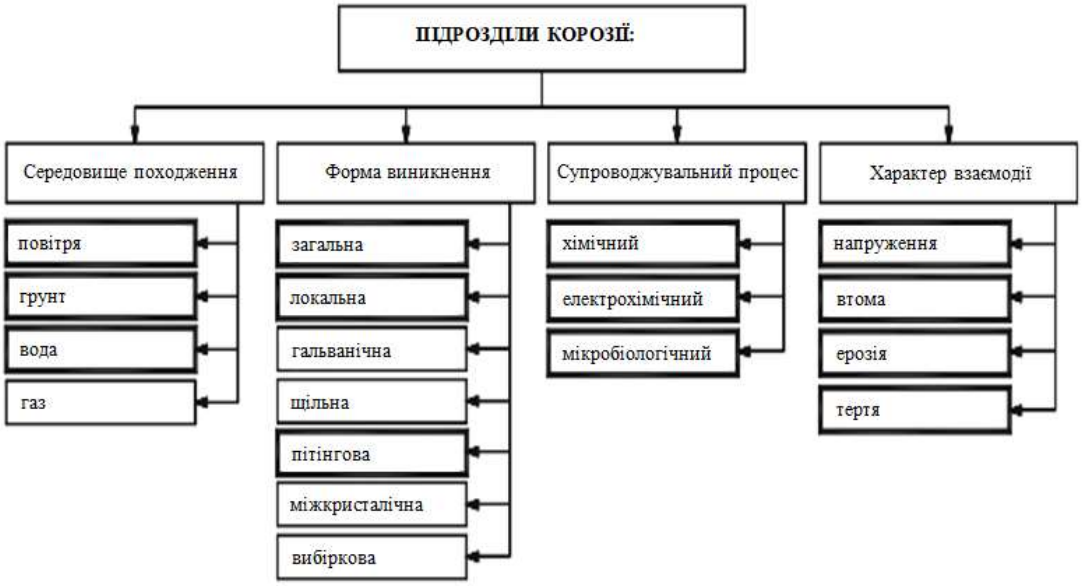


Рисунок 2 – Класифікація найбільш часто поширених видів корозії.
Figure 2 – Classification of the most common types of corrosion.

Серед основних причин передчасної корозії гідротехнічних споруд транспортного будівництва з дорожніх водопропускних труб [1]:

– відсутність належного захисту від корозії;

– відсутність належного захисту від стирання, що спричиняє пошкодження днища та бічних стінок конструкції матеріалом, що переноситься водою;

– інфільтрація води через шари ґрунту, особливо після зими, коли вода містить засоби для зимового утримання доріг;

– експлуатація водопропускних труб в агресивному середовищі, це пов'язано з тим, що дощова вода може містити велику кількість забруднень (сульфатів, хлоридів тощо), які посилюють корозійні процеси, крім того, забруднена вода проникає в шари насипу і змінює свої основні фізичні параметри (наприклад, зміна pH, питомий опір ґрунту, тощо).

– часті перепади температури, особливо в осінньо-зимовий період (до 0 ºС і нижче/вище), що може спричинити просідання, як результат, біля сталевих конструкцій можуть з’явитися порожнини;

– пошкодження антикорозійного захисту при з’єднанні окремих елементів конструкції, це поширена причина, адже більшість монтажних робіт виконано динамометричними ключами з великим крутним моментом (до 400 Нм);

На рис. 3 зображено наслідки пошкоджень дорожніх водопропускних труб корозією, що можуть варіюватися від незначниз до катастрофічних залежно від розміру, тип пошкодження, типу автомобільної дороги та навколишнього середовища [9].



a) тріщини дорожнього покриття b) просідання конструкції дорожнього одягу c) руйнування конструкції дорожнього одягу

Рисунок 3 – Типові наслідки корозії дорожньої водопропускної труби.
Figure 3 – Typical consequences of road culvert corrosion.

Первинна корозія. Первинна корозія водопропускної труби залежить від основних властивостей (фізичних, хімічних і механічний) металу з якого вона виготовлена [1].

Заходи з запобігання утворення первинної корозії можна поділити на:

– проектування конструкції або її елементів таким чином, щоб забезпечити базову міцність;

– забезпечення належного захисту конструкції від агресивного середовища експлуатації.

Основні фактори, що впливають на корозію металу:

– структура атомів, мікро- та макроскопічна неоднорідність, міцність на стиск і розтяг, циклічні втома металу;

– середовище експлуатації, хімічні властивості, концентрація реакційноздатних речовин, вміст шкідливих речовин, бактерій, тиску, температури тощо;

– взаємодія метал-середовище, особливості кінетики окиснення та розкладання (розчинення) металів, кінетика відновлення в розчині, природа і розподіл продуктів корозії, можливість появи захисного покриття шару та його розкладання (розчинення).

Так, Бебен Д. запропонував виразити корозію у вигляді найпростішої хімічної реакції за формулою [10]:

$$aA + bB = cC$$

де: А – метал, В – неметалевий матеріал, С – реакція продуктів, наприклад: $4Fe + 3O_2 = 2Fe_2O_3$, де продукт реакції може вважатися окислена форма металу або відновлена форма неметалу. Реакції такого типу, які вимагають присутності води або водних розчинів, називаються «сухими» корозійними реакціями, відповідна реакція у водних розчинах називається «мокрою» корозійною реакцією і може бути виражена [10]:

$$4Fe + 2H_2O + 3O_2 = 2Fe_2O_3 \times H_2O$$

Корозійний вплив грунту. При експлуатації дорожньої водопропускної труби грунт утворює корозійне середовище, корозія передбачає електрохімічний процес, у якому розчинення металу є анодною реакцією.

Швидкість корозії залежить головним чином від вмісту вологи та солей, а також від питомого опору ґрунту. Крім того, питомий опір грунту пов'язаний з його пористістю, концентрацією розчинених солей, мінерального складу, температури, а також з розміром форм зерен і їх взаємне розташування [1, 10 – 12]. Слід також зазначити, що pH грунту, хлориди, наявність сірки та азоту або вплив мікробіологічної активності впливає на корозію в ґрунтовому середовищі. Крім того, якщо питомий опір ґрунту зменшується (через зволоження та засолення) можна очікувати, що агресивність ґрунту буде збільшуватися.

Неможливість оцінки стану конструкції з боку ґрунту є відносно великою проблемою в належному утриманні дорожніх водопропускних труб. Перші ознаки корозії можна не помітити вчасно, щоб зберегти конструкцію. Якщо корозія розвивається зі сторони ґрунту, результати впливу корозії на металеву дорожню водопропускну трубу можна побачити лише при розриванні конструкції (рис. 4) [2, 13].



a) b)

Рисунок 4 – Корозійний вплив грунту.
Figure 4 – Corrosive effect of soil.

В роботі [14] зазначено, що важкі органічні ґрунти можуть призвести до зростання анаеробних бактерій, які можуть знищити метал дорожньої водопропускної труби, так дослідження, проведене в штаті Вісконсін (США), виявило, що оцинкована сталь водопропускної труби, перевірена з 1972 року, була зруйнована на 31 % внаслідок дії анаеробних сульфатовідновлювальних бактерій.

В ДСТУ ISO 12944-2 [15] наведено корозійний вплив викликаний атмосферним повітрям, водою та грунтом.

Пришвидшення протікання корозії в дорожніх водопропускних трубах може бути виникно наступними факторами [1, 4, 16 – 18]:

– високий вміст вологи грунту;
– pH < 4,5 або > 8,0;
– питомий опір грунту < 30 Ом · м;
– наявність сульфідів, хлоридів і бактерій;
– високий ступінь аерації.

Слід підкреслити, що корозійна активність сталевих конструкцій у ґрунті зазвичай асоціюється з впливом більш ніж одного вищезгаданого факторів одночасно.

У гідротехнічних споруд транспортного будівництва з дорожніх водопропускних труб порожнечі можуть з'являтися навколо плям корозії через проникнення води та неправильне ущільнення засипки навколо металевої труби. У результаті порожнечі можуть поширюватися та мати значний вплив на загальну та локальну стійкість труби, а також може вподальшому вплинути на водопропускну спроможність самої труби. Якщо порожнечі досягають верхнього шару ґрунту, автомобільна дорога може бути пошкоджена, спричинивши руйнування конструкції.

Корозійний вплив повітря. Корозійний вплив повітря (атмосферна корозія) є найпоширенішим процесом руйнування металу (рис. 5) [19].



a) b)

Рисунок 5 – Корозійний вплив повітря.
Figure 5 – Corrosive effect of air.

За типом повітря і за механізмом процесу корозію можна виділити за наступними типами [1]:
– сухе повітря, де відбувається хімічна корозія;
– вологе повітря, де відбувається електрохімічна корозія з кисневою деполяризацією;
– вологе повітря, де пара конденсується на поверхні сталі, утворюючи в шар води.

Критичне значення відносного вологість, від якої спостерігається швидке збільшення швидкості корозії, становить при приблизно 75 % для чистого повітря і 60 – 75 % для забрудненого.

Більшість видів забруднюючих речовин, присутніх в повітрі, впливають на швидкість корозії [1]:
– частинки в повітрі (пил; пісок; вугільний пил; сажа; хімічні сполуки в формі частинок, розсіяних у повітрі - сульфат амонію та ін.)
– частинки рідини (туман, пара, насичена газами або хімічними сполуками);
– гази (вуглекислий газ, діоксид сірки, сірководень, хлористий водень, амоній, оксиди азоту та ін.);

Частинки в повітрі, коли вони осідають на сталевих конструкціях, можуть спричинити механічні руйнування захисного шару або утворення середовища конденсації вологи. Рідина забруднення та гази, розчинені у шарі води, що покриває сталеву конструкцію, збільшують конденсацію і агресивність електроліту.

Корозійний вплив води та ерозійно-абразивні пошкодження. Корозійний вплив води та ерозійно-абразивні пошкодження є найпоширенішими дефектами дорожніх водопропускних труб. Корозія металів у воді – це електрохімічний процес, під час якого метал розчиняється в результаті анодної реакції і відновлення кисню, розчиненого у воді як катодна реакція. Лише в надзвичайно кислій воді pH < 4 може відбуватися виділення води, що може мати більше практичне значення. Склад води має вирішальне значення для формування захисних шарів на металевій поверхні, а захисні шари дуже часто мають великий вплив на швидкість корозії (рис. 6) [2].



a) b)

Рисунок 6 – Корозійний вплив води.
Figure 6 – Corrosive effect of water.



a) b)

Рисунок 7 – Ерозійно-абразивні пошкодження.
Figure 7 – Erosion-abrasion damages.

Ерозійно-абразивні пошкодження є найпоширенішою причиною втрати довговічності водопропускних металевих труб, особливо там, де вода тече швидко (рис. 7) [2, 19]. Тертя прискорює корозію металу, тому наступні фази стирання необхідно використовувати при рроботі конструкцій [1]:

– нестираємі: відсутність пошкоджень дна і стінок конструкцій, води швидкість потоку низька;

– низька абразивність: невеликі пошкодження дна та стінок конструкції піском, а швидкість течії води не перевищує 1,5 м/с;

– середня абразивність: середні пошкодження дна та стінок конструкції, засипана піском і гравієм, швидкість течії води коливається від 1,5 м/с до 4,5 м/с;

– висока абразивність: значні пошкодження дна та стінок конструкції засипана піском, гравієм та галькою, швидкість течії води перевищує 4,5 м/с (наявність постійної течії води).

Стираючі матеріали, такі як каміння, щебінь, галька і пісок, можуть спричинити механічні пошкодження (знос) металу та їх захист від корозії. Проблема залежить від типу стирання/ерозії, частоти появи абразивного матеріалу у руслі водотоку, швидкість потоку та тип захисту. Абразивні речовини можуть спричинити втрату міцності, зменшення водопропускної спроможності.

Можна констатувати, що цинкове покриття легко руйнується при абразивному впливі водного потоку на нього і тому забезпечити надійний захист дорожньої водопропускних труб можна лише за умови відсутності абразивного впливу водного потоку або якщо рівень абразивної дії дуже низький.

Висновки та рекомендації.

Із збільшенням кількості гідротехнічних споруд транспортного будівництва з дорожніх водопропускних труб на дорогах, особливе значення набувають питання забезпечення надійності і довговічності їх роботи в процесі експлуатації, так як має місце велика кількість деформацій, а також випадки повного руйнування труб під насипами як існуючих автомобільних доріг, так і доріг, які будуються.

Світовий досвід показує, що корозійні пошкодження є надзвичайно важливою проблемою і вимагають належної реакції на дуже ранній стадії розвитку.

В роботі наведено коротку характеристику найпоширенішим причинам винекнення корозії дорожніх водопропускних труб. Одним із методів підвищення довговічності дорожніх водопропускних труб є застосуваня сучасних матеріалів та технологій для їх виготовлення.

На даний час, відсутня методика оцінки довговічності гідротехнічних споруд транспортного будівництва з дорожніх водопропускних труб від ступеня розвитку корозії, тому дане питання є актуальним та потебує детального вивчення.

Перелік посилань

1. Damian Beben (2020). *Soil-Steel Bridges*. Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering. Springer Nature Switzerland AG 2020. P. 214. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34788-8.

2. El-Taher M (2009) The effect of wall and backfill soil deterioration on corrugated metal culvert stability. PhD thesis [online]. Queen's Univ Kingston, Ontario, Canada.

3. Service life of culverts. NCHRT. Synthesis of Highway Practice 474 / Transportation Research Board of the National Academies. – Washington, 2015. – 145 p.

4. Molinas A, Mommandi A (2009) Development of new corrosion/abrasion guidelines for selection of culvert pipe materials. Colorado Department of Transportation, Denver

5. Arriba-Rodriguez L-d, Villanueva-Balsera J, Ortega-Fernandez F, Rodriguez-Perez F. Methods to Evaluate Corrosion in Buried Steel Structures: A Review. Metals. 2018; 8(5):334. https://doi.org/10.3390/met8050334

6. Ferreira, C.A.M.; Ponciano, J.A.; Vaitsman, D.S.; Pérez, V. Evaluation of the corrosivity of the soil through its chemical composition. Sci. Total Environ. 2007, 388, 250–255.

7. Shi, Y.; Yang, B.; Liaw, P.K. Corrosion-Resistant High-Entropy Alloys: A Review. Metals 2017, 7, 43.

8. Koch, G.; Varney, J.; Thompson, N.; Moghissi, O.; Gould, M.; Payer, J. International Measures of Prevention, Application, and Economics of Corrosion Technologies Study; National Association of Corrosion Engineers (NACE) International: Houston, TX, USA, 2016.

9. Piratla, K.R.; Jin, H.; Yazdekhasti, S. A Failure Risk-Based Culvert Renewal Prioritization Framework. *Infrastructures* 2019, *4*, 43. https://doi.org/10.3390/infrastructures4030043

10. Beben D (2014) Backfill corrosivity around corrugated steel plate culverts. J Perform Constr Facil 29(6).

11. Abu-Hassanein ZS, Benson CH, Boltz LR (1996) Electrical resistivity of compacted clays. J Geotech Eng 122(5):397–406.

12. Samouelian A, Cousin I, Tabbagh A, Bruand A, Richard G (2005) Electrical resistivity survey in soil science: a review. Soil Tillage Res 83:173–193.

13. Beaton, J. L.,Stratfull, R F (1959) Corrosion of corrugated metal culverts in California. Highway Research Board Bulletin, № 223. P.1-13.

14. Patenaude, Robert (1984), Bacterial Corrosion of Steel Culvert Pipe in Wisconsin, Transportation Research Record 1001, pp 66-69.

15. ДСТУ ISO 12944-2:2019 Фарби та лаки. Захист від корозії сталевих конструкцій захисними лакофарбовими системами. Частина 2. Класифікація середовищ (ISO 12944-2:2017, IDT).

16. Cunat P.J. (2001) Corrosion resistance of stainless steels in soils and in concrete. The plenary days of the committee on the study of pipe corrosion and protection. Ceocor, Biarritz. www.euro-inox.org

17. Hepfner J.J. (2001) Statewide corrosivity study on corrugated steel culvert pipe. Report No FHWA/ MT-01-001/8148. U.S. Department of Transportation/Federal Highway Administration, The State of Montana

18. Gassman S.L. (2005) Specifications for culvert pipe used in SCDOT highway applications. S Carolina Dep Transport Fed Highw Adm Univ S Carolina, Columbia.

19. Design Criteria for Rehabilitation of Circular Corrugated Metal Culverts., Transport and Main Roads, September 2013.

ANALYSIS OF THE TECHNICAL STATE OF HYDROTECHNICAL STRUCTURES OF TRANSPORTATION CONSTRUCTION FROM ROAD WATER PERFORMANCE PIPES FROM THE INFLUENCE OF CORROSION

Harkusha Mykola V., Candidate of Technical Sciences, National Transport University, Associate Professor of the Department of Tunnel Bridges and Hydraulic Structures, e-mail: mykola.harkusha@ntu.edu.ua, +380966287905, https://orcid.org/0000-0002-5388-0561

Klymenko Mykola I., National Transport University, Associate Professor of the Department of Tunnel Bridges and Hydraulic Structures, +380678975852, https://orcid.org/0000-0002-7967-5881

Onyshchenko Artur M., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of the Department of Tunnel Bridges and Hydraulic Structures, e-mail: onyshchenko.a.m.ntu@gmail.com, +380687771899, https://orcid.org/0000-0002-1040-4530

Summary. Hydrotechnical structures of transport construction from road culverts are designed for transporting and diverting water from transport structures. One of the main factors affecting the durability of a road culvert is corrosion of the metal of the pipe itself.

With the increase in the number of hydraulic engineering structures of transport construction from road culverts on roads, the issue of ensuring the reliability and durability of their operation during operation becomes of particular importance, as there is a large number of deformations, as well as cases of complete destruction of pipes under embankments.

World experience shows that corrosion damage is an extremely important problem and requires an appropriate response at a very early stage of development.

The article considered the characteristics of the most common causes of corrosion of road culverts.

Key words: highway, hydrotechnical structures, pavement, culvert, corrosion, transport structure.

References

1. Damian Beben (2020). *Soil-Steel Bridges*. Geotechnical, Geological and Earthquake Engineering. Springer Nature Switzerland AG 2020. P. 214. https://doi.org/10.1007/978-3-030-34788-8. [in English].

2. El-Taher M (2009) The effect of wall and backfill soil deterioration on corrugated metal culvert stability. PhD thesis [online]. Queen's Univ Kingston, Ontario, Canada. [in English].

3. Service life of culverts. NCHRT. Synthesis of Highway Practice 474 / Transportation Research Board of the National Academies. – Washington, 2015. – 145 p. [in English].

4. Molinas A, Mommandi A (2009) Development of new corrosion/abrasion guidelines for selection of culvert pipe materials. Colorado Department of Transportation, Denver.[in English].

5. Arriba-Rodriguez L-d, Villanueva-Balsera J, Ortega-Fernandez F, Rodriguez-Perez F. Methods to Evaluate Corrosion in Buried Steel Structures: A Review. Metals. 2018; 8(5):334. https://doi.org/10.3390/met8050334. [in English].

6. Ferreira, C.A.M.; Ponciano, J.A.; Vaitsman, D.S.; Pérez, V. Evaluation of the corrosivity of the soil through its chemical composition. Sci. Total Environ. 2007, 388, 250–255. [in English].

7. Shi, Y.; Yang, B.; Liaw, P.K. Corrosion-Resistant High-Entropy Alloys: A Review. Metals 2017, 7, 43. [in English].

8. Koch, G.; Varney, J.; Thompson, N.; Moghissi, O.; Gould, M.; Payer, J. International Measures of Prevention, Application, and Economics of Corrosion Technologies Study; National Association of Corrosion Engineers (NACE) International: Houston, TX, USA, 2016. [in English].

9. Piratla, K.R.; Jin, H.; Yazdekhasti, S. A Failure Risk-Based Culvert Renewal Prioritization Framework. *Infrastructures* 2019, *4*, 43. https://doi.org/10.3390/infrastructures4030043. [in English].

10. Beben D (2014) Backfill corrosivity around corrugated steel plate culverts. J Perform Constr Facil 29(6). [in English].

11. Abu-Hassanein ZS, Benson CH, Boltz LR (1996) Electrical resistivity of compacted clays. J Geotech Eng 122(5):397–406. [in English].

12. Samouelian A, Cousin I, Tabbagh A, Bruand A, Richard G (2005) Electrical resistivity survey in soil science: a review. Soil Tillage Res 83:173–193. [in English].

13. Beaton, J. L.,Stratfull, R F (1959) Corrosion of corrugated metal culverts in California. Highway Research Board Bulletin, № 223. P.1-13. [in English].

14. Patenaude, Robert (1984), Bacterial Corrosion of Steel Culvert Pipe in Wisconsin, Transportation Research Record 1001, pp 66-69. [in English].

15. DSTU ISO 12944-2:2019 Farby ta laky. Zakhyst vid koroziyi stalevykh konstruktsiy zakhysnymy lakofarbovymy systemamy. Chastyna 2. Klasyfikatsiya seredovyshch (ISO 12944-2:2017, IDT). [in Ukrainian].

16. Cunat P.J. (2001) Corrosion resistance of stainless steels in soils and in concrete. The plenary days of the committee on the study of pipe corrosion and protection. Ceocor, Biarritz. www.euro-inox.org. [in English].

17. Hepfner J.J. (2001) Statewide corrosivity study on corrugated steel culvert pipe. Report No FHWA/ MT-01-001/8148. U.S. Department of Transportation/Federal Highway Administration, The State of Montana

18. Gassman S.L. (2005) Specifications for culvert pipe used in SCDOT highway applications. S Carolina Dep Transport Fed Highw Adm Univ S Carolina, Columbia. [in English].

19. Design Criteria for Rehabilitation of Circular Corrugated Metal Culverts., Transport and Main Roads, September 2013. [in English].

УДК 624.21 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-174-183**
UDC 624.21

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗРАЗКІВ ПЛИТ НЕЗНІМНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ОПАЛУБОК З НАПРУЖЕНОЮ АРМАТУРОЮ ДЛЯ ПЛИТ ПРОЇЗНОЇ ЧАСТИНИ МОСТІВ

STUDY OF SAMPLES OF PERMANENT POST-TENSION REINFORCED CONCRETE FORMWORK SLABS FOR BRIDGES DECK



***Кот Дмитро Владиславович**, Національний транспортний університет, старший викладач кафедри "Мости, тунелі та гідротехнічні споруди", e-mail: kot_dmytro@icloud.com, тел.+38063-337-10-79, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 228.*

https://orcid.org/0000-0003-2790-1119

Анотація. Скорочення термінів будівництва об'єктів є одним із найбільш важливих економічних завдань в сучасних умовах. Але варто враховувати той факт, що повністю збірні конструкції мають ряд недоліків, які впливають на подальшу експлуатацію транспортної споруди. Серед них проблеми, що пов'язані з неможливістю забезпечити надійну гідроізоляцію стиків збірних елементів і виникаючу через це корозію бетону та арматури. Враховуючи досвід використання збірних конструкцій вітчизняні інженери, так само як і зарубіжні колеги, прийшли до висновку, що монолітні та збірно-монолітні конструкції забезпечують більшу довговічність споруди в цілому. Саме тому застосування збірно-монолітних прогонових будов при спорудженні транспортних споруд отримало широке розповсюдження. Використання незнімних опалубок при влаштуванні монолітної плити проїзної частини є перспективним напрямком в сучасному мостобудуванні. Особливо це актуально при будівництві шляхопроводів та естакад в умовах щільної міської забудови, де використання інвентарних риштувань для бетонування плити є неможливим чи суттєво ускладнює існуючий рух автотранспорту. Хоча незнімні опалубки застосовуються вже не перший рік, робота їх у складі конструкції на сьогодні досліджена мало. Можна навести багато прикладів використання незнімних опалубок як закордоном, так і у вітчизняній практиці. Гостро стоїть питання тріщиностійкості як окремо плиток незнімної опалубки так і збірно-монолітного перерізу в цілому. У статті розглянута опалубка у вигляді плоских залізобетонних плит з напруженою арматурою. Виготовлення таких плит досить економічне, незважаючи на використання попереднього напруження, особливо екструдерним способом, з подальшим нарізанням на сегменти будь-якої форми і довжини. Першим етапом дослідження стало вивчення досвіду використання незнімних опалубок в різних країнах. Для розуміння доцільності використання плит незнімної опалубки запропоновано провести випробування зразків таких плит для визначення їх ефективності та придатності до подальшої експлуатації. Випробування здійснювалися на силовому стенді двома зосередженими силами за методом «чистого згину». Також наведено результати випробування таких плит.

Ключові слова: прогонова будова мосту, залізобетонна плита проїзної частини, незнімна опалубка.

Вступ. Згідно сучасних діючих нормативних документів плита проїзної частини мостів має бути виконана монолітною з товщиною не менше 200 мм. При використанні збірних балок постає проблема влаштування опалубки між ними. Останнім часом замість тимчасового риштування почали застосовувати збірну незнімну опалубку [3]. Першою спорудою, де мали бути використані плити залізобетонної опалубки з напруженою арматурою, став шляхопровід на перетині бульвару Дружби народів і Набережного шосе у м. Київ, проект яких виконаний ТОВ "НВП "МОСТОВИЙ ЦЕНТР" в 2011 році.. В поперечнику встановлено 20 попередньо напружених балок "3Bet-90" [4] з кроком в середньому 1650 мм. Вид на низ прогонової будови показано на рис. 1.



Рисунок 1 – Вид на низ прогонової шляхопроводу тунельного типу розв'язки біля моста Патона.
Figure 1 – Bottom view of the tunnel-type span overpass of the interchange near the Paton Bridge

Між балками змонтовані плити незнімної опалубки, по яких забетонована плита проїзної частини. Плити незнімної опалубки виготовлені у вигляді плит 3200 х 1210 х 50, які врешті решт армовані стрижнями класу А-III, хоча передбачалось застосування попередньо напружених канатів К7 Ø8 мм. В поперечному перерізі плити повинні були розміститися канати з кроком 200 мм з попереднім напруженням 110 кН/м^2. Проте використання канатів не було реалізоване. Стики між торцями плити і верхнім вутом балок заповнювались цементним розчином до розкладки арматури. Стики між плитами заклеювали герметичною стрічкою. Ці плити не враховуються при розрахунку конструкції, забезпечують на стадії зведення тільки тимчасову опору для рухомої бетонної суміші і дозволяють витримувати монтажні навантаження.

Мета і методи. Визначити придатність використання залізобетонних опалубок з попередньо напруженим армуванням в мостовому будівництві. Прийнято рішення провести випробування плит незнімної опалубки з попередньо напруженим армуванням, розміри плит 1200х500х50. Загалом класифікація плит незнімної залізобетонної опалубки подана в [3].

Мета публікації ознайомлення зі специфікою роботи збірних плиток з армуванням у вигляді напружених канатів та розглянути взагалі їх доцільність використання.

Об'єктом дослідження є збірна плита незнімної опалубки, що застосовується при влаштуванні плит монолітних залізобетонних плит проїзної частини [5,6].

Результати і пояснення. Плити незнімної опалубки виготовлялись на заводі ТОВ "Бетон Комплекс", який входить в промислово-будівельну групу "Ковальська". Завод обраний тому, що він на даний момент є одним з лідерів по виробництву попередньо напружених конструкцій, зокрема І-подібних балок прогонових будов мостів.

Основою для формування збірних конструкцій слугував опалубочний піддон для пустотних залізобетонних панелей перекриття ПК (рис 2).

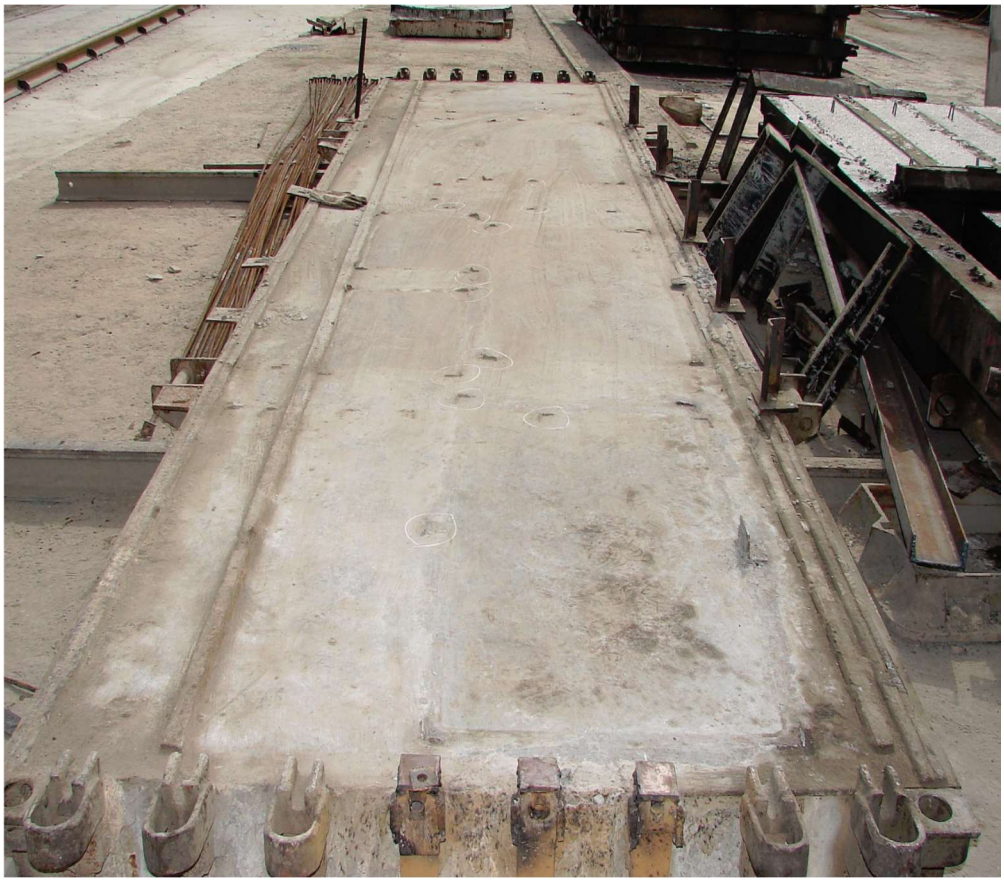


Рисунок 2 – Опалубочна форма для пустотних залізобетонних панелей
Figure 2 – Formwork for hollow reinforced concrete panels

Використання піддону обумовлено необхідністю пропарки заформованих конструкцій.

Піддон був переобладнаний для натягу канатів типу К-7 (рис 3, а). В торцях кожної форми були просвердлені отвори для канатів, які, в свою чергу, служили кондукторами для забезпечення захисного шару (рис 3, б) .

Наступним кроком був натяг канатів. Було застосовано гідравлічний автоматичний однодротовий домкрат фірми PAUL (рис 4, а) та відкриті цанги PAUL типу А (рис 4, б). Натягування відбувалось на упори опалубочного піддону.

Наведені домкрати вже досить давно використовуються за кордоном. Практика їх застосування в Україні стосується саме залізобетонних заводів. Ці домкрати міцні, легкі та обладнані гідравлічними механізмами заклинювання, які забезпечують анкетування арматури без проковзування. Напружувана арматура захоплюється безпосередньо приведеним в дію зусиллям пружини пресового затискача (рис 5). Крім того ці домкрати можуть використовуватися і для натягу арматури на будівельних майданчиках. Характеристики домкратів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристики домкратів
Table 1 - Characteristics of jacks

Макс. Зусилля натягу, кН	Макс. величина ходу, мм	Мін. виступ арматури, мм	Вага, кг
60	600	185	28
180	500	245	43



а)



б)

Рисунок 3 – Виготовлення плит залізобетонної опалубки
а) нові упори для натягу канатів; б) виставлені форми для опалубочних плит.

Figure 3 – Production of permanent formwork slabs
a) new stops for tensioning ropes; b) formwork for slabs.



а)



б)

Рисунок 4 – Обладнання для натягу канатів
а) гідравлічний домкрат PAUL; б) відкриті цанги PAUL типу А.

Figure 4 – Rope tensioning equipment
a) PAUL hydraulic jack; b) PAUL type A open collets.

Анкерні цанги виготовляються із спеціально відлитої цементованої сталі. Автоматизоване виготовлення з гранично точним дотриманням всіх розмірів, а також суворий контроль забезпечують високу якість. Цанги типу А: відкритий корпус, найпростіша і найдешевша конструкція.

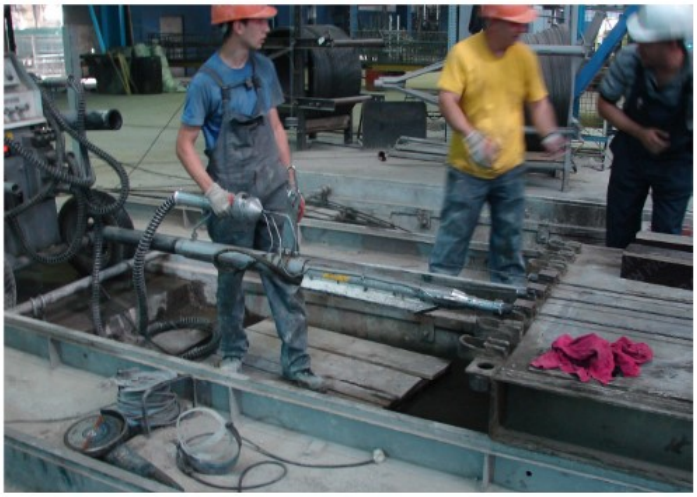


Рисунок 5 – Натяг арматурних канатів гідравлічним домкратом
Figure 5 – Tension of reinforcing ropes with a hydraulic jack

Зусилля натягу канатів контролювалось за допомогою датчика, (рис 6, а), також проводився замір видовження канатів (рис 6, б).



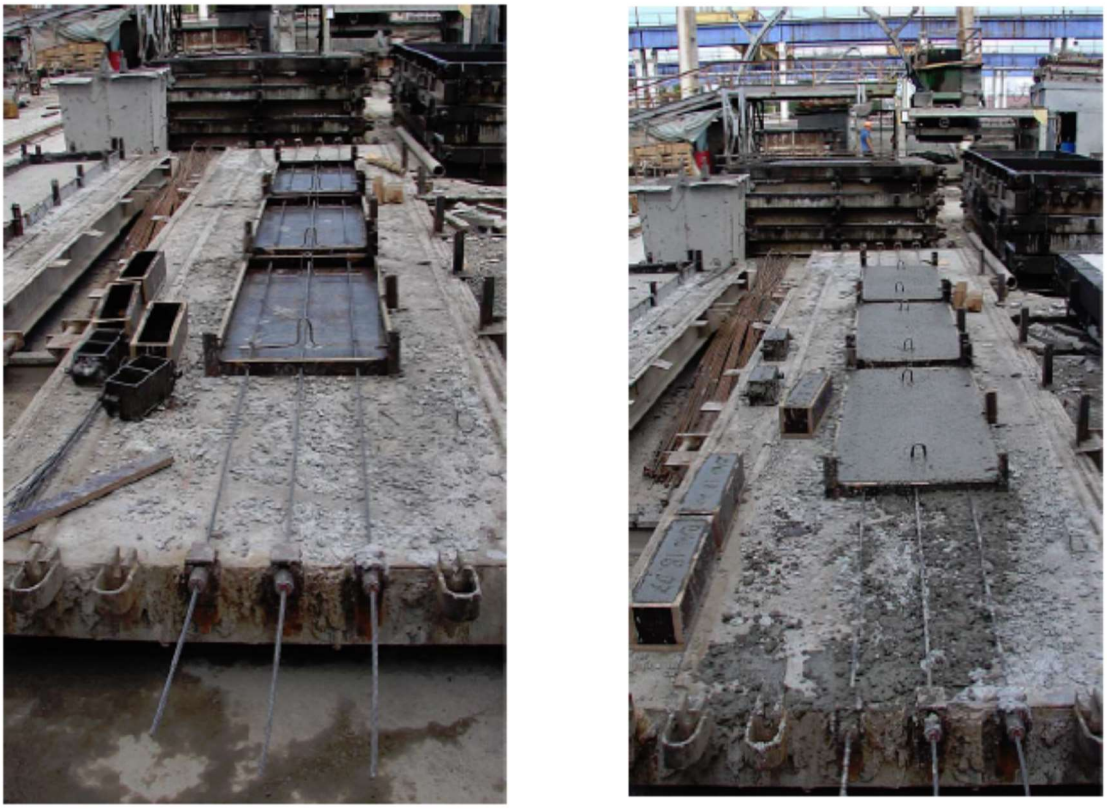
а)



б)

Рисунок 6 – Обладнання для натягу канатів: а) апаратний контроль зусилля натягу канатів; б)інструментальний контроль зусилля натягу канатів.
Figure 6 – Rope tensioning equipment: a) hardware control of rope tension force; b) instrumental control of the tension force of the ropes.

Після натягу канатів (рис 7, а) конструкції були заформовані (рис 7, б), опалубочний піддон був поміщений в пропарочну камеру на 24 год.



а) б)

Рисунок 7– Плити опалубки: а) форми до бетонування; б) після формовки.
Figure 7 – Formwork slabs: a) formwork for concreting; b) after concreting.

Плити випробовувались на одноразовий згин по схемі чистого згину. Метою випробувань було визначення несної здатності вищевказаних конструкцій, а також визначення прогинів та напружень в бетоні та арматурі на етапі вкладання бетонної суміші по плитах незнімної опалубки. Крім того визначалась можливість проковзування канатів К-7, якими армуються плити, та величина цього проковзування. Схема навантаження показана на рис 8.

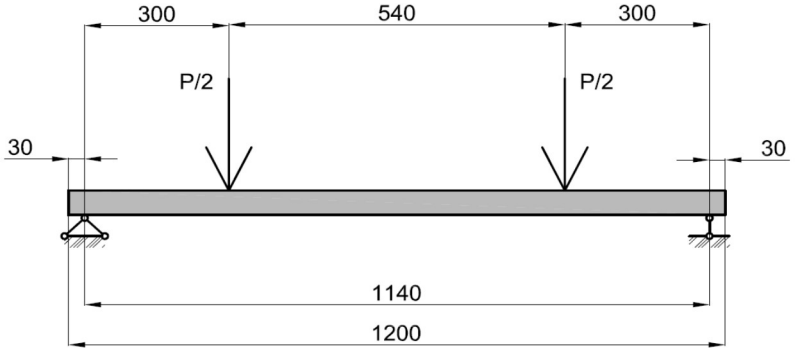


Рисунок 8 – Схема випробування залізобетонних плит незнімної опалубки.
Figure 8 – Test scheme of reinforced concrete slabs of permanent formwork.

Спроба застосувати при впробуванні метод оптико-цифрої кореляції зображення [7] була невдала, за рахунок малої товщини конструкції.



Рисунок 9 – Загальний вигляд стенду для випробування плит незнімної опалубки
Figure 9 – General view of the stand for testing permanent formwork slabs

Випробування здійснювали на силовому стенді двома зосередженими силами. За навантажувальний пристрій правив 10-ти тонний гідравлічний домкрат у комплекті з насосною станцією. При випробуванні проводили визначення прогинів плити під навантаженням. Фіброві деформації бетону плити заміряли, використовуючи мікроіндикатори годинникового типу з базою 200 мм. Крім того в торцях плит в місцях розміщення канатів встановлювались додаткові мікроіндикатори, які фіксували можливу величину проковзування канатів К-7.

Навантаження, при якому утворились перші тріщини при випробуваннях плит опалубки, склало 2,3 *т*. Загальний вигляд та характер руйнувань плити опалубки після випробувань показано на рис. 10.



Рисунок 10 – Характер руйнувань плит
Figure 10 – The nature of plate failures

Під час статичних випробувань плит серії було встановлено, що незнімна опалубка не витримала розрахункове навантаження по несній здатності (у зв'язку з відсутністю анкерування канатної арматури – див. нижче), проте показала чудову тріщиностійкість. До досягнення рівня навантаження в 1700 кг спостерігалось мінімальне зростання прогинів та показів індикаторів годинникового типу, встановлених на плити, що свідчило про пружну роботу конструкції. При досягненні рівня навантаження в 1700 кг почались процеси тріщиноутворення – тріщини, нормальні до горизонтальних граней, почали різко розвиватись під розподільчими траверсами, що супроводжувалось збільшеним зростанням прогинів та ростом стискаючих напружень стиснутої зони. Загалом по плиті утворилось 6 тріщин. Руйнування конструкції настало після досягнення рівня навантаження в 2300 кг. Руйнування плити супроводжувалось неможливістю досягнення нового рівня навантаження та рівномірним наростанням прогинів. Також при випробуванні плит було відмічено проковзування арматурних канатів К-7, що призводило до пришвидшеного розкриття утворених тріщин. Графік прогинів плит показано на рис. 11

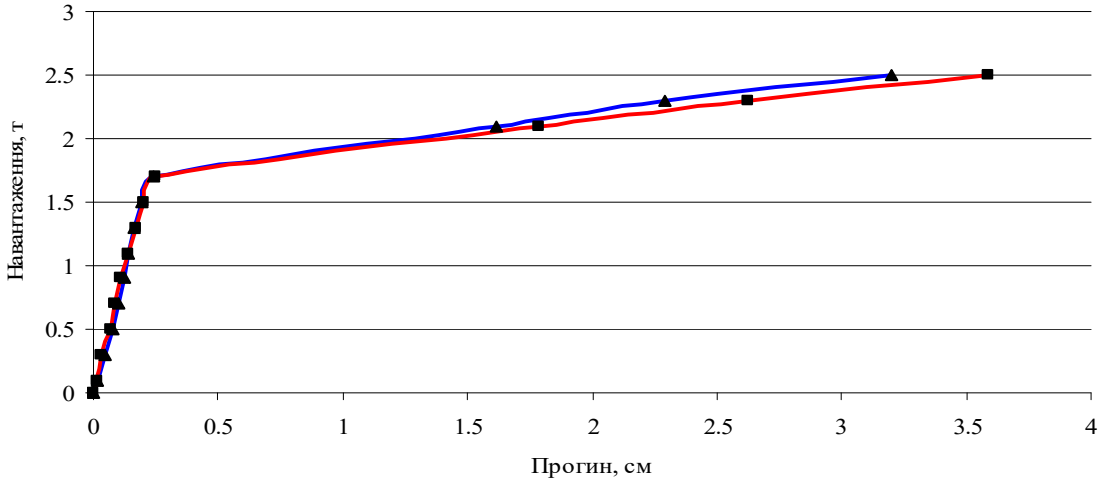


Рисунок 11 – Отримані прогини плит незнімної опалубки
Figure 11 – Deflection of permanent formwork slabs

Висновки та рекомендації.

Загалом зразки плиток незнімної опалубки з попередньо напруженим армуванням можна відмітити тільки підвищеною тріщиностійкістю, яка, зрозуміло, зумовлена використанням попереднього напруження арматури. Хоча варіант використання фібробетону [8], ймовірно, дасть кращі результати. Низька несна здатність пояснюється проковзуванням канату К-7 при досягненні певного рівня навантажень.

Враховуючи вищесказане можна зробити висновок про необхідність створення ефективного і малозатратного способу анкерування попередньо напруженої арматури в опорних зонах плит незнімної опалубки. На сьогодні дешевих анкерних пристроїв для таких задач практично немає, і наступним варіантом етапом дослідження використання таких плиток є спроба включення їх в сумісну роботу плити проїзної частини і використання канатів в якості робочої арматури уже збірно-монолітного перерізу.

Перелік посилань

1. ДБН В.2.3-14:2006. Мости та труби. Правила проектування. – К: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства, 2006.

2. ДБН В.2.3.-26:2010. Мости та труби. Правила проектування. – К: Мінрегіонбуд України, 2011.

3. Кот Д.В., Коваль М.П. Незнімна залізобетонна опалубка для плит проїзної частини мостів Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: Науково-технічний збірник. Вип. 93. - К.: НТУ, 2015

4. Коваль П. М. Збірні залізобетонні балки для автодорожніх мостів типу "3 Бет-90" та "3 Бет-120" / П. М. Коваль, С. В. Стоянович // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка: науково-технічний збірник. – Київ: НДІБМВ, 2009. – Випуск 33. – С. 128–134.

5. Precast concrete deck-to-girder mechanical connection for accelerated bridge construction by George Morcous, Raed Tawadrous PCI Journal. May–June 2020, p. 37-52.

6. The study of reinforced pseudo-ductile cementitious composite permanent formwork by Yu Changli THESIS 2014 Ph.D. Civil Engineering

7. Schreier, H. W. Investigation of two and three-dimensional image correlation techniques with applications in experimental mechanics /H. W. Schreier. − University of South Carolina, 2003. – 348 p.

8. Development of pseudo-ductile permanent formwork with glass fiber reinforced plastics reinforcements by Cao Qian. THESIS 2007. M.Phil. Civil Engineering DOI 10.14711

STUDY OF SAMPLES OF PERMANENT POST-TENSION REINFORCED CONCRETE FORMWORK SLABS FOR BRIDGES DECK

Kot Dmytro Vladyslavovych, Sciences, National Transport University, Department of Bridges, tunnels and hydraulic structure*, senior teacher, e-mail:* kot_dmytro@icloud.com*, +38063-3371079,*
https://orcid.org/0000-0003-2790-1119

Abstract. Shortening the terms of objects construction is one of the most important economic tasks in modern conditions. But it is worth considering the fact that fully prefabricated structures have a number of disadvantages that affect the further operation of the transport facility. Among them are problems related to the impossibility of ensuring reliable waterproofing of the prefabricated elements joints and as the result corrosion of concrete and reinforcement. Taking into account the experience of using prefabricated structures, domestic engineers, as well as foreign colleagues, came to the conclusion that monolithic and prefabricated-monolithic structures provide greater durability of the structure in general. That is why the use of prefabricated monolithic span structures in the construction of transport facilities has become widespread. The use of permanent formwork during the installation of a monolithic deck slab is a promising trend in modern bridge construction. This is especially relevant in the construction of overpasses and flyovers in dense urban areas, where the use of inventory scaffolding for slab concreting is impossible or significantly complicates existing traffic. Although permanent formwork has been used for many years, its work as a part of the structure has not been studied much. It is possible to cite many examples of use of permanent formwork both abroad and in domestic practice. Crack resistance is a pressing issue both individually of permanent formwork tiles and of the prefabricated monolithic in general. The article deals with formwork in the form of flat reinforced concrete slabs with pre-tension reinforcement. The production of such plates is quite economical, despite the use of prestressing, especially by the extrusion method, with subsequent cutting into segments of any shape and length. Study of the experience of using permanent formwork in different countries was the first stage of the research. In order to understand the expediency of using permanent formwork slabs, it is proposed to test samples of such slabs to determine their efficiency and suitability for further operation. The tests were carried out on a power bench with two concentrated forces using the "pure bending" method. The test results for such plates are also given in the article.

Key words: superstructure, reinforced concrete deck plate, permanent formwork.

References

1. DBN V.2.3-14:2006. Mosty ta truby. Pravyla proektuvannya. – K: Ministerstvo budiv-nytstva, arkhitektury ta zhytlovo-komunal′noho hospodarstva, 2006.

2. DBN V.2.3.-26:2010. Mosty ta truby. Pravyla proektuvannya. – K: Minrehionbud Ukrayi-ny, 2011.

3. Kot D.V., Koval' M.P. Permanent formwork for bridges deck slab. Roads and road construction: Scientific and technical collection. Vol. 93. - K.: NTU, 2015

4. Koval P. M. Zbirni zalizobetonni balky dlia avtodorozhnikh mostiv typu "3 Bet-90" ta "3 Bet-120" / P. M. Koval, S. V. Stoianovych // Budivelni materialy, vyroby ta sanitarna tekhnika: naukovo-tekhnichnyi zbirnyk. – Kyiv: NDIBMV, 2009.

5. Precast concrete deck-to-girder mechanical connection for accelerated bridge construction by George Morcous, Raed Tawadrous PCI Journal. May–June 2020, p. 37-52.

6. The study of reinforced pseudo-ductile cementitious composite permanent formwork by Yu Changli THESIS 2014 Ph.D. Civil Engineering

7. Schreier, H. W. Investigation of two and three-dimensional image correlation techniques with applications in experimental mechanics /H. W. Schreier. − University of South Carolina, 2003. – 348 p.

8. Development of pseudo-ductile permanent formwork with glass fiber reinforced plastics reinforcements by Cao Qian. THESIS 2007. M.Phil. Civil Engineering DOI 10.14711

УДК 625.852 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-184-199**
UDC 625.852

МЕТОД ОЦІНКИ ДОВГОВІЧНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ БАХАЛЬТОВОЇ ФІБРИ НА АВТОДОРОЖНІХ МОСТАХ

METHOD OF ASSESSING THE DURABILITY OF ASPHALT CONCRETE COATING USING BAKHALT FIBER ON HIGHWAY BRIDGES



Плазій Євген Павлович, Проект менеджер ТОВ «МАПЕІ Україна»
e-mail: eplaziy@gmail.com, тел. +380674091273,

https://orcid.org//*0000-0002-9269-4518*

Анотація. В статті на основі літературного аналізу [1-3] розроблено основну розрахункову схему для визначення горизонтальних нормальних напружень в армованому асфальтобетонному покритті базальтовою фіброю на залізобетонних автодорожніх мостах з урахуванням різного часу дії навантаження транспортних засобів, яке викликає розтягуючі напруження.

Запропонована методика оцінки довговічності асфальтобетонного покриття з базальтовою фіброю на залізобетонних автодорожніх мостах мостах, яка спрямована на підвищення його тріщиностійкості за рахунок удосконалення проектування. Таке проектування полягає в конструюванні і розрахунку з урахуванням багаторазового прикладання статичних і короткочасних динамічних навантажень транспортних засобів.

Обґрунтовано вибір умови довговічності за критерієм граничного стану для оцінки тріщиностійкості армованого асфальтобетонного покриття з базальтовою фіброю з урахуванням різного часу дії навантаження та температури. Розроблено метод оцінки довговічності асфальтобетонного покриття з використанням базальтової фібри на залізобетонних автодорожніх мостах та послідовність його проектування.

Ключові слова: автодорожній міст, довговічність, утворення тріщин, тріщиностійкість, асфальтобетонне покриття, базальтова фібра.

Вступ Автодорожні мости є невід'ємною складовою мережі автомобільних доріг транспортної інфраструктури України. Технічний стан переважної більшості автодорожніх мостів не відповідає сучасним вимогам забезпечення безпеки дорожнього руху і конструктивної надійності елементів споруд. Збільшення довговічності асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах є однією із актуальемх задач дорожньої галузі України.

На зменшення довговічності асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах впливає комплекс таких факторів, як різний час дії навантаження транспортних засобів та температура, тощо. Окрім того напружено-деформований стан асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах суттєво відрізняється від роботи покриття на автомобільних дорогах.

Однією із причин зменшення довговічності асфальтобетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах є недостатнє вивчення та застосування базальтової фібри з метою направленого регулювання властивостей асфальтобетону.

На сьогоднішній день існуючі методи та критерії оцінки тріщиностійкості асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах не вповній мірі враховано вплив розрахункових параметрів асфальтобетону армованого базальтовою фіброю. Улаштування асфальтобетонного покриття з покращеними його властивостями за рахунок базальтової фібри, а також врахування різного часу дії

навантаження транспортних засобів та температури при проектуванні такого покриття, дозволить підвищити його довговічність, що в свою чергу вплине на зменшення грошових витрат при ремонті та утримані не лише асфальтобетонного покриття, а й автодорожнього мосту в цілому.

Таким чинок, актуальність статті обумовлена необхідністю вирішення важливої науково-практичної задачі – підвищення довговічності асфальтобетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах за рахунок використання базальтової фібри, з урахуванням різного часу дії навантаження транспортних засобів та температури.

Мета і методи для об'єктивного оцінювання довговічності асфальтобетонного покриття з використанням базальтової фібри на мостах необхідно дотримуватись усіх вимог і правил чинних будівельних норм та стандартів [1-4]. Дослідження напружено-деформованого стану системи «асфальтобетонне покриття – еластичний прошарок – плита проїзної частини» проводиться шляхом чисельного моделювання із залученням методу скінченних елементів та (або) з використанням аналітичних рішень теорії пружності. Методи теорії пружності , теорії в'язко-пружності та кінетичної теорії міцності твердих тіл, стандартні та спеціальні методи досліджень властивостей асфальтобетону армованого базальтовою фіброю.

Мета публікації полягає у розробці методики розрахунку асфальтобетонного покриття з використанням базальтової фібри на мостах, яка спрямована на підвищення його довговічності за рахунок удосконалення проектування. Таке проектування полягає в конструюванні і методиці розрахунку з урахуванням багаторазового прикладання статичних і короткочасних динамічних навантажень транспортних засобів.

Об'єктом дослідження є оцінка довговічності при різному часі дії навантаження транспортних засобів асфальтобетонне покриття з використанням базальтової фібри на залізобетонних автодорожніх мостах

Опис методики. Базуючись на відомих теоретичних і практичних рішеннях [1-10] З урахуванням аналізу умов роботи асфальтобетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах встановлено, що покриття перебуває у складних умовах експлуатації , що в свою чергу з часом приводить до передчасного руйнування асфальтобетонного покриття та конмьтрукції транспортної будови в цілому. При проектуванні покриття на мостах необхідно дотримуватись усіх вимог і правил чинних будівельних норм та стандартів, а також положень [3].

Методика розрахунку асфальтобетонного покриття з використанням базальтової фібри спрямована на підвищення його довговічності за рахунок удосконалення проектування. Таке проектування полягає в конструюванні і методиці розрахунку з урахуванням багаторазового прикладання статичних і короткочасних динамічних навантажень.

Асфальтобетонне покриття з з використанням базальтової фібри (далі - покриття) підвищеної довговічності на мостах складається з одного, двох або трьох шарів асфальтобетону, зчепленого з еластичним прошарком та плитою проїзної частини мосту. Розрахунок покриття виконують за допустимими напруженнями на розтяг при згині між, еластичним прошарком і плитою проїзної частини мосту. Пропонується розрахункова схема рисунок 1.

Основним завданням розрахунку є визначення товщини шарів покриття для вибору варіантів конструкцій, які прийняті при розрахунку або вибір матеріалів з відповідними деформаційними та міцностними характеристиками при заданих товщинах шарів. При розрахунку покриття враховують багаторазову дію короткочасних і статистичних навантажень, час дії навантаження для розрахунків призначають згідно табл. 1. При цьому необхідно враховувати дію горизонтального зусилля (час дії навантаження 1,0 та 10,0 с.) при гальмуванні транспортних засобів на автомобільних дорогах місцевого значення. Значення розрахункового діаметра відбитку колеса приймають згідно з [3]. При дії навантаження 0,1 с для розрахунку використовується динамічне значення діаметра відбитку колеса D_0, а при часу дії навантаження 1,0 і 10,0 с необхідно використовувати статичне значення діаметра відбитку колеса $D_н$ згідно з [3].

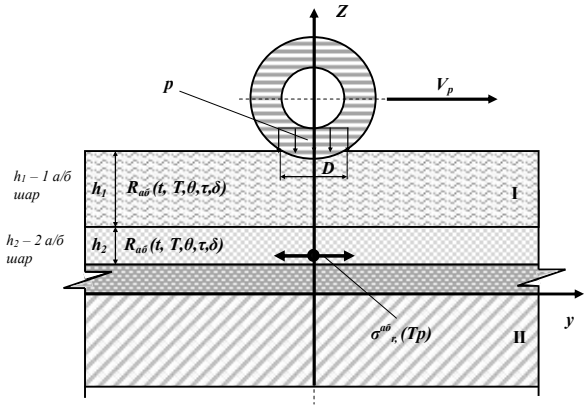


Рисунок 1 – Розрахункова схема асфальтобетонного покриття (I), при повній адгезії асфальтобетонних шарів, зв'язане з основою із залізобетону (II) через податливий еластичний прошарок, при дії транспортних засобів:
$R_{аб}(t,T,\theta,\tau,\delta)$– Модуль пружності асфальтобетонного покриття з використанням базальтової фібри; $\sigma_y^{аб}{}_{r,(Tp,\ t,\ q)}(t)$ – розтягуючі напруження від часу дії транспорту; p - на поверхні якої прикладений рівномірний нормальний тиск, розподілений на площі круга діаметром D; V_p– швидкість транспортного засобу 0-60 (80) км/год.

Figure 1 – Calculation scheme of asphalt concrete pavement (I), with full adhesion of asphalt concrete layers, connected to the base of reinforced concrete (II) through a flexible elastic layer, under the action of vehicles:
$R_{аб}(t,T,\theta,\tau,\delta)$ – modulus of elasticity of asphalt concrete pavement using basalt fiber; $\sigma_y^{аб}{}_{r,(Tp,\ t,\ q)}(t)$ – tensile stresses from the time of transport action; p - on the surface of which a uniform normal pressure is applied, distributed over the area of a circle with a diameter of D; Vp – vehicle speed 0-60 (80) km/h.

Таблиця 1 – Розрахункові значення тривалості дії навантаження при розрахунку покриття
Table 1 – Estimated values of the duration of the load when calculating the coverage

Ч.ч.	Автомобільні дороги	Рівень завантаження рухом	Розрахункові значення дії навантаження t, с
1	2	3	4
1	Державного значення	не більше 0,7	0,1 - багаторазово
2	Місцевого значення	не більше 0,7	0,1 - багаторазово
		більше 0,7	1,0 - багаторазово
		більше 0,7	10,0 - багаторазово

Дослідження напружено-деформованого стану системи «асфальтобетонне покриття – еластичний прошарок – плита проїзної частини» проводиться шляхом чисельного моделювання із залученням методу скінченних елементів та (або) з використанням аналітичних рішень теорії пружності [1-3]. Кліматичні дані – географічні межі дорожньо-кліматичних зон України і дорожнє районування України за умовами роботи асфальтобетону визначають згідно з [3]. Середньомісячні, середні максимальні і мінімальні місячні температури повітря призначають згідно з [3].

Конструювання асфальтобетонного покриття з використанням базальтової фібри на залізобетонних автодорожніх мостах виконують згідно методики [3].

Методика оцінки довговічності асфальтобетонного покриття з використанням базальтової фібри на розтяг при згині. Для забезпечення нормованої надійності згідно з [3] та коефіцієнту запасу міцності запроектованого асфальтобетону за критерієм міцності на розтяг при згині, повинний відповідати вимогам таблиці 2.

Таблиця 2 – Розрахункові значення коефіцієнту надійності та коефіцієнту запасу міцності за критерієм згину асфальтобетонного покриття

Table 2 – Calculated values of the reliability factor and the safety margin factor according to the bending criterion of the asphalt concrete pavement

Категорія дороги	Тип дорожнього одягу	Коефіцієнт надійності, $K_н$	Коефіцієнт запасу міцності, $K_{мц}$, за критерієм граничного стану міцність при згині асфальтобетону	Коефіцієнт нормованого відхилення, t
1	2	3	4	5
I-а	Капітальний	0,97	1,50	2,19
I-б - II	Капітальний	0,95	1,43	1,71
III - V	Капітальний	0,90	1,33	1,32

Потрібний рівень проектної надійності і строк служби асфальтобетонного покриття повинен бути в кожному конкретному випадку зазначений в завданні на проектування, проте строк служби не може бути нижче за норми строків експлуатації дорожніх одягів між капітальними ремонтами згідно [3]. Розрахункові значення міцністних характеристик (міцність на розтяг при згині, міцність зчеплення між покриттям та плитою проїзної частини) конструктивних шарів визначають через нормативні значення цих характеристик, використовуючи залежність:

$$M_p = \overline{M_p} \cdot \left(1 - \upsilon_t \times t\right) \tag{1}$$

де M_p – розрахункове значення міцністної характеристики;

$\overline{M_p}$ – нормативне значення даної характеристики;

υ_t – коефіцієнт варіації згідно з ВБН В.2.3-218-186;

t – коефіцієнт нормованого відхилення M_p при допустимому рівні надійності згідно з табл. 2.

Розрахункові значення деформаційних характеристик (модуль пружності) конструктивних шарів приймають згідно з [3]. Розрахункові характеристики асфальтобетонів наведені в таблиці. 3.

При визначенні модуля пружності багатошарового асфальтобетонного покриття з урахуванням еластичного прошарку можна приводити до двошарової розрахункової моделі:

$$E_{сер} = \sum_{i=1}^{n} E_i h_i \div \sum_{i=1}^{n} h_i \,, \tag{2}$$

де n – кількість шарів дорожнього одягу;

E_i — модуль пружності i-го шару;

h_i – товщина i-го шару.

При розрахунку покриття при рівні завантаженості рухом не більше ніж 0,7 та часу дії навантаження 0,1 с за критерієм міцності на розтяг при згині, виникаючі горизонтальні розтягуючі нормальні напруження під дією повторних короткочасних навантажень не повинні перевищувати граничних напружень впродовж запроектованого терміну служби при відповідному запасі коефіцієнту міцності, з урахуванням нормованого коефіцієнту надійності:

$$K_{мц} \prec \frac{R_N^{0,1}}{\sigma_r^{0,1}}, \tag{3}$$

де $K_{мц}$ – мінімальний необхідний коефіцієнт міцності з урахуванням нормативного коефіцієнту надійності, таблицею 2, то конструкцію вважають такою, що відповідає вимогам міцності на розтяг при згині. В іншому випадку потрібно коригувати товщину асфальтобетонного покриття;

$R_N^{0,1}$ – міцність матеріалу шару на розтяг при згині, з часом дії навантаження 0,1 с МПа, згідно з табл. 3;

$\sigma_r^{0,1}$ – найбільше розтягуюче напруження в асфальтобетонному шарі з часом дії навантаження 0,1 с МПа, згідно з рисунку 2.

Таблиця 3 – Характеристики асфальтобетонів з використанням базальтової фібри при розрахунку на розтяг при згині.

Table 3 – Characteristics of asphalt concrete with the use of basalt fiber in the calculation of flexural tension

Марка бітуму асфальтобетону	Розрахункові значення модуля пружності, Е, МПа, при часу дії навантаження t_i, сек			m	k_{np}	Нормативні значення при згині Ri, МПа, при часу дії навантаження t_i, сек		
	0,1	1,0	10,0			0,1	1,0	10,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Асфальтобетон АСГ.Др.Щ.А.НП.І. з максимальною крупністю зерен 20 мм (тип А-20)								
БНД 40/60	5090	2870	1610	7,0	2,6	11,7	7,9	5,4
БНД 60/90	4320	2440	1370	6,5	2,9	11,4	7,6	5,0
БНД 90/130	3810	2150	1210	6,0	3,4	11,0	7,0	4,7
БМП 40/60-56	6700	3520	2120	6,0	3,7	11,2	7,6	5,1
БМП 60/90-52	5020	3220	2010	5,5	4,0	11,0	7,3	4,7
БМП 90/130-49	4020	2800	1990	5,0	4,5	10,6	6,7	4,3
Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 10 мм (ЩМА-10)								
БНД 40/60	4100	2130	1270	6,0	3,7	4,6	3,1	2,1
БНД 60/90	3900	2040	1220	5,5	4,0	4,2	2,8	1,8
БМП 60/90-52	4500	2330	1400	6,5	2,9	5,6	3,9	2,8
Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 15 мм (ЩМА-15)								
БНД 40/60	3800	1960	1250	6,0	3,7	4,2	2,9	2,0
БНД 60/90	3600	1850	1100	5,5	4,0	3,9	2,6	1,7
БМП 60/90-52	4100	2110	1260	6,5	2,9	4,3	3,0	2,1
Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 20 мм (ЩМА-20)								
БНД 40/60	3500	1780	1070	6,0	3,7	3,2	2,2	1,5
БНД 60/90	3300	1690	980	5,5	4,0	2,9	1,9	1,3
БМП 60/90-52	3700	1900	1110	6,5	2,9	3,4	2,4	1,7

Примітка 1. Розрахункові характеристики ЩМА на основі бітуму, модифікованого термоеластопластом, марки БМП 40/60-56, слід збільшити на 10 % порівняно з ЩМА на основі бітуму, модифікованого термоеластопластом, марки БМП 60/90-52.

Примітка 2. Для ЩМА на основі бітумів, модифікованих структуруючими додавками (синтетичними восками типу Licomont BS 100, CCBit 113 AD, Sasobit та їх аналогами), розрахункові характеристики слід приймати аналогічними модулям пружності ЩМА на основі бітумів, модифікованих термоеластопластами.

Примітка 3. Значення розрахункових характеристик подані в таблиці для ЩМА на основі БМП, які модифіковані 3 % термоеластопласту або структуруючої добавки. При збільшенні в бітумі концентрації термоеластопласту або структуруючої добавки на 1 % розрахункові характеристики і ЩМА слід збільшити на 10 %. При зменшенні в бітумі концентрації термоеластопласту або структуруючої добавки на 1 % розрахункові характеристики ЩМА слід зменшити на 5 %.

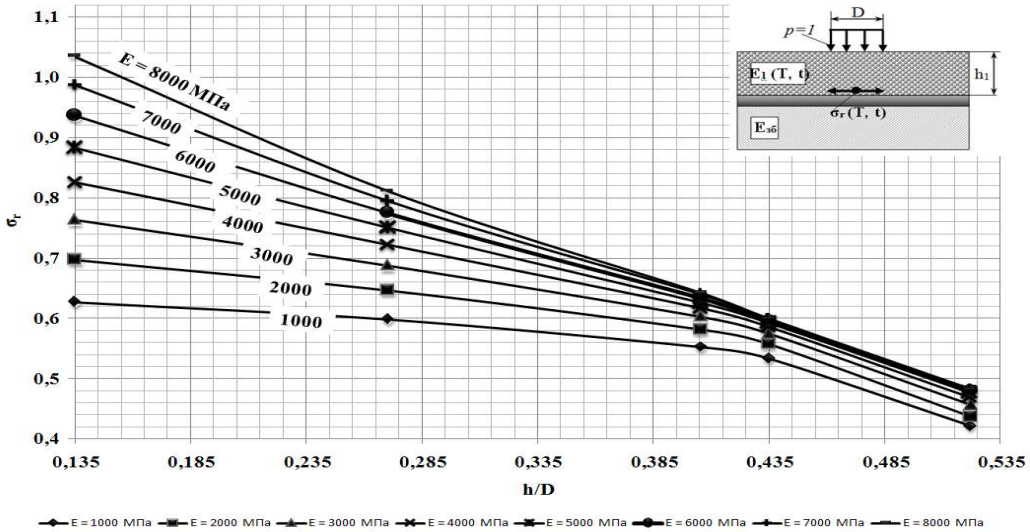


Рисунок 2 – Номограма для визначення розтягуючого напруження $\overline{\sigma_r}$ при згині від одиничного навантаження в нижній частині асфальтобетонного покриття з використанням базальтової фібри

Figure 2 – Nomogram for determining the tensile stress during bending from a unit load in the lower part of an asphalt concrete pavement using basalt fiber

При використанні армуючих матеріалів перевірку умови міцності при згині виконують за формулою:

$$K_{мц} \prec \frac{k_{еф}^{a} \times R_N^{0,1}}{\sigma_r^{0,1}}, \tag{4}$$

де $k_{еф}^{a}$ – коефіцієнт ефективності армування,.

Розрахункові розтягуючі напруження визначають за формулою:

$$\sigma_r^{0,1} = \overline{\sigma_r^{0,1}} \times p \times K_б \tag{5}$$

де $\overline{\sigma_r^{0,1}}$ – розтягуюче напруження з часом дії навантаження 0,1 с від одиничного навантаження, при розрахунковому відбитку колеса, яке передає навантаження. Розтягуюче напруження визначається за номограмою рисунка 2 [1-3] і чисельного моделювання з залученням методу скінчених елементів;

p – питомий тиск колеса на покриття, МПа;

$K_б$ – коефіцієнт, що враховує особливості напруженого стану покриття під колесом автомобіля (колесо зі спареними балонами, $K_б$ = 0,85, колесо з одним балоном $K_б$ = 1,0).

Для визначення розтягуючого напруження $\overline{\sigma_r^{0,1}}$ за формулою (5) визначають середній модуля пружності з часом дії навантаження 0,1 с, з урахуванням розрахункових характеристик модуля пружності для асфальтобетону (табл. 3) і еластичного прошарку таблиці 4.

Міцність асфальтобетону на розтяг при згині при багаторазовому прикладанні навантаження визначають за формулою:

$$R_N^{0,1} = R_0^{0,1} \times k_T \times k_{тр} \times k_{кп} \cdot \left(1 - \nu_R \times t\right), \tag{6}$$

де $R_0^{0,1}$ – нормативне значення міцності на розтяг при згині при розрахунковій температурі 0 ˚С та однократному прикладанні навантаження з часом дії 0,1 с, приймають за даними таблиці 3;

k_T – коефіцієнт, який враховує зниження міцності матеріалу покриття в результаті температурно-усадкових впливів;

$k_{тр}$ – коефіцієнт, який враховує температурну тріщиностійкість матеріалу згідно з таблиці 6;

$k_{кп}$ – коефіцієнт, який враховує зниження міцності внаслідок короткочасності та повторюваності навантаження на дорозі;

ν_R – коефіцієнт варіації міцності на розтяг при згині, приймають згідно з таблиці 6.

Таблиця 4 – Розрахункові значення модуля пружності еластичного прошарку при розрахунку на розтяг при згині

Table 4 – Calculated values of the modulus of elasticity of the elastic layer when calculating the tensile stress during bending

Вид еластичного прошарку	Розрахункові значення модуля пружності, Е, МПа, при часу дії навантаження t_i, сек		
	0,1	1	10
1	2	3	4
наплавна	850	550	290
розпилювальна	390	250	90
оклеювальна	790	520	260
мастикова	660	470	230

Таблиця 5 – Розрахункові значення коефіцієнту k_T, який враховує зниження міцності матеріалу в конструкції в результаті температурно-усадкових впливів

Table 5 – Calculated values of the coefficient kT, which takes into account the decrease in the strength of the material in the structure as a result of temperature and shrinkage effects

Вид асфальтобетону	k_T
Щільний асфальтобетон (на звичайному бітумі)	0,85
Щільний асфальтобетон (на бітумі модифікованому полімером)	0,90
ЩМА	0,95

Коефіцієнт $k_{кп}$, який враховує зниження міцності внаслідок короткочасних та повторюваних навантажень на асфальтобетонне покриття, визначається за формулою:

$$k_{кп} = k_{пр} \times \sum N^{-\left(\frac{1}{m}\right)}, \quad (7)$$

де $k_{пр}$ – коефіцієнт, що враховує вплив повторних навантажень при температурі 0 °С (приймається за табл. 3);

m – показник втоми, який залежить від властивостей матеріалу розрахункового монолітного шару (табл. 3);

$\sum N_p$ – розрахункова еквівалентна сумарна кількість прикладань розрахункового навантаження, згідно з ВБН В.2.3-218-186, визначається за формулою:

$$\sum N_p = f_{смуг} \sum_{m=1}^{n} (N_{1m} K_c \cdot T_{рдр} \cdot 0{,}7) S_{m\ сум} \cdot K_n, \quad (8)$$

або за формулою:

$$\sum N_p = 0{,}7 \times N_p \frac{K_c}{q^{(T_{сл}-1)}} T_{рдр} \cdot K_n, \quad (9)$$

де n – кількість транспортних засобів за типами;

N_{1m} – середньодобова інтенсивність руху в обох напрямках автомобілів i-го типу в перший рік служби, один./д;

N_p – приведена розрахункова інтенсивність, один./д;

$S_{m\ сум}$ – сумарний коефіцієнт приведення дії на дорожній одяг транспортного засобу i-го типу до розрахункового навантаження ($Q_{розр}$);

$T_{рдр}$ – кількість розрахункових діб за рік, відповідно до стану деформативності конструкції,;

K_n – коефіцієнт, що враховує ймовірність відхилення сумарного руху від середнього, що очікується;

K_c – коефіцієнт суми, що визначається за формулою:

$$K_c = \frac{q^{T_{сл}} - 1}{q - 1}, \quad (10)$$

де $T_{сл}$ – розрахунковий строк служби, для покриття проїзної частини автодорожніх мостів приймають рівним нормам строків експлуатації дорожніх одягів між капітальними ремонтами;

q – показник змін інтенсивності руху даного типу автомобіля за роками; встановлюється за результатами техніко-економічних вишукувань або за іншими даними (може змінюватися від 0,8 до 1,1).

Таблиця 6 – Розрахункові значення коефіцієнта варіації та коефіцієнта температурної тріщиностійкості асфальтобетонів

Table 6 – Calculated values of the coefficient of variation and the coefficient of temperature crack resistance of asphalt concrete

Вид та типи асфальтобетону	Коефіцієнт варіації, ν_R	Коефіцієнт температурної тріщиностійкості, k_{mp}
1	2	3
АСГ.Др.Щ.А.НП.І. з максимальною крупністю зерен 15 мм (на бітумі нафтовому дорожньому)	0,10	0,70
АСГ.Др.Щ.А.НП.І. з максимальною крупністю зерен 15 мм (на бітумі модифікованому полімером)	0,10	0,88
АСГ.Др.Щ.А.НП.І. з максимальною крупністю зерен 20 мм (на бітумі нафтовому дорожньому)	0,10	0,72
АСГ.Др.Щ.А.НП.І. з максимальною крупністю зерен 20 мм (на бітумі модифікованому полімером)	0,10	0,90
Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 10 мм (ЩМА-10) (на бітумі нафтовому дорожньому)	0,11	0,74
Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 10 мм (ЩМА-10) (на бітумі модифікованому полімером)	0,10	0,90
Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 15 мм (ЩМА-15) (на бітумі нафтовому дорожньому)	0,12	0,76
Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 15 мм (ЩМА-15) (на бітумі модифікованому полімером)	0,11	0,92
Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 20 мм (ЩМА-20) (на бітумі нафтовому дорожньому)	0,12	0,78
Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 20 мм (ЩМА-20) (на бітумі модифікованому полімером)	0,13	0,95

При розрахунку асфальтобетонного покриття за критерієм міцності на розтяг при згині, при рівні завантаження більше ніж 0,7 і часу дії навантаження 1,0 с, виникаючі горизонтальні розтягуючі нормальні напруження під дією повторних короткочасних навантажень не повинні перевищувати граничних напружень впродовж запроектованого терміну служби при відповідному запасі коефіцієнту міцності, з урахуванням нормованого коефіцієнта надійності:

$$K_{мц} \prec \frac{R_N^1}{\sigma_r^1}, \tag{11}$$

де R_N^1 – міцність матеріалу шару на розтяг при згині, з часом дії навантаження 1,0 с, МПа, згідно табл. 3;

σ_r^1 – найбільше розтягуюче напруження в асфальтобетонному шарі з часом дії навантаження 1,0 с, МПа.

При використанні армуючих матеріалів перевірку умови міцності на розтяг при згині виконують наступним чином:

$$K_{мц} \prec \frac{k_{еф}^a \times R_N^1}{\sigma_r^1} \tag{12}$$

Розрахункові розтягуючі напруження визначають за формулою:

$$\sigma_r^1 = \overline{\sigma_r^1} \times p \times K_б \tag{13}$$

де $\overline{\sigma_r^1}$ – розтягуюче напруження з часом дії навантаження 1,0 с від одиничного навантаження, при розрахунковому відбитку колеса, яке передає навантаження, визначається за допомогою номограми рисунок 2.

Для визначення розтягуючого напруження $\overline{\sigma_r^1}$ за формулою (5) визначають середній модуль пружності з часом дії навантаження 1,0 с, з урахуванням розрахункових характеристик модуля пружності для асфальтобетону (табл. 3) і еластичного прошарку таблиця 4.

Міцність асфальтобетону на розтяг при згині при багаторазовому прикладанні навантаження визначають за формулою:

$$R_N^1 = R_0^1 \times k_T \times k_{тр} \times k_{кп} \cdot \left(1 - \nu_R \times t\right), \tag{14}$$

де R_0^1 – міцність на розтяг при згині, при розрахунковій температурі 0 °С і одноразовому прикладанні навантаження з часом дії 1,0 с, яке призначають за таблиця 3.

При розрахунку асфальтобетонного покриття підвищеної довговічності за критерієм міцності на розтяг при згині, при коефіцієнті завантаження понад 0,7 з часом дії навантаження 1,0 с і 10,0 с виникаючі горизонтальні розтягуючі нормальні напруження під дією повторних короткочасних навантажень не повинні перевищувати граничних напружень впродовж запроектованого строку служби при відповідному запасі коефіцієнта міцності з врахуванням нормованого коефіцієнта надійності:

$$K_{мц} \prec \frac{R_N^{1+10}}{\sigma_r^1}, \tag{15}$$

де $K_{мц}$ – мінімальний необхідний коефіцієнт міцності з урахуванням нормативного коефіцієнту надійності, таблиця 2, то конструкцію вважають такою, що відповідає вимогам міцності на розтяг при згині. В іншому випадку потрібно коригувати товщину асфальтобетонного покриття;

R_N^{1+10} – міцність матеріалу шару на розтяг при згині з урахуванням коефіцієнту втоми згідно з табл. 3, від дії розрахункових циклічних навантажень з часом дії 1,0 і 10,0 с, МПа;

σ_r^1 – найбільше розтягуюче напруження в асфальтобетонному шарі з часом дії навантаження 1,0 с, МПа.

При використанні армуючих матеріалів перевірку умови міцності при згині виконують за формулою:

$$K_{мц} \prec \frac{k_{еф}^a \times R_N^{1\div 10}}{\sigma_r^1} \tag{16}$$

6.16 Міцність асфальтобетону R_N^{1+10} на розтяг при згині з урахуванням коефіцієнта втоми від дії розрахункових циклічних навантажень з часом дії 1,0 с і 10,0 с визначають за формулою:

$$R_N^{1\div10} = R_0^1 \times k_T \times k_{mp} \times k_{кп}^{1\div10} \cdot \left(1 - \nu_R \times t\right), \tag{17}$$

де $k_{кп}^{1+10}$ – коефіцієнт, що враховує вплив повторних навантажень у не розрахунковий період при багаторазовому прикладанні розрахункових циклічних навантажень і часу дії навантаження 1,0 с і 10,0 с.

Коефіцієнт $k_{кп}^{1+10}$, який відображає вплив на міцність різних процесів втоми, визначається за формулою:

$$k_{кп}^{1+10} = k_{пр} \times \sum N_{1\div10}^{-\left(\frac{1}{m}\right)}, \tag{18}$$

де $\sum N_p^{1+10}$ – розрахункова еквівалентна сумарна кількість прикладань розрахункового навантаження, як з часом дії навантаження 1,0 с, так і 10,0 с, за строк експлуатації асфальтобетонного покриття, визначається за формулою:

$$\sum N_{1\div10} = \delta_{10} \times \sum N \times \beta_{1+10} + \left(1 - \delta_{10}\right) \times \sum N, \tag{19}$$

де δ_{10} – частка автомобілів від загальної кількості автомобілів в потоці, які затримуються (визначається на етапі техніко-економічних вишукувань при визначенні інтенсивності руху і складу транспортного потоку);

β_{1+10} – коефіцієнт, який відображає вплив розрахункового навантаження з часом дії 10,0 с на втому руйнування, визначається за формулою:

$$\beta_{1+10} = \left(\frac{R_0^1 \times \sigma_r^{10}}{R_0^{10} \times \sigma_r^1}\right)^{-\frac{1}{m}}, \tag{20}$$

де R_0^{10} – нормативне значення граничного опору розтягу при згині при розрахунковій температурі 0 ^{0}С та одноразовому прикладанні навантаження з часом дії 10,0 с, яке приймають за табл. 3, МПа;

R_0^1 – теж саме, але з часом дії навантаження 1,0 с, МПа;

σ_r^{10} – найбільше розтягуюче напруження в нижньому шарі асфальтобетонного покриття з часом дії навантаження 10,0 с, яке визначається за формулою:

$$\sigma_r^{10} = \overline{\sigma_r^{10}} \times p \times K_б \tag{21}$$

де $\overline{\sigma_r^{10}}$ – розтягуюче напруження з часом дії навантаження 10,0 с від одиничного навантаження, при розрахунковому відбитку колеса, яке передає навантаження, визначається за допомогою номограми рисунка 2.

Для визначення розтягуючого напруження $\overline{\sigma_r^{10}}$ за формулою (2) визначають середній модуль пружності з часом дії навантаження 10,0 с, з урахуванням розрахункових характеристик модуля пружності для асфальтобетону (таблиця 3) і еластичного прошарку (таблиця 4). При розрахунку асфальтобетонного покриття при часу дії навантаження 10,0 с за критерієм міцності на розтяг при згині, виникаючі горизонтальні розтягуючі нормальні напруження під дією повторних короткочасних навантажень не повинні перевищувати граничних напружень впродовж запроектованого строку експлуатації при відповідному запасі коефіцієнту міцності з урахуванням нормованого коефіцієнту надійності:

$$K_{мц} \prec \frac{R_N^{10}}{\sigma_r^{10}}, \quad (22)$$

де R_N^{10} – міцність матеріалу шару на розтяг при згині, з часом дії навантаження 10,0 с, МПа.

При використанні армуючих матеріалів перевірку умови міцності при згині виконують за формулою:

$$K_{мц} \prec \frac{k_{еф}^{a} \times R_N^{10}}{\sigma_r^{10}} \quad (23)$$

6.20 Міцність асфальтобетону на розтяг при згині при багаторазовому прикладанні розрахункового навантаження визначають за формулою:

$$R_N^{10} = R_0^{10} \times k_T \times k_{тр} \times k_{кп} \cdot \left(1 - \nu_R \times t\right), \quad (24)$$

де R_0^{10} – нормативне значення граничного опору розтягу при згині при розрахунковій температурі 0 ˚С та одноразовому прикладанні навантаження з часом дії 10,0 с, яке приймають за табл. 3, МПа.

Приклад проектування асфальтобетонного покриття з використанням базальтової фібри на залізобетонних автодорожніх мостах.

Розрахунок на довговічність покриття при умові завантаженості рухом не більше 0,7 і часу дії навантаження 0,1 с за критерієм міцності на розтяг при згині.

Необхідно запроектувати асфальтобетонне покриття з використанням базальтової фібри залізобетонного автодорожнього мосту з наступними вихідними даними:

- по транспортній споруді проходить автомобільна дорога державного значення, яка знаходиться у дорожньо-кліматичній зоні А-II;
- категорія автомобільної дороги – І-а;
- строк експлуатації дорожнього одягу – $T_{сл}$ = 7 років;
- за розрахункове навантаження: прийнятий автомобіль групи A_1 з розрахунковими параметрами: p = 0,9 МПа, D = 34,6 см; прийнято розрахункове навантаження групи A_2 з розрахунковими параметрами: p = 0,8 МПа, D = 34,5 см;
- приведена до навантаження групи A_1 (A_2) інтенсивність руху на кінець строку служби N_p = 4900 один./д;
- показник зміни інтенсивності руху q = 1,04.

Визначають сумарну кількість прикладань розрахункового навантаження за строк служби за формулою (9):

$$\sum N_p = 0{,}7 \cdot 4900 \frac{7{,}9}{1{,}04^{(7-1)}} \cdot 145 \cdot 1{,}49 = 4627000 \text{ один.}$$

Попередньо призначають конструкцію та значення розрахункових параметрів для розрахунку міцності на розтяг при згині – таблицями (3 – 6). Отримані дані зводяться у таблицю 7.

Розраховуємо середній модуль пружності багатошарової конструкції покриття з урахуванням еластичного прошарку і часу дії навантаження 0,1 с з метою приведення до двошарової розрахункової моделі (2):

$$E_{сер} = \sum_{i=1}^{n} E_i h_i \div \sum_{i=1}^{n} h_i = \frac{3700 \times 5 + 5020 \times 8 + 790 \times 0{,}5}{5 + 8 + 0{,}5} = 4374, \text{ МПА}$$

За співвідношенням $\frac{h}{D} = \frac{13,5}{34,5} = 0,39$ і середнім модулем пружності $E_{сер} = 4374$ МПа за допомогою номограми (рис. 1) визначають $\overline{\sigma_r^{0,1}} = 0,60$.

Таблиця 7 – Розрахункові значення конструкції асфальтобетонного покриття на автодорожньому залізобетонному мосту

Table 7 – Design values of the asphalt concrete pavement on the highway reinforced concrete bridge

Ч. ч	Матеріал шару	*h* шару, см	Розрахунок міцності на розтяг при згині			
			E, МПа, при часу дії 0,1 с	*m*	$k_{пр}$	*R*, МПа, при 0,1 с
1	Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 20 мм (ЩМА-20) на бітумі БМП-60/90-52	5	3700	6,5	2,9	3,4
2	АСГ.Др.Щ.А.НП.І. з максимальною крупністю зерен 20 мм на бітумі БМП-60/90-52	8	5020	5,5	4,0	11,0
3	Еластичний прошарок – оклеювальна гідроізоляція Testudo	0,5	790	–		

Визначаємо розрахункові горизонтальні розтягуючі напруження при згині і часу дії навантаження 0,1 с:

- навантаження 115 кН за формулою (5):

$$\sigma_r^{0,1} = \overline{\sigma_r^{0,1}} \cdot p \cdot K_б = 0,60 \cdot 0,8 \cdot 0,85 = 0,41, \text{ МПа}$$

- навантаження 130 кН за формулою (5):

$$\sigma_r^{0,1} = \overline{\sigma_r^{0,1}} \cdot p \cdot K_б = 0,60 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 0,46, \text{ МПа}$$

Розраховують коефіцієнт $k_{кп}$, який відображає вплив на міцність різних процесів втоми, він визначається за формулою (7):

$$k_{кп} = k_{пр} \cdot \sum N_{1\div10}^{-\left(\frac{1}{m}\right)} = 4,0 \cdot 4627000^{-\left(\frac{1}{5,5}\right)} = 0,246$$

Визначають міцність асфальтобетону при багаторазовому розтягу при згині з часом дії навантаження 0,1 с за формулою (6):

навантаження 115 кН

$$R_N^{0,1} = R_0^{0,1} \cdot k_T \cdot k_{тр} \cdot k_{кп} \cdot (1 - \nu_R \cdot t) = 11 \times 0,90 \times 0,90 \times 0,246 \cdot (1 - 0,10 \times 1,71) = 1,82, \text{ МПа}$$

навантаження 130 кН

$$R_N^{0,1} = R_0^{0,1} \cdot k_T \cdot k_{тр} \cdot k_{кп} \cdot (1 - \nu_R \cdot t) = 11 \times 0,90 \times 0,90 \times 0,246 \cdot (1 - 0,10 \times 2,19) = 1,71, \text{ МПа}$$

Визначають перевірку умови міцності при згині:

навантаження 115 кН за формулою (3):

$$K_{мц} < \frac{R_N^{0,1}}{\sigma_r^{0,1}} = \frac{1,82}{0,41} = 4,43, \text{ що більше, ніж } K_{мц}^{н} = 1,43$$

навантаження 130 кН за формулою (3):

$$K_{мц} < \frac{R_N^{0,1}}{\sigma_r^{0,1}} = \frac{1,71}{0,46} = 3,72, \text{ що більше, ніж } K_{мц}^{н} = 1,50$$

де $K_{мц}$ – мінімальний необхідний коефіцієнт міцності з урахуванням нормативного коефіцієнту надійності, табл. 2, то конструкцію вважають такою, що відповідає вимогам міцності на розтяг при згині. В іншому випадку потрібно коригувати товщину асфальтобетонного покриття;

$R_N^{0,1}$ – міцність матеріалу шару на розтяг при згині з урахуванням втоми від дії розрахункових циклічних навантажень з часом дії 0,1 с, МПа;

$\sigma_r^{0,1}$ – найбільше розтягуюче напруження в асфальтобетонному шарі з часом дії навантаження 0,1 с, МПа.

Відповідно, призначена конструкція задовольняє умові міцності на розтяг при згині асфальтобетону.

Розрахунок покриття на залізобетонних автодорожніх мостах підвищеної довговічності при умові завантаженості рухом не більше ніж 0,7 і часу дії навантаження 10 с за критерієм міцності на розтяг при згині

Попередньо призначають конструкцію та значення розрахункових параметрів для розрахунку міцності на розтяг при згині – таблі (3 – 6). Отримані дані зводяться у таблицю 8.

Таблиця 8 – Розрахункові значення конструкції асфальтобетонного покриття на автодорожньому залізобетонному мосту

Table 8 – Design values of the asphalt concrete pavement on the highway reinforced concrete bridge

Ч.ч	Матеріал шару	h шару, см	Розрахунок міцності на розтяг при згині			
			E, МПа, при часу дії 10 с	m	$k_{пр}$	R, МПа, при 10 с
1	Щебенево-мастиковий асфальтобетон з максимальною крупністю зерен 20 мм (ЩМА-20) на бітумі БМП-60/90-52	5	1110	6,5	2,9	1,7
2	АСГ.Др.Щ.А.НП.І. з максимальною крупністю зерен 20 мм на бітумі БМП-60/90-52	8	2010	5,5	4,0	4,7
3	Еластичний прошарок – оклеювальна гідроізоляція Testudo	0,5	260	–		

Розраховують середній модуль пружності багатошарової конструкції покриття з урахуванням еластичного прошарку і часу дії навантаження 0,1 с з метою приведення до двошарової розрахункової моделі (2):

$$E_{сер} = \sum_{i=1}^{n} E_i h_i \div \sum_{i=1}^{n} h_i = \frac{1110\times 5 + 2010\times 8 + 260\times 0{,}5}{5+8+0{,}5} = 1612, \text{ МПА}$$

В 2.3 За співвідношенням $\frac{h}{D} = \frac{13{,}5}{34{,}5} = 0{,}39$ і середнім модулем пружності $E_{сер} = 1612$ МПа за допомогою номограми (рис. 1) визначають $\overline{\sigma_r^{10}} = 0{,}55$.

Визначають розрахункові горизонтальні розтягуючі напруження при згині і часу дії навантаження 10 с:

- навантаження 115 кН за формулою (21):

$$\sigma_r^{10} = \overline{\sigma_r^{10}} \cdot p \cdot K_б = 0{,}55 \cdot 0{,}8 \cdot 0{,}85 = 0{,}37, \text{ МПа}$$

- навантаження 130 кН за формулою (21):

$$\sigma_r^{10} = \overline{\sigma_r^{10}} \cdot p \cdot K_б = 0{,}55 \cdot 0{,}9 \cdot 0{,}85 = 0{,}42, \text{ МПа}$$

Розраховують коефіцієнт $k_{кп}$, який відображає вплив на міцність різних процесів втоми, він визначається за формулою (7):

$$k_{кп} = k_{пр} \cdot \sum N_{1\div 10}^{-\left(\frac{1}{m}\right)} = 4{,}0 \cdot 4627000^{-\left(\frac{1}{5{,}5}\right)} = 0{,}246$$

Визначають міцність асфальтобетону при багаторазовому розтягу при згині:
навантаження 115 кН за формулою (24):

$$R_N^{10} = R_0^{10} \cdot k_T \cdot k_{mp} \cdot k_{кп} \cdot (1 - \nu_R \cdot t) = 4{,}7 \times 0{,}90 \times 0{,}90 \times 0{,}246 \cdot (1 - 0{,}10 \times 1{,}71) = 0{,}78 \text{ , МПа}$$

навантаження 130 кН за формулою (24):

$$R_N^{10} = R_0^{10} \cdot k_T \cdot k_{mp} \cdot k_{кп} \cdot (1 - \nu_R \cdot t) = 4{,}7 \times 0{,}90 \times 0{,}90 \times 0{,}246 \cdot (1 - 0{,}10 \times 2{,}19) = 0{,}73 \text{ , МПа}$$

де R_0^{10} – міцності на розтяг при згині асфальтобетону типу А-20 з часом дії навантаження 10 с, яке призначають використовуючи табл. 3, МПа;

k_1 – коефіцієнт, який враховує зниження міцності внаслідок явищ втоми матеріалу при багаторазовій дії навантаження;

k_2 – коефіцієнт, який враховує температурну тріщиностійкість матеріалу згідно з табл. 6 або ДСТУ Б В.2.7-119;

ν_R – коефіцієнт варіації міцності при розтягу (табл. 6);
t – коефіцієнт варіації відхилення (табл. 3).
Виконуємо перевірку умови міцності при згині:
навантаження 115 кН за формулою (22):

$$K_{мц} \prec \frac{R_N^{10}}{\sigma_r^{10}} = \frac{0{,}78}{0{,}37} = 2{,}11 \text{ , що більше, ніж } K_{мц}^{н} = 1{,}43$$

навантаження 130 кН за формулою (22):

$$K_{мц} \prec \frac{R_N^{10}}{\sigma_r^{10}} = \frac{0{,}73}{0{,}42} = 1{,}74 \text{ , що більше, ніж } K_{мц}^{н} = 1{,}50$$

де $K_{мц}$ – мінімальний необхідний коефіцієнт міцності з урахуванням нормативного коефіцієнту надійності, табл. 2, то конструкцію вважають такою, що відповідає вимогам міцності на розтяг при згині. В іншому випадку потрібно коригувати товщину асфальтобетонного покриття;

R_N^{10} – міцність матеріалу шару на розтяг при згині з урахуванням втоми від дії розрахункових циклічних навантажень з часом дії 10 с, МПа;

σ_r^{10} – максимальне розтягуючи напруження в асфальтобетонному шарі з часом дії навантаження 10 с, МПа.

Відповідно, призначена конструкція задовольняє умов міцності при згині асфальтобетону.

Висновки та рекомендації.

В статті розглянуто науковий результат дослідження , що полягає в розвитку теоретичних і практичних досліджень, а саме: методі розрахунку, який дозволяє проектувати асфальтобетонне покриття з використанням базальтової фібри на залізобетонних автодорожніх мостах підвищеною довговічністю.

1. З урахуванням аналізу умов роботи асфальтобетонного покриття на залізобетонних автодорожніх мостах встановлено, що покриття перебуває у складних умовах експлуатації , що в свою чергу з часом приводить до передчасного руйнування асфальтобетонного покриття та конмьтрукції транспортної будови в цілому.

2. Розроблено розрахункову схему для визначення горизонтальних нормальних напружень в армованому асфальтобетонному покритті з базальтовою фіброю на залізобетонних автодорожніх мостах з урахуванням різного часу дії навантаження транспортних засобів та температури, яке викликає розтягуючі напруження. Отримано для них аналітичну залежність для розрахунку довговічності за тріщиностійкістю асфальтобетонного покриття.

3. Обгрунтовано вибір умови довговічності за критерієм граничного стану для оцінки тріщиностійкості армованого асфальтобетонного покриття з базальтовою фіброю з урахуванням різного часу дії навантаження та температури. Розроблено метод оцінки довговічності

асфальтобетонного покриття з використанням базальтової фібри на залізобетонних автодорожніх мостах та послідовність його проектування.

4. Рекомендовано використовувати дану методику при виборі варіантів та розрахунку конструкції дорожнього одягу на автодорожніх мостах, що дозволить підвищити його довговічність, що в свою чергу вплине на зменшення грошових витрат при будівництві, ремонті та утримані не лише асфальтобетонного покриття, а й автодорожнього мосту в цілому.

5. Використання даної методики дозволить забезпечити економічний ефект за рухунок використання базальтової фібри з метою покращення властивостей асфальтобетону, що дозволяє збільшити строк служби таких покриттів до 2-х разів та зменшити витрати на їх поточні ремонти та експлуатаційне утримання.

Перелік посилань

1. Онищенко А. М, Кузьмінець М. П., Редченко В. П., Тарнопольський Д. Й., Аксьонов С. Ю. Теоретичні та експериментальні дослідження Південного мостового переходу через р. Дніпро в м. Києві: монографія. К. : НТУ, 2014. 341 с.

2. Онищенко А. М., Кузьмінець М. П., Невінгловський В. Ф., Гаркуша М. В. Теоретичні та практичні дослідження ресурсу асфальтобетонного покриття на залізобетонних транспортних спорудах : монографія. К. : НТУ, 2015. 323. с.

3. М 02070915-750:2016 Методика проектування асфальтобетонного покриття залізобетонних автодорожніх мостів.

4. Onischenko, A., Aksenov, S., Nevynhlovskyy, V. Numerical Simulation of Stress-Strain State of Asphalt Concrete Pavement on the Carriageway of the South Bridge in Kiev/ Procedia Engineering .2016

5. Luchko J. Determining patterns in the stressed-deformed state of the railroad track subgrade reinforced with tubular drains / J. Luchko, V. Kovalchuk, I. Kravets, O. Gajda, A. Onyshchenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 5/7(107), 2020. – pp. 6–13. doi: 10.15587/1729-4061.2020.213525. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази Scopus).

6. Kovalchuk V. Devising a procedure for assessing the subgrade compaction degree based on the propagation rate of elastic waves / V. Kovalchuk, I. Kravets, O. Nabochenko, A. Onyshchenko, O. Fedorenko, A. Pentsak, O. Petrenko, N. Gembara // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 1/5 (109), 2021. – pp. 6–15. doi: 10.15587/1729-4061.2021.225520.

7. Kovalchuk V. A comprehensive procedure for estimating the stressed-strained state of a reinforced concrete bridge under the action of variable environmental temperatures / Vitalii Kovalchuk, Arthur Onyshchenko, Olexander Fedorenko, Mykola Habrel, Bogdan Parneta, Oleh Voznyak, Ruslan Markul, Mariana Parneta, Roman Rybak // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 2/7 (110), 2021. – pp. 23–30. doi: 10.15587/1729-4061.2021.228960.

8. Kovalchuk Vitalii. Restoration of the bearing capacity of damaged transport constructions made of corrugated metal structures / Vitalii Kovalchuk, Mykola Sysyn, Yuriy Hnativ, Artur Onyshchenko, Maksym Koval, Oleksii Tiutkin, Mariana Parneta // The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering. – RTU Press, 2021 Volume 16 Issue 2. – pp.90 – 109. ISSN 1822-427X/eISSN 1822-4288.

9. Kovalchuk V. Procedure for determining the thermoelastic state of a reinforced concrete bridge beam strengthened with methyl methacrylate / Vitalii Kovalchuk, Yuliya Sobolevska, Artur Onyshchenko, Olexandr Fedorenko, Oleksndr Tokin, Andrii Pavliv, Ivan Kravets, Julia Lesiv // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 4/7 (112), 2021. – pp. 26–33. doi: 10.15587/1729-4061.2021.238440.

10. Onyshchenko Artur. Devising a procedure to calculate and analyze parameters for passing the flood and breakthrough wave taking into consideration the topographical and hydraulic riverbed irregularities / Artur Onyshchenko, Borys Ostroverkh, Liudmila Potapenko, Vitalii Kovalchuk, Oleksndr Tokin, Mykola Harkusha, Iryna Bashkevych, Andrii Koretskyi, Nadiia Khvoshchynska, Iryna Rolinska // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 1/10 (115), 2022. – pp. 6–17. doi: 10.15587/1729-4061.2022.252710.

METHOD OF ASSESSING THE DURABILITY OF ASPHALT CONCRETE COATING USING BAKHALT FIBER ON HIGHWAY BRIDGES

Plaziy Evgeny Pavlovich, Project manager of MAPEI Ukraine LLC
e-mail: eplaziy@gmail.com, phone +380674091273, *https://orcid.org//0000-0002-9269-4518*

Abstract. In the article, based on literature analysis [1-3], a basic calculation scheme was developed for determining horizontal normal stresses in reinforced asphalt concrete coating with basalt fiber on reinforced concrete road bridges, taking into account the different time of action of the load of vehicles, which causes tensile stresses.

A method for assessing the durability of asphalt concrete pavement with basalt fiber on reinforced concrete road bridges is proposed, which is aimed at increasing its crack resistance by improving design. Such design consists in the construction and calculation taking into account the repeated application of static and short-term dynamic loads of vehicles.

The choice of the durability condition based on the limit state criterion for evaluating the crack resistance of the reinforced asphalt concrete pavement with basalt fiber is substantiated, taking into account the different time of the load and temperature. A method of assessing the durability of asphalt concrete pavement using basalt fiber on reinforced concrete road bridges and the sequence of its design has been developed.

Key words: highway bridge, durability, crack formation, crack resistance, asphalt concrete coating, basalt fiber.

References

1. Onyshchenko A. M., Kuzminets M. P., Redchenko V. P., Tarnopolskyi D. Y., Aksyonov S. Yu. Theoretical and experimental studies of the Southern bridge over the Dnipro River in Kyiv: monograph. K.: NTU, 2014. 341 p.

2. Onyshchenko A.M., Kuzminets M.P., Nevinglovskyi V.F., Harkusha M.V. Theoretical and practical studies of the resource of asphalt concrete pavement on reinforced concrete transport structures: monograph. K.: NTU, 2015. 323. p.

3. M 02070915-750:2016 Methodology for designing asphalt concrete covering of reinforced concrete highway bridges.

4. Onischenko, A., Aksenov, S., Nevynhlovskyy, V. Numerical Simulation of Stress-Strain State of Asphalt Concrete Pavement on the Carriageway of the South Bridge in Kiev/ Procedia Engineering .2016

5. Luchko J. Determining patterns in the stressed-deformed state of the railroad track subgrade reinforced with tubular drains / J. Luchko, V. Kovalchuk, I. Kravets, O. Gajda, A. Onyshchenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 5/7(107), 2020. – pp. 6–13. doi: 10.15587/1729-4061.2020.213525. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази Scopus).

6. Kovalchuk V. Devising a procedure for assessing the subgrade compaction degree based on the propagation rate of elastic waves / V. Kovalchuk, I. Kravets, O. Nabochenko, A. Onyshchenko, O. Fedorenko, A. Pentsak, O. Petrenko, N. Gembara // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 1/5 (109), 2021. – pp. 6–15. doi: 10.15587/1729-4061.2021.225520.

7. Kovalchuk V. A comprehensive procedure for estimating the stressed-strained state of a reinforced concrete bridge under the action of variable environmental temperatures / Vitalii Kovalchuk, Arthur Onyshchenko, Olexander Fedorenko, Mykola Habrel, Bogdan Parneta, Oleh Voznyak, Ruslan Markul, Mariana Parneta, Roman Rybak // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 2/7 (110), 2021. – pp. 23–30. doi: 10.15587/1729-4061.2021.228960.

8. Kovalchuk Vitalii. Restoration of the bearing capacity of damaged transport constructions made of corrugated metal structures / Vitalii Kovalchuk, Mykola Sysyn, Yuriy Hnativ, Artur Onyshchenko, Maksym Koval, Oleksii Tiutkin, Mariana Parneta // The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering. – RTU Press, 2021 Volume 16 Issue 2. – pp.90 – 109. ISSN 1822-427X/eISSN 1822-4288.

9. Kovalchuk V. Procedure for determining the thermoelastic state of a reinforced concrete bridge beam strengthened with methyl methacrylate / Vitalii Kovalchuk, Yuliya Sobolevska, Artur Onyshchenko, Olexandr Fedorenko, Oleksndr Tokin, Andrii Pavliv, Ivan Kravets, Julia Lesiv // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 4/7 (112), 2021. – pp. 26–33. doi: 10.15587/1729-4061.2021.238440.

10. Onyshchenko Artur. Devising a procedure to calculate and analyze parameters for passing the flood and breakthrough wave taking into consideration the topographical and hydraulic riverbed irregularities / Artur Onyshchenko, Borys Ostroverkh, Liudmila Potapenko, Vitalii Kovalchuk, Oleksndr Tokin, Mykola Harkusha, Iryna Bashkevych, Andrii Koretskyi, Nadiia Khvoshchynska, Iryna Rolinska // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 1/10 (115), 2022. – pp. 6–17. doi: 10.15587/1729-4061.2022.252710.

УДК 556. 531.4+523.74 **DOI:10.33744/0365-8171-2022-111-200-205**
UDC 556. 531.4+523.74

РЕГРЕСІЯ МАКСИМУМІВ ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ У ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

REGRESSION MAXIMUM AND ITS USE TO HYDROECOLOGICAL RESEARCH



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. Однією із актуальних задач гідрохімії є вплив сонячної активності на стан речовин у водному середовищі.

Мета роботи – можлива оцінка зв'язку деяких гідрохімічних показників та сонячної активності (числами Вольфа).

З цією метою був виконаний аналіз середньодобових даних на наявність іонів амонію, нітрит – та нітрат – іонів *мг/л*, у поверхневих водах крупної рівнинної річки України за період із 1991 по 2010 роки включно (всього 7300 точок), а також дані по числам Вольфа за цей період.

У зв'язку із тим, що при аналізі природних процесів відповідні залежності краще всього проявляються на рівні екстремальних (аномальних) значень, для кожного значення числа Вольфа вибирали тільки одне значення концентрації речовини – його максимальне значення.

Зважаючи на це, побудову регресії виконували не для всіх вихідних даних, а тільки для максимумів концентрації.

Регресію проводили у два етапи:

- виділяли тільки одне (максимальне) значення ***Y*** для кожного унікального значення ***X***;
- згідно вибраних попередньо значень ***X*** та ***Y*** застосовували певного виду регресію.

Спочатку була спроба побудови лінійної регресії.

Однак лінія регресії у цьому випадку йшла майже горизонтально.

Тому для аналізу та побудови графіка був використаний один із видів нелінійної регресії – поліноміальна квантильна регресія (поліном ступеня ***3***).

Тип квантильної регресії – медіанна регресія, ***Q=0,5***.

В процесі дослідження було виявлено суттєве зменшення концентрації неорганічних сполук азоту при поступовому збільшенні значень чисел Вольфа.

Запропонована "регресія максимумів" має також практичну цінність при вирішенні багатьох інших задач гідроекології, зокрема прогнозуванні.

На основі даних про сонячні цикли зменшення або збільшення значень ***W*** можуть бути спрогнозовані на тривалу перспективу.

У цьому зв'язку достатньо реальна також наявність певної циклічності у ступені чистоти природних вод.

Природні води (іони NH_4^+, NO_2^- та NO_3^-) будуть найбільш чистими у періоди, коли відмічаються високі значення чисел Вольфа.

Ключові слова: сонячна активність, числа Вольфа, гідрохімічний часовий ряд, регресія "максимумів", можливість довгострокових прогнозів забрудненості природних вод.

Набагато важче побачити проблему, ніж знайти її вирішення.
Для першого вимагається уява, а для другого – тільки уміння.
Д. Бернал.

Логіка приведе Вас з пункту "А" до пункту "Б".
Уява приведе Вас куди завгодно…
А. Ейнштейн.

Вступ

Однією із актуальних наукових проблем є дослідження впливу сонячної активності на земні процеси [1].

Сонячна активність впливає на температуру приземного повітря, випадання атмосферних опадів, приземний тиск та інше. Дослідження впливу сонячної активності на річковий стік наведені, зокрема, у роботах [2-6].

У гідрохімії особливо важливою складовою проблеми є аналіз впливу сонячної активності на стан речовин у водному середовищі.

У 30-х роках минулого сторіччя Дж. Піккарді (Giorgio Piccardi) досліджував вплив сонячної активності на фізико-хімічні властивості водних розчинів. Він вивчав залежність швидкості осідання у воді найдрібніших часточок оксихлорида вісмута (утворюється при гідролізі трихлорида вісмута) в залежності від величини сонячної активності. Піккарді вважав, що під дією сонячної активності змінюється геомагнітне поле, що і обумовлює магнетохімічні ефекти, які спостерігаються.

Свої дослідження Дж. Піккарді узагальнив у монографії "The Chemical Basis of Medical Climatology", що була видана у США 1962 року [7].

Зазначимо, що природні води містять помітну кількість різних сполук заліза, які також активні і з точки зору магнетохімії.

Тобто, цілком допустимим є вплив сонячної активності також на стан природних вод.

Однак конкретний вплив сонячної активності на стан природних вод у відомих нам дослідженнях не розглядався.

Мета роботи – виявлення та оцінка зв'язку деяких гідрохімічних даних та показника сонячної активності.

Задачі:

Розглянути вплив сонячної активності на гідрохімічні показники природних вод.

Розробити математичну модель для визначення можливого зв'язку гідрохімічних показників та значень чисел Вольфа.

Методика дослідження

Попередньо були проаналізовані середньодобові гідрохімічні дані для крупної рівнинної річки України за період із 1991 по 2010 роки включно (всього 7300 точок), а також відповідні дані по числам Вольфа W за цей період.

У якості вихідних були використані дані по неорганічним сполукам азота у поверхневих водах, (іони амонія NH_4^+, нітрит-іони NO_2^- та нітрат іони NO_3^-) *мг/л.*

Дослідження почали із побудови "точкових" графіків залежності "величина чисел Вольфа – концентрація речовини".

Із рис. 1 … рис.3 видно, що для кожного значення числа Вольфа можлива велика кількість значень концентрацій речовини.

Як показує досвід авторів, при аналізі природних процесів подібні залежності краще всього проявляються на рівні екстремальних (аномальних) значень.

Зважаючи на це, для кожного значення числа Вольфа W надалі вибирали тільки одне (!) значення концентрації речовини – максимальне значення концентрації.

На графіках такі максимальні значення позначали хрестиками.

Таким чином, однозначно одержували конкретні залежності, оскільки одному унікальному значенню W відповідало тільки одне значення – максимум концентрації певної речовини.

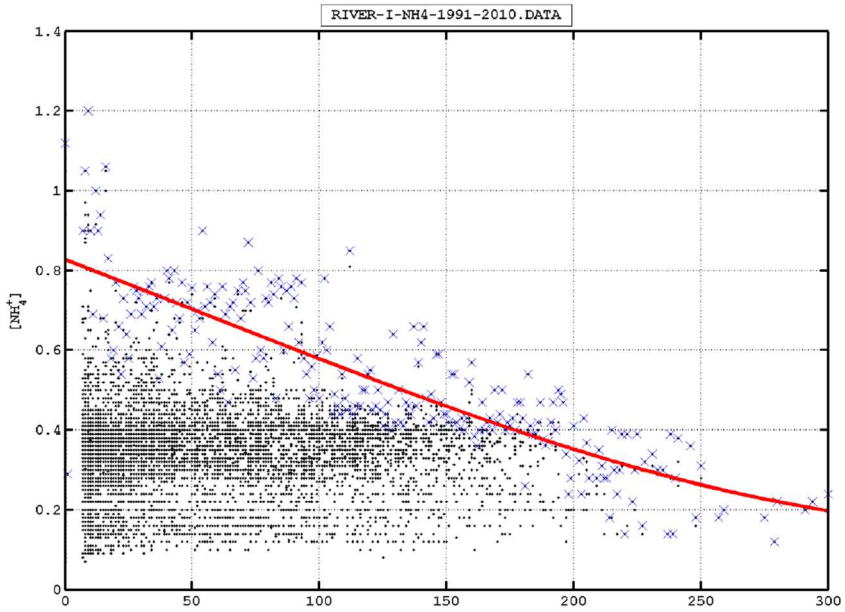


Рисунок 1 – Графік залежності концентрації амонійних іонів у річковий воді від величини чисел Вольфа W.

Figure 1 – Graph to dependencies to concentration NH_4^+ ions in river water from values of Wolf's numbers W.

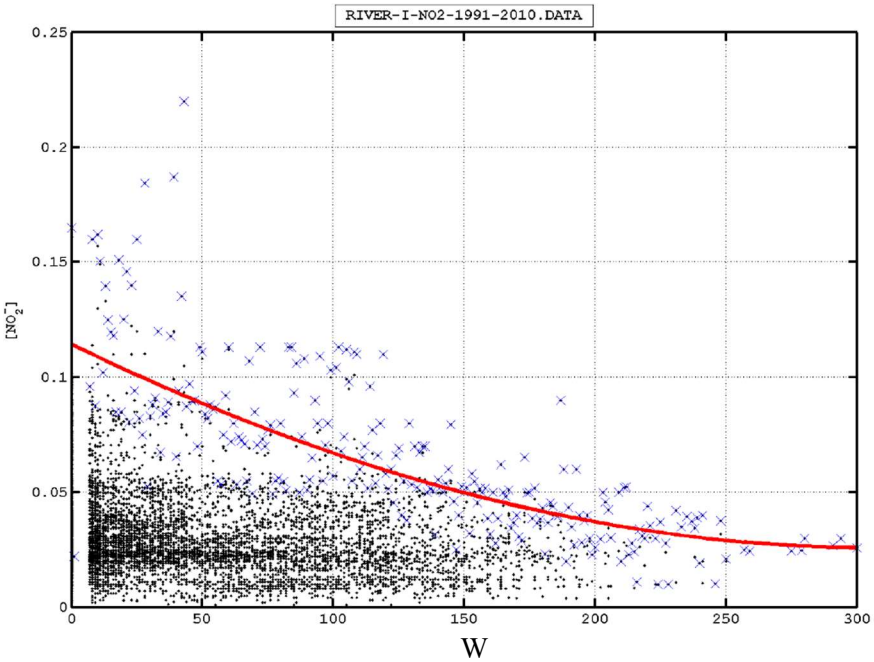


Рисунок 2 – Графік залежності концентрації нітрит-іонів у річковій воді від величини чисел Вольфа W.

Figure 2 – Graph to dependencies to concentration NO_2^- ions in river water from values of Wolf's numbers W.

Застосування квантильної регресії

Головна ідея дослідження полягала в тому, щоб будувати регресію не для всіх вихідних даних, а тільки для максимумів концентрації.

З цією метою регресію проводили у два етапи:

1) виділення тільки одного (максимального) значення Y для кожного унікального значення X,
2) застосування до вибраних значень X та Y (згідно п.1) певного виду регресії.

Як відомо, на сучасному етапі проблема вибору відповідних методів регресії, по-суті, не існує [8].

Задача полягає тільки в оцінці надійності методів, що реалізуються, та адаптації цих методів для вирішення різних практичних задач екології.

На початку дослідження була зроблена спроба побудови лінійної регресії.

Однак лінія регресії у цьому випадку із зростанням значень чисел Вольфа йшла майже горизонтально. Тому для аналізу вихідних даних був використаний один із видів нелінійної регресії – поліноміальна квантильна регресія (поліном ступеня 3).

Тип квантильної регресії – медіанна регресія, $Q=0,5$ [9].

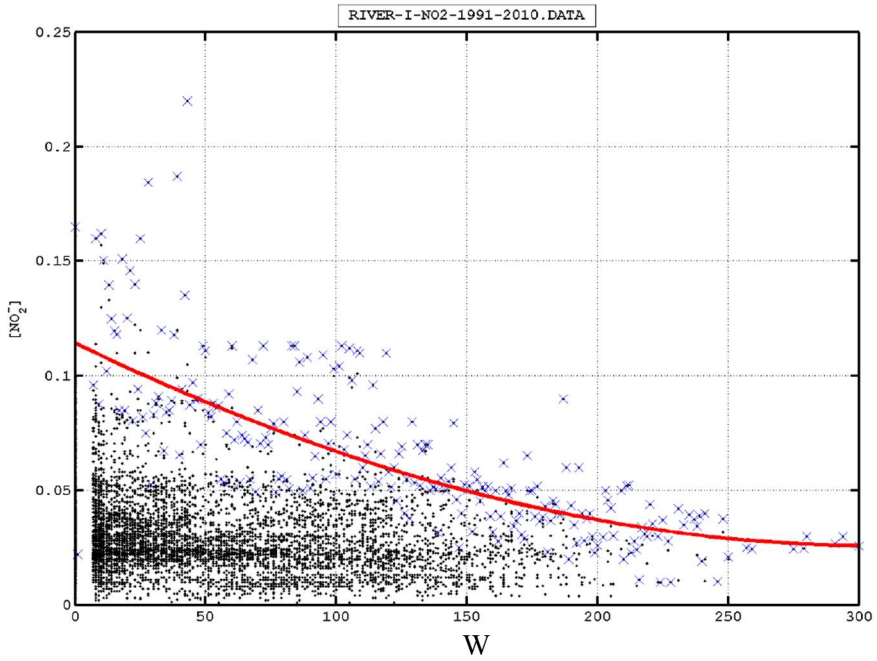


Рисунок 3 – Графік залежності концентрації нітрат-іонів у річковій воді від величини чисел Вольфа W.

Figure 3 – Graph to dependencies to concentration NO_3^- ions in river water from values of Wolf's numbers W.

Результати дослідження

В процесі дослідження було виявлено суттєве зменшення концентрації неорганічних сполук азота при поступовому збільшенні значень чисел Вольфа. При цьому, якщо зміна величини чисел Вольфа впливала на поведінку показників NH_4^+ та NO_2^- у значній мірі, вплив сонячної активності на величину NO_3^- був переважно меншим.

Зрозуміло, що одержані попередні результати дослідження на інші об'єкти розповсюджувати некоректно. Однак цілком можливо знаходити деяку подобу у поведінці інших гідроекологічних часових рядів та застосовувати її у практиці розрахунків. Так, запропонована "регресія максимумів" може бути корисною при вирішенні практично важливих задач прогнозування.

Багаторічними дослідженнями багатьох авторів встановлена наявність циклічності сонячної активності, у якій звичайно виділяють одинадцятирічні та вікові цикли.

На основі даних про сонячні цикли зменшення або збільшення значень W можуть бути спрогнозовані на більш-менш тривалу перспективу.

У цьому зв'язку цілком реальним є наявність циклічності також у ступені чистоти природних вод: природні води (іони NH_4^+, NO_2^- та NO_3^-) будуть значно чистішими у періоди, коли відмічаються високі значення чисел Вольфа.

Слід зазначити, що сучасні методи прогнозування (дивись, на приклад, [10]) дозволяють також відносно точно аналізувати зміну значень чисел Вольфа на кривій W та визначати наявність в ній різноманітних фазових переходів.

Висновки

1. Розроблено спеціальний вид регресії – "регресію максимумів".
2. Показано, що "регресія максимумів" може бути особливо корисною при вирішенні задач гідроекології, де предметом вивчення є саме максимальні (екстремальні, аномальні) значення показників.
3. За допомогою "регресії максимумів" проаналізовано вплив значень чисел Вольфа на деякі (пов'язані із азотом) гідрохімічні показники.
4. Із розглянутих вище позицій природні води мають бути чистішими у періоди, коли відмічаються високі значення чисел Вольфа.
5. Зважаючи, що якість природних вод певним чином пов'язана із сонячною активністю, така якість може бути спрогнозована на багато років вперед.

Напрямок подальших досліджень

Провести оцінку впливу сонячної активності на стан інших іонів в природних водах (а не тільки NH_4^+, NO_2^- та NO_3^-).

Розробити реальні процедури, що засновані на сонячно-земних зв'язках, з метою довготривалого прогнозування поведінки іонів в природних водах.

Перелік посилань

1.Чижевский А.Л. Земное эхо солнечных бурь. М.: 1973. 327 с.

2. Швец Г.И. Многовековая изменчивость стока Днепра. Л.: Гидрометеоиздат. 1978. 88 с.

3. Журавлёв М.М. Солнечная активность и условия эксплуатации транспортных сетей. Автомобильные дороги, 1980. №3. С.25-26.

4. Круцик М.Д. Паводки на Закарпатті і сонячна активність. Автошляховик України, Київ, 1993, №3. С. 49-50.

5. Кутовий С.С. Вплив сонячної активності на водність річки Прип'ять. Наук. праці УкрНДГМІ, Київ, 2007. Вип. 256. С.259-264.

6. Леонов Е.А. Космос и сверхдолгосрочный гидрологический прогноз. СПб.: Алетейя; Наука. 2010. 252 с.

7. Piccardi G. The Chemical Basis of Medical Climatology. Publ USA. 962.

8. Шитиков В.К., Мастицкий С.Э. Классификация, регрессия и другие алгоритмы Data Mining с использованием R. (2017) 351 с. – Электронная книга, адрес доступа: https://github.com/ranalytics/data-mining/.

9. Артеменко В.А., Петрович В.В. Особливості застосування метода квантильної регресії в задачах гідроекології. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Київ, 2021. Вип. 110. С. 90-98.

10. Петрович В.В., Артеменко В.А. Прогнозування часових природних рядів на основі методу SVD-розкладення. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Київ, 2012. Вип. 84. С. 13-29.

REGRESSION MAXIMUM AND ITS USE TO HYDROECOLOGICAL RESEARCH

Artemenko Vladislav 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. One of the actual problems of hydrochemistry there is influence to solar activity on condition chemical substance in water environment.

The goal of the work it is possible estimation relationship some hydrochemical factors and solar activity (Wolf's Numbers ***W***).

To this effect the research was given for concentration $\boldsymbol{NH_4^+}$, $\boldsymbol{NO_2^-}$, $\boldsymbol{NO_3^-}$ in water large flat river of Ukraine (1991 … 2010 years).

The ion concentrations denominated in mg on litre.

Were they also analysed given over Wolf's numbers for this period (1991 … 2010 years).

Since these dependencies for the best reveals itself at a rate of extreme values that for each value of the Wolf's number selected only maximum to concentrations of the ion.

Accordingly building to regressions executed not on all raw data's but for maximum values concentration only.

For this regression execute in two steps:

STEP 1: Selected only one (maximum) value concentration of the ion for each unique value of Wolf's number.

STEP 2: To prepared by specified way data is used for regression.

Experiment has shown that linear regression in this instance to use it is impossible (got the horizontal line).

Experiment has also shown adequacy of the use polynomial quantile regression (so it was used this type of regression).

It was used median egression (quantile regression for ***Q=0,5***).

Median regression demonstrates the observable reduction a concentration of $\boldsymbol{NH_4^+}$, $\boldsymbol{NO_2^-}$, $\boldsymbol{NO_3^-}$ when increasing of values Wolf's Numbers.

Offered in article "regression for maximus" important for decision of the practical problems of hydroecology.

The general trend in behavioyr of Wolf's Numbers can be forecasting on times of the ten years onward.

This means as the general trend in behavioyr of $\boldsymbol{NH_4^+}$, $\boldsymbol{NO_2^-}$, $\boldsymbol{NO_3^-}$ also can be forecasting on times of ten of years onward (the factor of the purity of natural water). The natural water more pure (the minimum concentration of $\boldsymbol{NH_4^+}$, $\boldsymbol{NO_2^-}$, $\boldsymbol{NO_3^-}$) under high solar activity (high values of Wolf's Numbers).

Key words: solar activity, Wolf numbers, hydrochemical time series, regression of "maxima", the possibility of long-term forecasts of natural water pollution.

References

1.Chizhevskiy A.L. Zemnoye ekho solnechnykh bur'. M.: 1973. 327 s. [in Russian].

2. Shvets G.I. Mnogovekovaya izmenchivost' stoka Dnepra. L.: Gidrometeoizdat. 1978. 88 s. [in Russian].

3. Zhuravlov M.M. Solnechnaya aktivnost' i usloviya ekspluatatsii transportnykh setey. Avtomobilnyye dorogi, 1980, №3. S.25-26. [in Russian].

4. Krutsyk M.D. Pavodky na Zakarpatti i sonyachna aktyvnist. Avtoshlyakhovyk Ukrayiny, Kyiv, 1993. №3. S. 49-50. [in Ukrainian].

5. Kutovyy S.S. Vplyv sonyachnoyi aktyvnosti na vodnist richky Prypyat. Nauk. pratsi UkrNDHMI, Kyiv, 2007. Vyp. 256. S.259-264. [in Ukrainian].

6. Leonov Ye.A. Kosmos i sverkhdolgosrochnyy gidrologicheskiy prognoz. SPb.: Aleteyya; Nauka. 2010. 252 s. [in Russian].

7. Piccardi G. The Chemical Basis of Medical Climatology. USA. -1962. [in English].

8. Shitikov V.K., Mastitskiy S.E. (2017) Klassifikatsiya, regressiya i drugiye algoritmy Data Mining s ispol'zovaniyem R. 351 s. – Elektronnaya kniga, adres dostupa: https://github.com/ranalytics/data-mining/. [in Russian].

9. Artemenko V.A., Petrovych V.V. Osoblyvosti zastosuvannya metoda kvantylnoyi rehresiyi v zadachakh hidroekolohiyi. Avtomobilni dorohy i dorozhnye budivnytstvo. Kyiv, 2021. Vyp. 110. S. 90-98. [in Ukrainian].

10. Petrovych V.V., Artemenko V.A. Prohnozuvannya chasovykh pryrodnykh ryadiv na osnovi metodu SVD-rozkladennya. Avtomobilni dorohy i dorozhnye budivnytstvo. Kyiv, 2012. Vyp. 84. S. 13-29. [in Ukrainian].

УДК 656 **DOI:10.33744/0365-8171-2022-111-206-216**
UDC 656

ПРОПОЗИЦІЇ ПО ВДОСКОНАЛЕННЮ ТЕРМІНОЛОГІЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМОЛОГІЇ (ЧАСТИНА 6)
PROPOSITION FOR IMPROVING TRANSPORTATION SYSTEMOLOGY (Part 6)



Алєксєєнко Олександр Валерійович, Національний транспортний університет, кафедра аеропортів, старший викладач, e-mail: alexalieksieienko@gmail.com, +380636039903

https://orcid.org/0000-0002-3796-9929



Артемчук Юлія Володимирівна, Національний транспортний університет, кафедра Кафедра транспортних систем та безпеки дорожнього руху, асистент, e-mail: art_julia@i.ua, тел.: +380636047172

https://orcid.org/0000-0002-3872-7745



Корітчук Сергій Олександрович, Національний транспортний університет, кафедра аеропортів, асистент, e-mail: k.s2501@ukr.net, тел.: +380938133430

https://orcid.org/0000-0001-5100-873X



Петрашевський Олег Львович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, кафедра аеропортів, професор, olp47@ukr.net, +380996092476

https://orcid.org/0000-0001-7909-6057

Анотація. Основою даної глобальної теми дослідження складних транспортних організаційно-технічних систем в області постачання вантажів (ДВ) є пропозиції по відновленню, а подекуди й новому написанню термінів і визначень, що однозначно визначають епістемологію (знання) щодо суб'єктів й об'єктів, подій та стану семантики процесів постачання вантажів за призначенням, як у межах України, так і за кордоном. Матеріал цієї частини загального методологічного розділу по створенню сучасної термінологічної системи постачання вантажів (ДВ) базується на термінах і визначеннях наведених в попередніх частинах глобальної статі, присвячених пропозиціям по удосконаленню термінології транспортної системології [1-5]. Попередні п'ять статей [1-5] дають сучасні визначення деяким старим термінам, зробленим в 70- х – 80- х роках минулого сторіччя.

На сьогоднішній день, особливо актуальним є системний підхід до транспортних проблем, що базується на застосуванні логіко-математичного сприйняття категорій і процесів. Ідея доводити до підсумку транспортні дослідження шляхом розв'язку диференціальних і інтегральних рівнянь провалилася, про що неодноразово попереджали Л. фон Берталанффи, Н.І. Сетров, Н. Віннер, і тільки застосування логіко-лінгвістичних підходів до складних організаційно-технічних систем дає відчутний результат. Це повною мірою підходить і до складних транспортних систем. Слід починати цей підхід

до транспортних процесів, або вірніше до процесів, у яких задіяний транспорт країни, як складова частина перевезення пасажирів і вантажів, з перегляду минулого й створення нового термінологічного апарата дослідження дій, процедур і рішень постачання вантажів (ДВ). Така сьогоднішня постановка проблеми: дати своє бачення термінології транспортної системології.

Ключові слова: Системологія, система управління постачанням вантажів, технічний засіб постачання вантажів, інтелектуальне інформаційне забезпечення постачання вантажів.

Вступ: Приблизно за 50 років розвитку транспортної науки й техніки змінилася концепція і принципи ДВ, поставлені нові проблеми й завдання, пов'язані з логістикою, з мультимодальним характером транспорту, створилися вантажно-розвантажувальні термінали, що раніше не зустрічалися, транспортні склади, проміжні стоянки й багато чого іншого, що викликає необхідність застосування оновленої транспортної системології. Але починати потрібно з термінологічного апарата для чіткого сприйняття змісту ситуацій, подій і процесів постачання вантажів і здійснення комунікаційних зв'язків між фахівцями – теоретиками і практиками ДВ, "фахівцями й інтелектуальним інформаційним забезпеченням (експертними системами)". Тут вже доречно використовувати знання й уміння логістів, диспетчерів, водіїв і механіків великовантажних автомобілів, фахівців із прийняття рішень і керуванню процесами ДВ.

Постановка проблеми. При всьому бажанні звузити проблему постачання вантажів до проблеми інформаційного забезпечення дій при ДВ, не вдається це зробити, тому що постановка завдань і їх розв'язок із застосуванням засобів обчислювальної техніки викликає необхідність розглядати ситуацію, яка виникає при ДВ в умовах багатофункціональних і багатофакторних процесів. Завдання логічного плану вимагають твердого дотримання тимчасових строків і просторового положення рухомого транспортного комплексу (РТК), що полягає із тріади "водій - вантаж - автомобіль" (ВВА), що здійснює процеси постачання вантажів (ПДВ). Проблеми постачання вантажів сьогоднішнього дня викликані:

• швидкою зміною технології постачання вантажів за призначенням;

• значним розширенням "театру дій" рухомих транспортних комплексів, про що говорить сучасна транспортна географія;

• збільшенням мережі доріг і комунікаційних ліній зв'язку транспортного характеру;

• появою логістичних ланцюжків постачання пасажирів і вантажів, включаючи й туристичні точки призначення;

• збільшенням "втрат" у постачаннях людей і вантажів, як наслідок, різкого підвищення процесів постачання пасажирів і вантажів (до офіційного оголошення карантину);

• скороченням транспортних, а з іншого боку, збільшенням внутрішньодержавних перевезень, викликаних пандемією коронавіруса COVID-19;

• неможливістю або небажанням учених, як наслідок значного зменшення матеріально-технічного забезпечення наукових і навчальних процесів підготовки фахівців, займатися прикладними завданнями транспортування, особливо, вантажів за призначенням.

Тому, на сьогоднішній день, особливо актуальним є системний підхід до транспортних проблем як основа системології, що базується на застосуванні логіко-математичного сприйняття категорій і процесів.

Основний матеріал. До вирішення поставлених проблем і завдань будемо підходити шляхом застосування системного аналізу й синтезу в області предметної діяльності (ОПД) – транспортної логістики, тому що на сьогоднішній день це сама актуальна частина ОПД. Слід розглядати систему постачання пасажирів і вантажів (у вигляді прикладу: постачання вантажів), як мобільну структурно-функціональну систему з використанням сучасної методології підтримки й прийняття керуючих рішень, реалізованих на базі інтелектуального інформаційного забезпечення на основі експертних систем. Один з авторів цієї серії робіт ще в 80-х роках говорив про необхідність залучення методів і засобів інтелектуалізації інформаційних процесів. Однак, тоді наукове суспільство було не готове прийняти нову методологію. І тільки зараз активно заговорили про необхідність використовувати методологію штучного інтелекту в науці й техніці. Ідеї Л. Заде, не дивлячись на наукову обструкцію 60-х – 70-х років, перемогли. Правда, ще є багато перепон і перешкод на цьому шляху. І краще знімати їх на рівні обговорення транспортної системної термінології, тобто термінів і визначень транспортної системології.

У роботі [3] ми охарактеризували область предметної діяльності керування процесами постачання вантажів (автотранспортної логістики), визначенням 23 (ОПД УП ДВ). У додавання до неї необхідно додати визначення:

• предметної діяльності (ПД) автомобільного транспорту (АТ);

• області предметної діяльності щодо постачання вантажів.

Для цілісності сприйняття й співвідношення визначень повторимо визначення 23, зважаючи на те, що якщо у визначенні предметної діяльності присутня слово "область", то це означає, що "область" є частиною предметної діяльності.

Визначення 89. Предметною діяльністю автомобільного транспорту є діяльність по наданню автотранспортних послуг (АТП) шляхом взаємозалежної й взаємодіючої сукупності рухомих транспортних комплексів (РТК), шляхів сполучення (транспортні дороги - АД), засобів управління і зв'язку (СУЗ), а також різних технічних обладнань і споруд (ТОС), що забезпечують роботу РТК.

Визначення 90. Областю предметної діяльності з постачання вантажів є частина предметної діяльності автомобільного транспорту, в межах якого спостерігається усвідомлена неможливість досягнення поставленої мети постачання вантажу відомими тривіальними методами і у границях якої розвертається розв'язок виниклої проблемної ситуації (ПС).

Визначення 23. Областю предметної діяльності по керуванню процесами постачання вантажів автомобільним транспортом є дії з оцінки класу проблемних ситуацій процесу ДВ у вигляді результату контролю розбіжності планових даних сценарію й фактичних даних УП ДВ, а також керуючі впливи по усуненню ПС.

Термін і визначення 89 охоплює всю систему експлуатації автотранспорту, починаючи від завдань повсякденної діяльності експлуатантів автомобілів до евристичних процесів прийняття рішень по керуванню ДВ. Опис подібної області предметної діяльності в єдиному списку моделей, що відображають дійсність (Verb K, Dekl K, Lex K, Ling P, Sem P, Sint P, Log P, Prag P) складно, громіздко й не завжди потрібно. Інтелектуалізації підлягає інформаційне забезпечення керування системою постачання вантажів, у частині оперативного й ефективного дозволу проблемних ситуацій $ПС = \{СКВТ_{ПК}, СКВТ_{К}, СКВТ_{СК}\}$, які виникають в ОПД УП ДВ – області предметної діяльності значно вужчої ніж ПД АТ. Її часто називають предметною областю [6,7] або прикладною областю, але, мабуть, потрібно погодитися з Д.А. Поспеловим [8] і називати предметною областю, яку позначимо – PD. Завдання знаходження границь PD являє собою досить складну проблему, принаймні готових методів її реалізації немає. Апріорі відомо, що ПС звичайно виникають навколо евристичних процедур керування складними технологічними й інформаційними процесами [9] – процедур прийняття розв'язків, діагностування (розпізнавання образів), диспетчеризації, розподілу, планування, інформаційного забезпечення й ін. Усі ці дії присутні в процесі виконання ДВ, вони в нас відзначені як $PS_i, i = \overline{1,13}$.

Керуючись семантикою визначень 23, 24 [3] структуру системи організаційно-технічного керування ПДВ – S, можна представити сукупністю структур підсистем $S_i, i = \overline{1,7}$ виходячи з положень визначення 91 і правила 1 (рис. 1).

Визначення 91. Функціональною структурою системи організаційно-технічного керування процесами постачання вантажів, є сукупність взаємозалежних (множина) функцій, метаціль виконання яких полягає в ефективному досягненні ідеї функціонування системи – постачання вантажу за призначенням при зовнішніх і внутрішніх змінах середовища існування категорій системи.

Правило 1. Функціональна структура системи S, як сукупність функціональних структур $S_i, i = \overline{1, N}$, з урахуванням їх зв'язків, слід описати у вигляді множини структур підсистем S_i за кожною з яких у дужках позначені їхні рецепторні зв'язки зі структурами $S_j, j \neq i$, через кому й за ними (після точки з коми) ефекторні зв'язки з відповідними структурами, номери яких зазначені також у дужках.

Таким чином, структура системи S аналітично буде відбита сукупністю структур підсистем S_i, з врахуванням рецепторних (вхідних) і ефекторних (вихідних) структурних зв'язків, а саме.

$$S \leftrightharpoons \&_i S_i I i = \overline{1,7}; \text{ або}$$

$$FSt\ S \leftrightharpoons \&_i S_i\left(R_{рцj}; R_{ефк}\right) I_i = \overline{1,7};\ j, k = \overline{1, N}; j, k \neq i; \text{ при } И_{зi}(B_н) \equiv \varnothing;$$

$$S \leftrightharpoons \left\{ \begin{array}{c} S_1(2,3,6,7; 2,6,7), S_2(1,3,4,6,7; 1,6,7), S_3(1,4,7; 1,6,7), \\ S_4(2,7; 2,7),\ S_5\ (4,7; 4,7),\ S_6(1,3,7; 1,3,7),\ S_7(2,3,4,5,6,7; 2,3,4,5,6,7) \end{array} \right\} \quad (1)$$

Керуючись принципом системного підходу, підсистему S_i можна "розбити" на контури. $KS_{i,j}, i = \overline{1,7}, j = \overline{1,K}$ так, на рисунку 2 представлена структура підсистеми S_1 – транспортно-логістичних робіт із ДВ розкладену на контури $KS_{i,j}$, I $i = 1, j = \overline{1,12}$.

Дамо визначення "структура підсистеми S_i системи S".



Рисунок 1– Структура системи S (постачання вантажу автомобілем) з погляду підсистеми S_i, I $i = \overline{1,7}$.

Figure 1 – The structure of system S (cargo delivery) from the subsystem perspective S_i, I $i = \overline{1,7}$.

Визначення 92. Функціональною структурою підсистеми, є група взаємодіючих (підмножина) функцій, ціль виконання яких полягає в ефективному виконанні функціонального завдання (множини функцій) покладеного в основу назви підсистеми при зовнішніх і внутрішніх змінах середовища існування функцій підсистеми.

Аналогічно Правилу 1 можна сформулювати відповідне правило, яке дає можливість описати аналітично структури S_i.

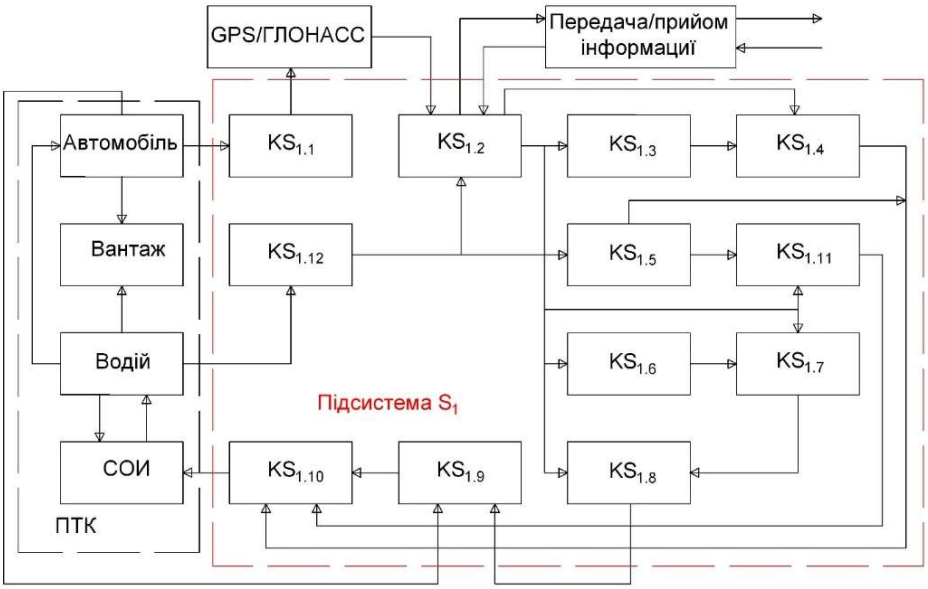


Рисунок 2 – Структура підсистеми S_1 (транспортно-логістичних робіт із ДВ) з точки зору контурів $KS_{1,j}$ I $i = 1,\ j = \overline{1,12}$.

Figure 2 – The structure of the S_1 subsystem (transport and logistics works with DV) from contours point of view $KS_{1,j}$ I $i = 1,\ j = \overline{1,12}$.

Правило 2. Структура підсистеми S_i, як сукупність структур контурів управління $KS_{i,j}$, з врахуванням їх зв'язків, слід описати у вигляді множини структур контурів $KS_{i,j}$ за кожною з яких у дужках зазначені їхні вхідні зв'язки зі структурами $KS_{i,k}, k \neq j$ через кому й за ними (після точки з комою) вихідні зв'язки з відповідними структурами, номера яких зазначені також у дужках.

Зокрема для підсистеми S_1 структура визначається так:

$$
\begin{gathered}
S \leftrightharpoons \&_j KS_{1,j} Ij = \overline{\overline{1,12}},\ \text{або FSt}\ S_1 = \&_j KS_{1,j}\left(R_{вхj}; R_{вых\,K}\right);\ j,k = \overline{1,N};\ \text{при}\ И_{зj(вн)} \equiv И_{зj(внеш)} \neq \varnothing; \\
S_1 \leftrightharpoons \{KS_{1,1}\,(GPS; Автомобіль), KS_{1,2}(Передача\ інф.), KS_{1,4}; GPS, Приймання\ інф., KS_{1,12}), \\
KS_{1,3}\left(KS_{1,4};\ KS_{1,12}\right), KS_{1,4}\left(KS_{1,10}; KS_{1,2}, KS_{1,3}\right), KS_{1,5}\ \left(KS_{1,10}; KS_{1,12}\right), \\
KS_{1,6}\left(KS_{1,7}; KS_{1,8};\ KS_{1,12}\right), KS_{1,7}\left(KS_{1,8}; KS_{1,6}, KS_{1,12}\right), \\
KS_{1,8}\left(KS_{1,9};\ KS_6, KS_7, KS_{1,12}\right), KS_{1,9}\ \left(KS_{1,10}; Автомобіль, KS_{1,8}\right), \\
KS_{1,10}\left(СОИ;\ KS_{1,4};\ KS_{1,11}\right), KS_{1,11}\left(KS_{1,10};\ KS_{1,12}\right), KS_{1,12}\left(KS_{1,2}, KS_{1,3}, KS_{1,5}, KS_{1,6}, KS_{1,7}, KS_{1,8}; Водій\right)
\end{gathered}
\tag{2}
$$

Перелічимо, як приклад контуру $KS_{1,j}, j = \overline{1,12}$, з погляду виконання ними своїх основних функцій:

$KS_{1,1}$ – постачання вантажів шляхом фізичного переміщення РТК (ВВА) у часі й просторі;

$KS_{1,2}$ – контроль розбіжності планових даних сценарію й фактичних даних процесу ДВ (тимчасові й просторові розбіжності);

$KS_{1,3}$ – ідентифікація технічного стану автомобіля по параметрах систем і виробів транспортного засобу;

$KS_{1,4}$ – евристичне призначення проблемної ситуації залежно від ступеня тимчасової й просторової розбіжності планових даних сценарію й фактичної інформації ПДВ;

$KS_{1,5}$ – евристичне призначення ПС залежно від градієнта зміни (виходу з допустової "трубки") параметрів поточного технічного стану систем і виробів автомобіля ДВ;

$KS_{1,6}$ – планування виконання керуючого впливу для виходу із ПС;

$KS_{1,7}$ – розподіл ресурсів для виконання керуючого впливу;

$KS_{1,8}$ – реалізація УВ на системи й вироби автомобіля при ТЕ, ремонті або в процесі ДВ;

$KS_{1,9}$ – контроль за ефективністю технічного використання рухомого транспортного комплексу в процесе ДВ (після ТО, ремонту або усунення несправності системи або вироби автомобіля);

$KS_{1,10}$ – візуалізація інформації про тимчасові й просторові розбіжності на засобах системи відображення інформації (СОИ);

$KS_{1,11}$ – оцінка ризику не виконання ДВ після виконання робіт з контуру $KS_{i,j}, I\ j = \overline{1,11}$;

$KS_{1,12}$ – інформаційне забезпечення контурів $KS_{1,j}$ і інших користувачів інформації про процес постачання вантажу.

Якщо в результаті виконання сукупності взаємозалежних функцій системи S одержуємо транспортну роботу (робота), при виконанні групи взаємодіючих функцій підсистеми S_i отримуємо транспортну дію (розв'язок), то при виконанні спільності взаємозалежних функцій контуру $KS_{i,j}$ одержуємо транспортний розв'язок (реалізацію). Аналогічно, контуру $KS_{i,j}; i = \overline{1,7};\ j = \overline{1,N}$ підсистем S_i можна розкласти на компоненти $PK_{i,j,n}; n = \overline{1,M}$.

Для цього запропонований термін і визначення для $KS_{i,j}$ і Правило 3 для складання структур контурів.

Визначення 93. Функціональна структура контуру керування – це сукупність взаємодіючих (підмножин) функцій, підціль виконання яких полягає в ефективному виконанні функціонального завдання (певного комплексу функцій), що покладена в основу назви контуру керування при зовнішніх і внутрішніх змінах середовища, існування комплексу функцій контуру керування.

Правило 3. Структура контуру керування $KS_{i,j}$ і, як сукупність структур компонент керування $PK_{i,j.n}$ з обліком їх зв'язків, слід описати у вигляді безлічі структур компонентів $PK_{i,j.n}$ за кожним з яких у дужках зазначені їхні вхідні зв'язки зі структурами $PK_{i,j.k}. n \neq k$ через кому й за ними (після точки з коми) вихідні зв'язки з відповідними структурами, номера яких зазначені також у дужках.

Як приклад приведемо склад компонентів $PK_{1.1.k}$ і $PK_{1,12,k}. k = var$ контурів керування $KS_{1,1}$ і $KS_{1,12}$, рис 3.

Для цього визначення спільності взаємозалежних функцій для цих контурів і відразу ж відзначимо їх як компоненти. Контур $KS_{1,1}$ (постачання вантажу шляхом переміщення РТК у часі й просторі) виконує наступний комплекс функцій:

- рух РТК щодо постачання вантажу в часі & одержання даних по тимчасовій реальній шкалі від глобальної навігаційної супутникової системи ГНСС (Global Navigation Satelite System - GNSS) $PK_{1,1,1}$;
- рух РТК щодо постачання вантажу в просторі & одержання первинних даних по просторовій дислокації РТК від GNSS - $PK_{1,1,2}$ (первинні дані для розрахунків довготи φ, широти λ, висоти Alt);
- одержання первинних параметрів поточного технічного стану систем автомобіля $PK_{1,1,3}$;
- передача даних в ІЗ (контур $KS_{1,12}$) за часом - $PK_{1,1,4}$; за вторинним даними просторової дислокації РТК - $PK_{1,1,5}$; за первинним даними про поточний технічний стан систем автомобіля - $PK_{1,1,6}$.

Контур $KS_{1,12}$ (інформаційне забезпечення контурів $KS_{1,j}$ і інших користувачів інформації про процес ДВ) виконує такий комплекс функцій:

- зберігання даних про тимчасові витрати при русі РТК щодо постачання вантажу - $PK_{1,12,1}$;
- зберігання даних про зміни координат РТК - $PK_{1,12,2}$;
- зберігання даних про зміни параметрів технічного стану систем автомобіля - $PK_{1,12,3}$;
- оцінка показників Repr(φ, λ, Alt) по вірогідності (повноті, однорідності, безперервності) - $PK_{1,12,4}$;
- оцінка показників Repr(α,β) по помилках 1- го й 2- го роду - $PK_{1,12,5}$;
- видача інформації про тимчасові витрати при русі РТК - $PK_{1,12,6}$;
- видача інформації про просторову дислокацію РТК - $PK_{1,12,7}$;
- видача інформації про параметри технічного стану систем автомобіля (по запиту) - $PK_{1,12,8}$;

У результаті виконання взаємозалежних функцій компоненти $PK_{i,j,n}$ одержуємо транспортну реалізацію (операцію, процедуру). Знову ж, компоненти $PK_{i,j,n}$ можна представити у вигляді сукупності транспортних операцій (інформаційних процедур) $FP_{(i,j,n)}$. Для цього запропонуємо термін і

визначення для $РК_{i,j,n}$ і Правило 4 для складання структур компонент керування, а також для інших визначальних категорій.

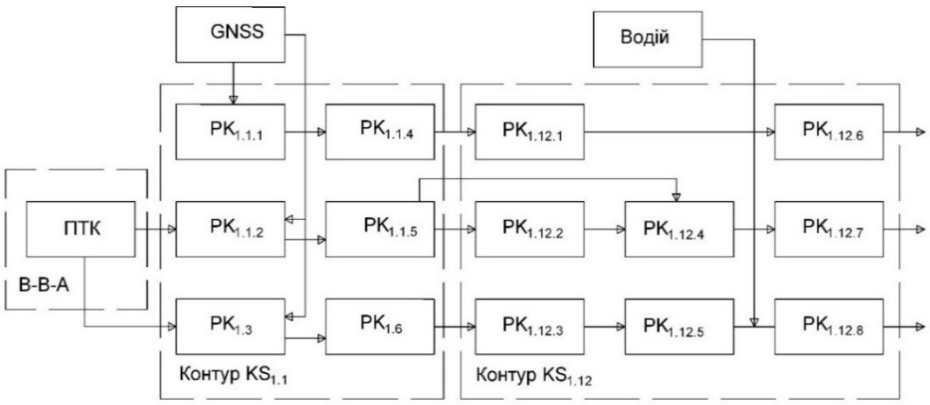


Рисунок 3 – Структура контуру $KS_{1,1}$ (контур керування ПДВ шляхом переміщення РТК у часі й просторі) з погляду компонент керування $РК_{i,j,n}$ I $i = 1,\ j = 12, n = \overline{1,8}$.

Figure 3 – Contour structure $KS_{1,1}$ (a control circuit by moving RTK in time and area) from the control component point of view $РК_{i,j,n}$ I $i = 1,\ j = 12, n = \overline{1,8}$.

Визначення 94. Функціональною структурою компонента керування є комплекс взаємодіючих (підмножина) функцій, виконання мінімальних підцілей яких полягає в ефективному виконанні деякої групи функцій (від 2- х і більш), покладених в основу назви компоненти керування при зовнішніх і внутрішніх змінах середовища існування групи функцій компонентів керування.

Правило 4. Функціональна група в компоненті рівняння $РК_{i,j,n}$, як сукупність функціональних елементів керування $FP_m(i,j,n); i = \overline{1,7}; j = \overline{1,N}; n = \overline{1,M}, m = \overline{1,K}$, з обліком їх функціональних зв'язків, слід описати у вигляді безлічі елементів керування $FP_m(i,j,n)$, за кожною з яких у дужках зазначені їхні вхідні зв'язки з елементами $FP_k(i,j,n); k = \overline{1,L}; k \neq M$, через кому й за ними (після точки з коми) вихідні зв'язки з відповідними структурами, номера яких зазначені також у дужках.

Визначення 95. Функціональною структурою елемента керування є ряд функцій, які описують фізичні й/або енергетичні ресурсні транспортні операції керування, а також інформаційні процедури доведення даних до відповідних фізичних і/або енергетичних (ресурсних) операцій.

Визначення 96. Елемент фізичного керування є транспортною операцією керування, виконання якої спрямовано на забезпечення безпеки руху ПТК, підвищення ефективності керування ПДВ (зменшення тимчасових витрат і підвищення економічності процесів постачання вантажу), відбивання негативних факторів впливу на ПДВ при зовнішніх і внутрішніх змінах середовища керування ДВ.

Визначення 97. Елемент енергетичного (ресурсного) керування є транспортною операцією, виконання якої спрямовано на забезпечення своєчасного і ємного технічного обслуговування і ремонту рухомого транспортного комплексу, паливо- мастильних і ресурсних матеріалів режиму, що відповідає, праці й відпочинку водіїв автомобілів, зменшення ризику псування вантажу й т.п.

Визначення 98. Елементом інформаційного забезпечення керування є технологічно здійсненна інформаційна процедура доведення даних до відповідних фізичних і/або енергетичних (ресурсних) транспортних керуючих операцій і яка служить максимізації ефективності процесів постачання вантажів.

Оскільки процес керування не може бути ефективним без наявності потужної, репрезентативної системи інформаційного забезпечення, то зупинимося більш докладно на критеріях якості інформації, що циркулює в СІО, таких, як вірогідність Δ, повнота П, однорідність О и безперервність N інформації. Для цього згадаємо, що визначення 80, 87 і 88 однозначно визначають інформаційні елементи (не плутати з елементами інформаційного забезпечення керування), інформаційні процедури й репрезентативність інформаційного забезпечення [5]. Тим більше, що критерії якості оцінки їх представлені на мал.4 у вигляді елементів інформаційного забезпечення керування. Структура компонента РК_1,12,4- оцінка показників якості Repr IS(φ, λ, Alt) по вірогідності Δ (повноти П,

однорідності O и безперервності N) (FP_1 (1,12,4),FP_4 (1,12,4))¯ даних, використовуваних для визначення координат поточного значення просторової дислокації ПТК, компоненти РК_1,12,5 - оцінка показників Repr IS (α,β) по вірогідності FP1(1,12,3) і FP5(1,12,3), повноті FP2(1,12,3) і FP6(1,12,3), однорідності FP3(1,12,3) і FP7(1,12,3), безперервності FP4(1,12,3) і FP8(1,12,3) даних про технічний стан систем автомобілів, використовуваних для діагностування виробів при помилці діагнозу 1- го роду α і помилка діагнозу 2- го роду β, компоненти РК_1,12,1 - використовуваної для визначення тимчасового моменту руху РТК по реальній шкалі.

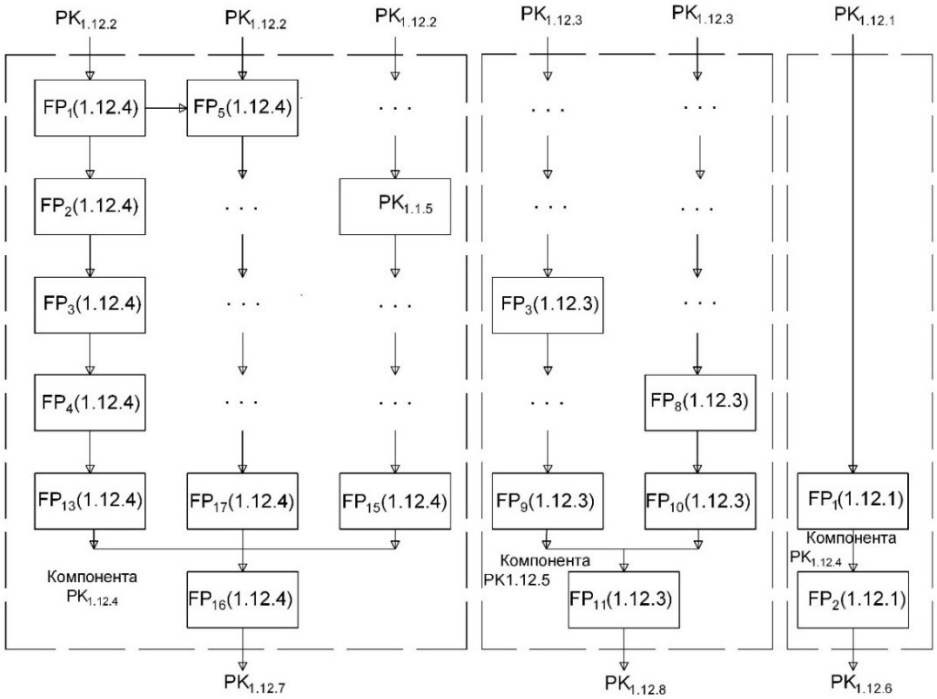


Рисунок 4 – Структура компонента $РК_{1,12,4}$, $РК_{1,12,5}$, $РК_{1,12,1}$ з погляду елементів керування $FP_m(i,j,n)$ I $i = 1;\ j = 12; n, m = var.$

Figure 4 – Structure of the component $РК_{1,12,4}$, $РК_{1,12,5}$, $РК_{1,12,1}$ from controls point of view $FP_m(i,j,n)$ I $i = 1;\ j = 12; n, m = var.$

Таким чином продемонстровано усю складність функціонально-структурного опису системи (підсистеми, контуру, компоненти й елемента керування) ПДВ. Перейдемо до критеріїв якості або репрезентативності інформаційного забезпечення [11].

Визначення 99. Вірогідність Δ інформаційного елемента визначається різницею між одиницею й математичним очікуванням відносини випадкового числа помилкових реквізитів інформаційного елемента до загального числа всіх реквізитів, що зробили, описують подію або стан процесу постачання вантажу:

$$\mathrm{mod}(\Delta): \delta = 1 - M\left(\frac{n_{ir1}}{N_{ir}}\right); \inf\Delta = 0; \sup\Delta = 1; N_{ir} \geq n_{ir1}, \quad (3)$$

де mod(Δ) - модель вірогідності Δ однакових інформаційних елементів (ІЕ), визначення 80;

δ - елемент безлічі достовірних ІЕ, $\delta \epsilon \Delta$;

N_{ir} - потужність безлічі ІЕ типу реквізит інформації (визначення 81);

n_{ir1} - потужність безлічі помилкових реквізитів сукупності ІЕ.

Визначення 100. Повнота П інформації визначається математичним очікуванням випадкового числа реквізитів, що зробили, інформаційного елемента, які повною мірою відповідають формі ІЕ до загального числа реквізитів обумовлених формою ІЕ:

$$\mathrm{mod}(П): \pi = M\left(\frac{k_{ir2}}{K_{ir2}}\right); \inf П = 0; \sup П = 1; K_{ir} \geq k_{ir2}, \quad (4)$$

де mod(П) модель повноти однотипних інформаційних елементів;

π - елемент безлічі повних ІЕ, π∈П;

K_{ir} - потужність безлічі повних ІЕ випадкові реалізації, що становлять, інформаційних елементів (повідомлення, показник, документ - визначення 82-84);

k_{ir2} - потужність безлічі неповних (невнесених, невизначен, що не дозволяють уважати себе повними) реквізитів, сукупності ІЕ.

Визначення 101. Однорідність О інформацію дорівнює математичному очікуванню відносини сумарної кількості первинних ІЕ, що описують подію процесу постачання вантажів g∈g або стан пересувного транспортного комплексу h∈h, у яких однозначно визначаються причини g появ події ПДВ і переходу РТК у стан h, до повної кількості вторинних ІЕ, що відбивають у різній мірі дана подія або стан:

$$\mathrm{mod(O)}: \mathrm{O} = \mathrm{M}\left[\frac{\sum(g_i \& h_i)}{L_i(g\&h)}\right]; \mathrm{supO} = 0; \mathrm{infO} = 1; \sum(g_i \& h) \neq L_i(g\&h) \quad (5)$$

де mod(О) - модель однорідності інформаційних елементів,

О - елемент безлічі ІЕ, о∈о;

$\sum(g_i \& h_i)]\!]$ - потужність безлічі первинних ІЕ, що описують g і h інформаційного елемента й;

$L_i(g\&h)$- потужність безлічі вторинних ІЕ, що описують g і перехід h, $i \in I_r$.

Визначення 102. Безперервність N інформації дорівнює математичному очікуванню відносини сумарної кількості ІЕ ib, що описують подію процесу постачання вантажів g∈G або стан пересувного транспортного комплексу h∈H на проміжку дискретного часу t, t∈T до повної кількості інформаційних елементів, що описують G або H, обумовлених структурою, технологією й процесами інформаційного забезпечення:

$$\mathrm{mod(N)}: \nu = \mathrm{M}\left[\frac{\sum_i \sum_j (g(j\Delta t) vh(j\Delta t), i_B)}{\sum(g(T) vh(T))}\right]; \mathrm{supN} = 0; \mathrm{infN} = 1, \quad (6)$$

де mod(N) - модель неоднорідності інформаційних елементів;

ν∈N - елемент безлічі ІЕ;

∑[g(T)vh(T)]- потужність безлічі ІЕ, що описують g і/або h на інтервалі часу Т.

Ще два критерії мають відношення до репрезентативності інформаційного забезпечення як системи в цілому, а не до інформаційних елементів (визначення 80-86 [5]) циркулюючих у СІЗ - це оперативність і економічність системи інформаційного забезпечення.

Визначення 103. Оперативність Ω системи інформаційного забезпечення УПДВ дорівнює математичному очікуванню різниці заданого часу й фактичною тимчасовою реакцією системи ІЗ до заданого часу:

$$\mathrm{mod}(\Omega): \omega = \mathrm{M}\left[\frac{\tau_з^i - \tau_p^i}{\tau_з^i}\right]; \mathrm{inf}\Omega \to (-\infty); \mathrm{sup}\Omega = 1, \quad (7)$$

де mod(Ω) - модель оперативної СІЗ, ω∈Ω;

$\tau_з$ - заданий час реакції системи на інформаційний запит;

τ_p - фактичний час реакції системи.

Визначення 104. Економічність Σ проектованої (порівнюваної) системи інформаційного забезпечення керування процесами постачання вантажів дорівнює математичному очікуванню відносини витрат на реалізацію базової СІЗ до витрат на альтернативну систему інформаційного забезпечення:

$$\mathrm{mod}(\Sigma): \sigma = \mathrm{M}\left[\frac{\sigma_1}{\sigma_2}\right] = \mathrm{M}\left[\frac{\varphi_1^1 + \varphi_2^1}{\varphi_1^2 + \varphi_2^2}\right]; \mathrm{inf}\Sigma = 0; \mathrm{sup}\Sigma = 1, \quad (8)$$

де mod(Σ) - модель економічності системи (проектованої) ІЗ;

σ∈Σ - разовий показник економічності СІЗ;

$\varphi_1^1, \varphi_2^1 \subset \sigma_1$ - складові економічності СІЗ програмну частини, що визначають апаратну й, системи; $\varphi_1^2, \varphi_2^2 \subset \sigma_2$.

Критерії ефективності можна реалізувати при наявності іншої, альтернативної системи інформаційного забезпечення ПДВ, щоб було із чим порівнювати пропоновану систему. Розглянемо момент наявності неузгодженості між сценарними значеннями призначених контрольно-тимчасових

крапок з реальними значеннями координат просторової дислокації ПТК. Те ж ставиться до значень діагностичних параметрів автомобіля й до тимчасової координати знаходження пересувного транспортного комплексу. Згідно з функціональною структурою, показаною на мал.2, це контуру керування $KS_{1,2} - KS_{1,5}$. У результаті виконання групи функцій, властивих зазначеним контурам проводиться призначення водієм автомобіля проблемної ситуації з безлічі $ПС = \{КВТ_с, СКВТ_{ПК}, СКВТ_К, СКВТ_{СК}\}$ (визначення 47-51) [10] - доповненою ситуацією $КВТ_с$ - "стандартної", при виконанні планового керування ПДВ. Правильність виконання цієї фізичної операції з накладенням інформаційної процедури паралельно контролюється диспетчером (логістом) автотранспортної компанії й науковим співробітником інформаційно-аналітичного центру автомобільного транспорту (вибірково).

Перелік посилань

1. Петрашевський О.Л. Пропозиції щодо удосконалення термінологічної системи транспортної системології (частина 1) / О.Л. Петрашевський // НТЗ НТУ «Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті». – Київ, – вип. 3. – 2017. – С. 102–107.

2. Петрашевський О.Л. Пропозиції удосконалення термінологічної системи транспортної системології (частина 2) / О.Л. Петрашевський // НТЗ НТУ «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво». – Київ, вип. 100. – 2017. – С. 239–249.

3. Петрашевский О.Л. Предложения по совершенствованию терминологии транспортной системології (часть 3) / О.Л. Петрашевский, И.И. Попелыш, А.В. Алексеенко, С.А. Коритчук // НТЗ НТУ «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво». – Київ, вип. 104, – 2018. – С. 63–67.

4. Петрашевський О.Л. Пропозиції удосконалення термінологічної системи транспортної системології (частина 4) / О.Л. Петрашевський, І.І. Попелиш, О.В. Алєксєєнко, С.О. Корітчук, Ю.В. Артемчук // НТЗ НТУ «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво». – Київ, вип. – 2012. – С. 172-181.

5. Пропозиції щодо вдосконалення термінології транспортної системології (частина 5) / Петрашевський О.Л., Попелиш І.І., Алєксєєнко О.В., Корітчук С.О., Артемчук Ю. В // Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво».– Київ, вип.110. – 2021 165-179.

6. Быков В.П. Методическое обеспечение САПР в машиностроении. – Л.: Машиностроение, 1989. – 255с.

7. Рубашкин В.Ш. Представление и анализ смысла в интеллектуальных информационных системах. – М.: Наука, 1989. – 192с.

8. Кондрашина Е.Ю., Литвинцева Л.В., Поспелов Д.А. Представление знаний о времени и пространстве в интеллектуальных системах. –М.: Наука, 1989 – 328с.

9. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика .- М.: Наука, 1986.- 288с.

10. Петрашевський О.Л. Контрольно-временные точки на оси сценариев постачання грузов автомобильным транспортом (1-я часть) / О.Л. Петрашевский И.И. Попелыш, А.В. Алексеенко, С.А. Коритчук, О.В. Семенченко // Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво».– Київ, вип.104. – 2018. –С. 86-93.

11. Петрашевський О.Л. Интеллектуализация информационного обеспечения управления эксплуатацией авиационной техники: дисс. Доктора техн. наук: 629.735.083 / Петрашевський Олег Львович // – К.: НАУ – 1992. – 471 с.

PROPOSALS FOR IMPROVING TRANSPORTATION SYSTEMOLOGY (Part 6)

Alieksieienko Oleksandr V., National transport university, Department of Airports, senior lecturer; e-mail: alexalieksieienko@gmail.com, тел. +380636039903; https://orcid.org/0000-0002-3796-9929

Artemchuk Yuliia V., National Transport University, Department of Transport systems and road safety, Assistant, k.s2501@ukr.net, +380938133430; https://orcid.org/0000-0002-3872-7745

Koritchuk Sergey O., National Transport University, Department of Airports, Assistant, k.s2501@ukr.net, +380938133430; https://orcid.org/0000-0001-5100-873X

Petrashevskyi Oleh L., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Department of Airports, Professor, olp47@ukr.net, +380996092476, orcid.org/0000-0001-7909-6057

Abstract. The basis of this global topic of research of complex transport organizational and technical systems in the field of cargo delivery (CD) are proposals for the restoration, and in some cases the new writing of terms and definitions, which unambiguously set epistemology (knowledge), subjects and objects, events and the condition of the delivery processes of goods semantics by destination, both within Ukraine and abroad. The previous five articles [1-5] give modern definitions of some old terms made in the 1970s and 1980s. The material of this part of the general methodological section on the creation of a modern terminological system of cargo delivery is based on the terms and definitions given in the previous parts of the global article devoted to proposals for improving the terminology of transport systemology [1-5].

Therefore, today, a systematic approach to transport problems, but a systemology based on the application of categories and processes logical-mathematical perception, is particularly relevant. The idea of [1-5].bringing transport research to a conclusion by solving differential and integral equations failed, which was repeatedly warned by L. von Bertalanffy, N.I. Setrov and N. Winner himself, and only the application of logical-linguistic approaches to complex organizational and technical systems gives tangible results.

What has been said fully applies to complex transport systems. Again, repeating, one should start this approach to transport processes, or rather to processes in which the transport of the country is involved, as the passengers and goods delivery component, by reviewing the past and creating a new terminological apparatus for the study of actions, procedures and decisions of goods delivery (DV). This is today's formulation of the problem: to give one's vision of the terminology of transport systemology.

Keywords. Systemology, cargo delivery control system, technical means of cargo delivery, intelligent information support for cargo delivery.

References

1. Petrashevskyi O.L. Propozytsii Udoskonalennia Terminolohichnoi Systemy Transportnoi Systemolohii (Chastyna 1) / O.L. Petrashevskyi // NTZ NTU «Avtomobilni Dorohy I Dorozhnie Budivnytstvo». – Kyiv Vyp. 3. – 2017. – p. 102-107.

2. Petrashevskyi O.L. Propozytsii Udoskonalennia Terminolohichnoi Systemy Transportnoi Systemolohii (Chastyna 2) / O.L. Petrashevskyi // NTZ NTU «Avtomobilni Dorohy I Dorozhnie Budivnytstvo». – Kyiv Vyp. 100. – 2017p. 239-249.

3. Petrashevskyi O.L. Propozytsii Udoskonalennia Terminolohichnoi Systemy Transportnoi Systemolohii (Chastyna 3) / O.L. Petrashevskyi, I.I. Popelysh, O.V. Alieksieienko, S.O. Koritchuk // NTZ NTU «Avtomobilni Dorohy I Dorozhnie Budivnytstvo». – Kyiv Vyp. 104. – 2018. p. 63-671.

4. Petrashevskyi O.L. Propozytsii Udoskonalennia Terminolohichnoi Systemy Transportnoi Systemolohii (Chastyna 4) / O.L. Petrashevskyi, I.I. Popelysh, O.V. Alieksieienko, S.O. Koritchuk, Y. V. Artemchuk // NTZ NTU «Avtomobilni Dorohy I Dorozhnie Budivnytstvo». – Kyiv Vyp. 104. – 2018. p. 172-181.

5. Petrashevskyi O.L. Propozytsii Udoskonalennia Terminolohichnoi Systemy Transportnoi Systemolohii (Chastyna 5) / O.L. Petrashevskyi, I.I. Popelysh, O.V. Alieksieienko, S.O. Koritchuk, Y. V. Artemchuk // NTZ NTU «Avtomobilni Dorohy I Dorozhnie Budivnytstvo». – Kyiv Vyp. 104. – 2018. p. 172-181.

6. Bыkov V.P. Metodycheskoe obespechenye SAPR v mashynostroenyy. – L.: Mashynostroenye, 1989. – 255s.

7. Rubashkyn V.Sh. Predstavlenye y analyz smыsla v yntellektualnыkh ynformatsyonnыkh systemakh. – M.: Nauka, 1989. – 192s.

8. Kondrashyna E.Iu., Lytvyntseva L.V., Pospelov D.A. Predstavlenye znanyi o vremeny y prostranstve v yntellektualnukh systemakh. –M.: Nauka, 1989 – 328s.

9. Pospelov D.A. Sytuatsyonnoe upravlenye: teoryia y praktyka .- M.: Nauka, 1986.- 288s.

10. Petrashevskyi O.L. Kontrolno-vremennыe tochky na osy stsenaryev dostavky hruzov avtomobylnым transportom (1-ya chast) / O.L. Petrashevskyi Y.Y. Popelush, A.V. Alekseenko, S.A. Korytchuk, O.V. Semenchenko // Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk «Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo».– Kyiv, vyp.104. – 2018. –S. 86-93.

11. Petrashevskyi O.L. Yntellektualyzatsyia ynformatsyonnoho obespechenyia upravlenyia ekspluatatsyei avyatsyonnoi tekhnyky: dyss. Doktora tekhn. nauk: 629.735.083 / Petrashevskyi Oleh Lvovych // – K.: NAU – 1992. – 471 s.

УДК 004.4 **DOI:10.33744/0365-8171-2022-111-217-225**
UDC 004.4

АНАЛІЗ ДОСТУПНОСТІ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ВЕБ-ПРОДУКТУ ДЛЯ КОРИСТУВАЧІВ З ОБМЕЖЕНИМИ МОЖЛИВОСТЯМИ НА ПРИКЛАДІ HTTP://WWW.NTU.EDU.UA/

ANALYSIS OF ACCESSIBILITY AND IMPROVEMENT OF A WEB PRODUCT FOR USERS WITH LIMITED OPPORTUNITIES ON THE EXAMPLE OF HTTP://WWW.NTU.EDU.UA/



Безверхий Олександр Ігорович, *доктор фізико-математичних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри інформаційних систем і технологій, o_bezver@ukr.net, тел. +380676849131, Scopus ID:6603638908, 14067133500*

https://orcid.org/0000-0002-0834-6335



Донець Вероніка Василівна, *старший викладач кафедри інформаційних систем і технологій, Національний транспортний університет, nerik 2008@ukr.net, тел. +38093686692*

https://orcid.org/0000-0003-2353-0699

Анотація. Робота присвячена дослідженню доступності веб-продукту http://www.ntu.edu.ua/ для користувачів з обмеженими можливостями з використанням допоміжних технологій. Проведено аналіз на всіх етапах життєвого циклу розробки програмного забезпечення на доступність згідно документу «Специфікація вимог до програмного забезпечення» та згідно до WCAG3[1,2,4,6]. Проведено аналіз тестування програмного забезпечення на доступність з використанням одиного із інструментів автоматичного тестування доступності WAVE[9], паралельно з ним тестування клавіатури та програми зчитування з екрану NVDA. Проведено аналіз та надано рекомендації для усунення невідповідностей для веб-продукта http://www.ntu.edu.ua/ , згідно до вимог WCAG21[7,8].

Ключові слова: доступність, дизайн, проєктування, тестування, веб-сайт, допоміжні технології, адаптивні стратегії.

Вступ Майже кожна людина, ймовірно, в певний момент життя зазнає певну форму з обмежених можливостей – тимчасової чи постійної. Доступність означає, що всі люди можуть сприймати, розуміти, переміщатися та взаємодіяти з електронною інформацією, а також бути активними, брати участь у цифровому світі. Доступний дизайн покращує доступ до інформації в Інтернеті для людей з обмеженими можливостями та без них. Добре розроблені, доступні веб-сайти прискорюють доставку інформації та послуг. Вводити доступність потрібно вже на етапі аналізу програми, щоб вимоги які стосуються доступності були прописані в документі «Специфікація вимог до програмного забезпечення». Тоді на кожному етапі життєвого циклу розробки програмного забезпечення ми можемо контролювати та покращувати продукт на доступність для людей з обмеженими можливостями і цим покращувати зручність використання іншим користувачам.

Мета роботи: аналіз та удосконалення веб-сайту для людей з вадами зору, слуху, опорно-рухового апарату та когнітивними вадами на прикладі http://www.ntu.edu.ua/ . Продукт має бути максимально доступним із застосуванням допоміжних технологій, таких як програм зчитування з екрану, контрастних режимів відображення контенту та застосування різних допоміжних методів для вводу тексту та переміщення по продукту.

Аналіз та удосконалення продукту

Ми провели аналіз веб-сайту http://www.ntu.edu.ua/ на доступність для користувачів з обмеженими можливостями та до кожного типу невідповідності продукту до вимог WCA21 були залишені пропозиції, рішення, приклади реалізації для удосконалення продукту. Через відсутність доступу до коду вебпродукту ми наведемо приклади імплементованих рішень з amazon.com, у якого за результатами аудиту сайт відповідає на 95% до вимог доступності за WCAG21. Для тестування ми вибрали широковживану операційну систему Windows 10 та інтернет-браузер Chrome версії 101.0.4951.67.

1. Головна сторінка. 1.1. Доступність на сприйняття контенту

Почнемо наш аналіз з запуском автоматизованого онлайн інструменту оцінки веб-доступності, WAVE або AXE, та для тестування семантичної структури, рівнів заголовків, списків та елементів форм, пов'язаних із групою. Валідатор видав нам наступний «Підсумок»: • 55 помилок; • 14 помилок в рівні контрастів; • 35 попереджень • Та 40 структурних елементів, які ми також детально розглянемо. Якщо починати зверху сторінки, то перша невідповідність належить до вимоги рівня А, «3.1.1 Мова сторінки». Тобто, мова документа не визначена, не проставлене значення атрибуту , як на рисунку 1.

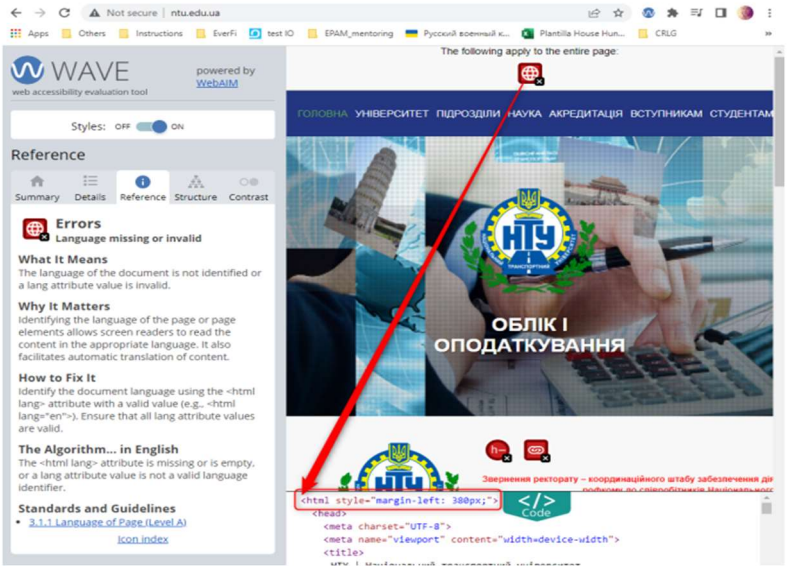


Рисунок 1 – Мова документа не визначена
Figure 1 – The language of the document is not defined

Визначення мови сторінки або елементів сторінки дозволяє програмам зчитування з екрану читати вміст відповідною мовою. Це також полегшує автоматичний переклад вмісту.

Рішення: Визначити мову документа за допомогою атрибута з дійсним значенням (наприклад), після імплементації валідатор вже ідентифікував що це не помилка, як це зображено на рисунку 2.

Інша проблема це пустий елемент, зображений на рисунку 3., якому присвоєно значення заголовку першого рівня тегом, що порушує наступні вимоги до WCAG21: • 1.3.1 Інформація та відносини (рівень А), • 2.4.1 Блоки обходу (рівень А), • 2.4.6 Заголовки та мітки (рівень АА), та посилання, яке не має контексту, і порушує іншу вимогу WCAG21 рівня А, «2.4.4 Призначення посилання (в контексті)».

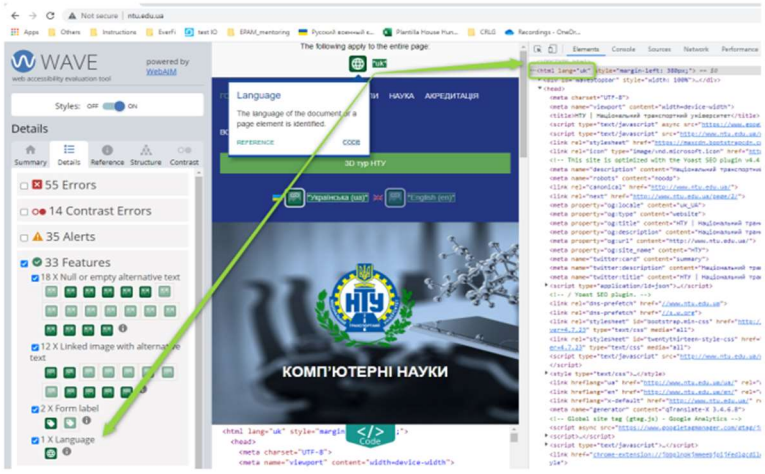


Рисунок 2 – Мова документа визначена.
Figure 2 – The language of the document is defined

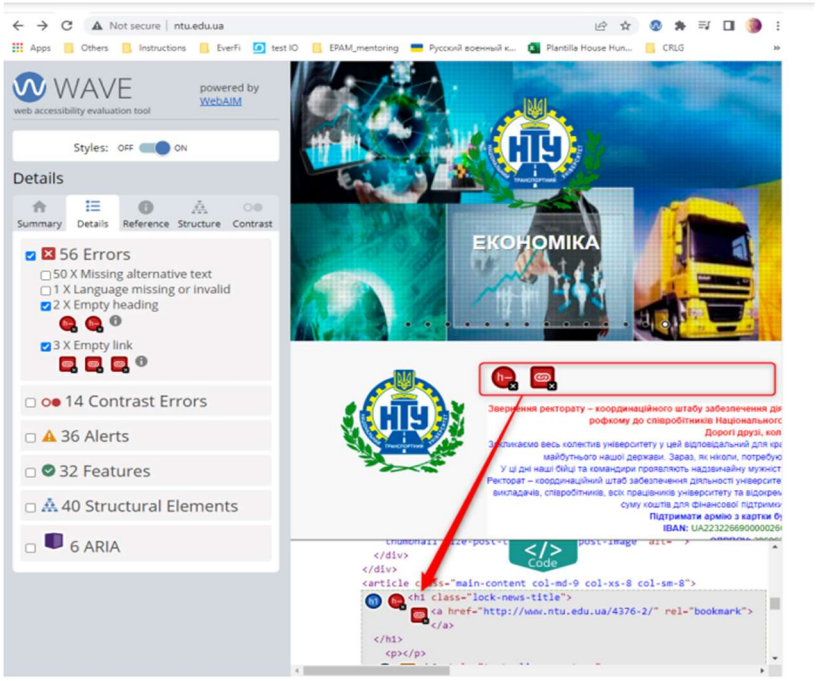


Рисунок 3 – Пустий заголовок та пуста лінка
Figure 3 – An empty header and an empty link

Розглянемо перший випадок, де порожнє посилання. Це значить, що посилання не містить тексту. Якщо посилання не містить тексту, функція або призначення посилання не буде представлено користувачеві. Це може спричинити плутанину для користувачів клавіатури та програми зчитування з екрана.

Рішення: видалити порожнє посилання або ввести текст у посиланні, який описує функції та/або ціль цього посилання. Використовуючи наступний алгоритм: елемент прив'язки має атрибут <href>, але не містить тексту (або лише пробіли) і не містить зображень з альтернативним текстом.

Розглянемо другий випадок, де заголовок не містить вмісту. Деякі користувачі, особливо користувачі клавіатури та програми зчитування з екрана, часто переміщаються за елементами заголовку. Порожній заголовок не надасть жодної інформації та може внести плутанину.

Рішення: потрібно переконатися, що всі заголовки містять інформативний вміст, а якщо ні, то потрібно видалити тег<h1>. Але зауважимо, що заголовку краще не містити посилання, бо це може

заплутати користувача з обмеженими можливостями, якщо він буде переглядати сторінку по заголовках використовуючи клавішу з клавіатури «H» при включеній програмі зчитування, він подумає, що це просто як текст, який не містить посилання. Схожа ситуація з заголовком спостерігається і для елементау /html/body/div[3]/div/div/article/h6[2] (елемент на сторінці за XPath).

1.2. Рівень контрастів

Як згадувалось раніше, «Підсумок» WAVE нам повідомив про 14 випадків дуже низького контрасту між кольорами тексту та фону, що порушує вимогу рівня А до WCAG21: «1.4.3 Контраст (мінімум) (рівень АА)». Ці невідповідності присутні в наступних елементах: • посилання «Головна»; • посилання «3D тур НТУ»; • посилання, котрим задано колір попереднього плану #FF0000; • посилання, котрим задано колір попереднього плану # #3366FF; • посилання, котрим задано колір попереднього плану #00A0F0; • заголовок рівня «МІЖНАРОДНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО». Адекватна контрастність тексту необхідна всім користувачам, особливо користувачам із слабким зором. **Рішенням** до цієї невідповідності є збільшення контрасту між кольором переднього плану (тексту) і кольором фону. Великий текст (більше 18 пунктів або 14 пунктів напівжирний) не вимагає такого контрасту, як менший текст. Присутній текст із коефіцієнтом контрастності менше 4,5:1 або великий текст (більше 18 пунктів або 14 пунктів жирним шрифтом) має коефіцієнт контрастності менше 3:1. WCAG вимагає, щоб елементи сторінки мали визначені (або успадковані) кольори як переднього плану, так і фону, які забезпечують достатній контраст. Коли текст представлено на фоновому зображенні, текст повинен мати визначений колір фону (зазвичай у CSS), який забезпечує достатній контраст тексту, коли фонове зображення вимкнено або недоступне. WAVE не визначає проблеми контрастності в тексті з прозорістю CSS, градієнтами або фільтрами.

1.3 Структура сторінки

Одною із важливих проблем, з якою зіштовхується наш користувач, це невідповідність структури заголовків, поєднанням заголовка з посиланням. Проаналізувавши структуру заголовків для нашого продукту, ми виявили низку невідповідності до вимоги WCAG21 рівня А, «1.3.1 Інформація та відносини», частину відображено на рисунках 4.4 та 4.5: • заімплементовано більше одного заголовка з тегом<h1>; • заголовки присвоєні не в логічному порядку.

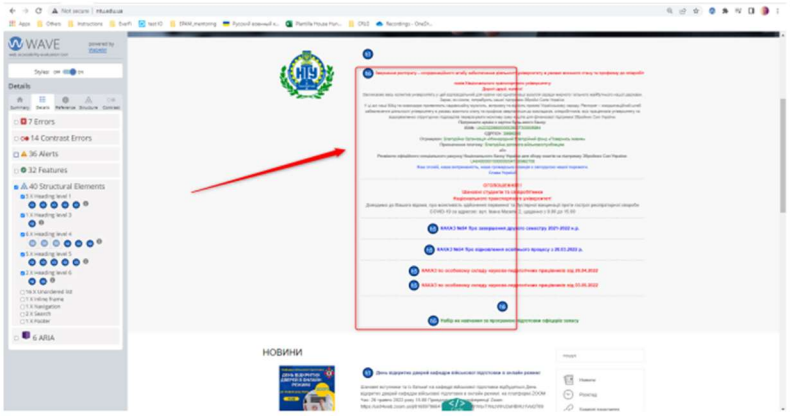


Рисунок 4 – Заголовки присвоєні не в логічному порядку
Figure 4 – Headings are not assigned in a logical order

Отже, найважливіший заголовок має перший ранг (<h1>) і він має бути єдиним на веб-сторінці. Заголовки з рівним або вищим рангом починають новий розділ, заголовки з нижчим рангом починають нові підрозділи, які є частиною розділу вищого рангу. Однією з головних причин того, що елемент <h1> має з'являтися на початку основного вмісту, є те, що користувачі програми зчитування з екрана можуть використовувати комбінації клавіш для переходу безпосередньо до першого елементу<h1>, що, в принципі, повинно дозволити їм перейти безпосередньо до основного елемента. вміст веб-сторінки. Якщо елемента <h1> немає або якщо елемент <h1> з'являється десь не на початку основного вмісту, користувачам програми зчитування з екрана доведеться прослухати додатковий вміст веб-сторінки, щоб зрозуміти структуру сторінки, витрачаючи дорогоцінний час. Пропуск рядків заголовків

може ввести в оману і його слід уникати, якщо це можливо: потрібно переконатися, що за <h2> не слід використовувати безпосередньо <h4>, наприклад. Можна пропускати ранги під час закриття підрозділів, наприклад, <h2>, що починає новий розділ, може слідувати за <h4>, оскільки він закриває попередній розділ. Розмітьте підрозділи сторінки як елементи заголовка рівня <h2> . Якщо в розділах рівня 2 є підрозділи, позначте ці розділи як елементи заголовка рівня <h3>, тощо. Все, що стоїть перед основним вмістом сторінки, взагалі не повинно бути позначено жодними заголовками, хоча це не залізне правило. Наведемо приклади імплементованих рішень з amazon.com, у якого за результатами аудиту сайт відповідає на 95% до вимог доступності за WCAG21. То ж, зверніть увагу на приклад розташування заголовків з сайту Amazon на рисунку 6.

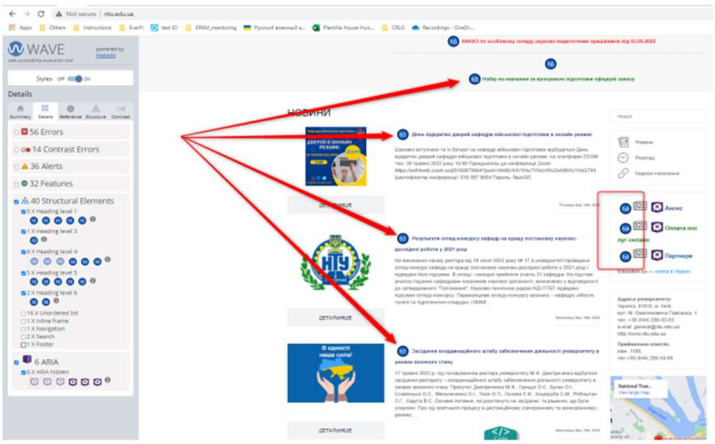


Рисунок 5 – Більше одного заголовка з тегом<h1>
Figure 5 – More than one heading with <h1> tag

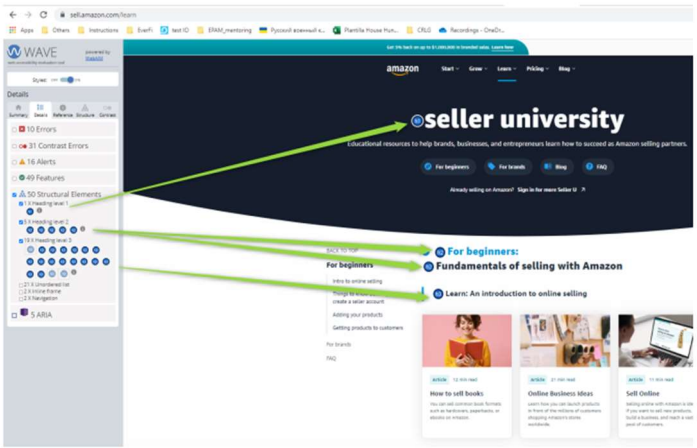


Рисунок 6 – Коректна структура заголовків
Figure 6 – Correct header structure

1.4 Навігація по інтерактивних елементах з клавіатури.

Також є вимоги для доступності клавіатури. Користувачі клавіатури повинні мати доступ до всіх елементів інтерфейсу користувача та працювати з ними (миша не потрібна). Веб-сторінка має забезпечувати чіткий, послідовний видимий індикатор фокусу, щоб користувачі клавіатури завжди могли визначити, який елемент має фокус. Отже, результат тестування показав, що користувач з обмеженими модливостями має доступ до всіх інтерактивних елементів, але ми виявили тільки одну помилку, це погано видимий або відсутній контур фокуса навігації як на рисунку 7.

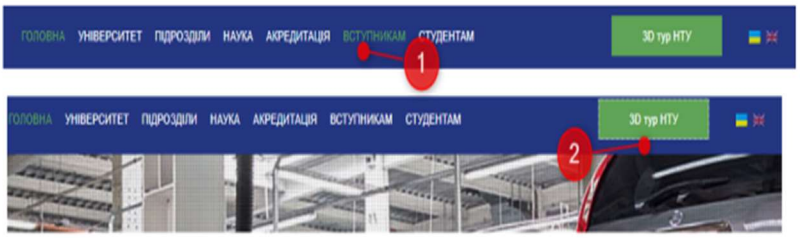


Рисунок 7 – Відсутній та погано видимий контур фокуса навігації.
Figure 7 – Missing and poorly visible navigation focus outline.

Рішенням може бути нижче наведений лістинг це CSS, який змінює колір фону для вищевказаних елементів, коли вони отримують фокус миші або клавіатури. #mainnav a:hover, #mainnav a:active, #mainnav a:focus { background-color: #DCFFFF; color:#000066; }

1.5 Зчитування з екрану

Для тестування покриття вимог до WCAG21 рівня А, «4.1.2 Назва, Роль, Значення: Для всіх компонентів інтерфейсу користувача (включаючи, але не обмежуючись: елементи форми, посилання та компоненти, створені за допомогою скриптів), ім'я та роль можуть бути визначені програмно; стани, властивості та значення, які можуть бути встановлені користувачем, можуть бути встановлені програмно; і сповіщення про зміни до цих елементів доступне для агентів користувача, включаючи допоміжні технології» ми використаємо безкоштовний і один із найпопулярніших програм зчитування з екрану – «NVDA screen reader». Як результат тестування, функціонал на веб-сторінці покритий даною вимогою максимально. Всі інтерактивні елементи, ролі та значення озвучуються згідно до вимоги WCAG21:4.1.2, як результат можна переглянути лог NVDA на рисунку 8.

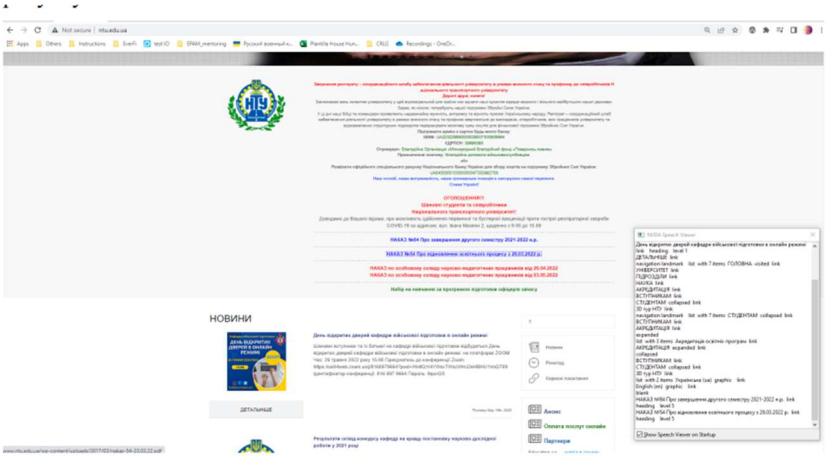


Рисунок 8 – Зчитування інтерактивних елементів
Figure 8 – Reading interactive elements

Також всі неінтерактивні елементи: заголовки, тексти та інший контент також озвучується згідно до вимоги WCAG21:4.1.2, як з використанням клавіш вниз/вверх, так і з використанням базових комбінацій клавіш, результат можна переглянути в логі NVDA на рисунку 9.

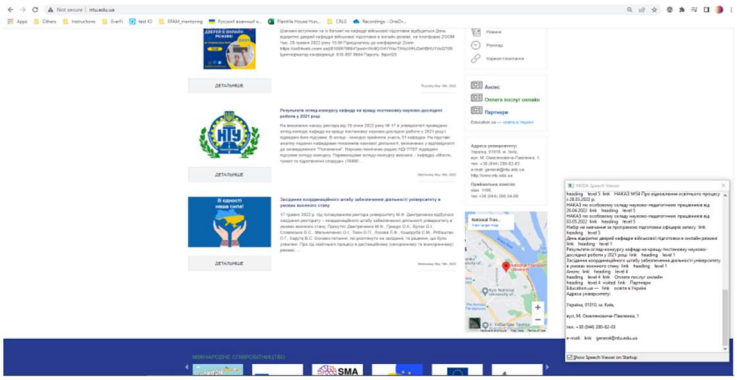


Рисунок 9 ─ Зчитування контенту в режимі браузера

Figure 9 ─ Reading content in browser mode

2. Корисна інфографіка. Медіа файли

Один із важливих та часто вживаних неінтерактивних елементів на вебсайті є картинки, заімплементовані в html з тегом . Одна із веб-сторінок на нашому продукті повністю заповнена картинками з текстом, які несуть змістовий та важливий контент для користувачів. Для перевірки картинки на доступність ми використали автоматизований інструмент оцінки веб-доступності WAVE та для перехресної перевірки зчитування з екрану – NVDA. Автоматизований валідатор відобразив результат, що для елементу присвоєно атрибут «alt =" "», тобто null, це не було б помилкою, якщо зображення несло б декоративний сенс. Але так як вся веб-сторінка присвячена зображенням з текстом, то це критична помилка, що атрибут «Alt» пустий, результат перевірки зображено на рисунку 10.

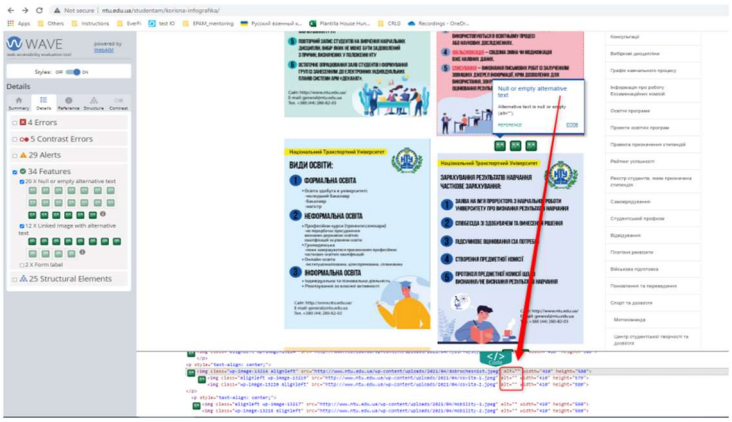


Рисунок 10 – Результат автоматизованої перевірки на доступність елемента «Alt» є скороченням «альтернативного тексту».

Figure 10 ─ The result of an automated check for the availability of the element "Alt" is short for "alternative text".

Це короткий письмовий опис зображення, який має сенс у зображенні, якщо його з якихось причин неможливо переглянути. Добре написаний альтернативний текст важливий для доступності вашого веб-сайту та його пошукової оптимізації. Результат того, як інструмент зчитування з екрану NVDA в режимі браузера, при використанні стрілок вверх/вниз, буде озвучувати нашому користувачу з обмеженими можливостями контент зображення, відображено на рисунку 11.



Рисунок 11 – Результат зчитування елемента <img> за допомогою NVDA
Figure 11 – The result of reading the <img> element using NVDA

То ж було прийнято рішення додати текст до атрибуту «Alt». Результат вище запропонованих змін перевірили за допомогою програми зчитування з екрану NVDA, і як результат, наш користувач з обмеженими можливостями вже чує що на веб-сторінці відображено зображення, які передають певний зміст, див. рисунок 12.



Рисунок 12 – Результат зчитування елемента <img> за допомогою NVDA після додавання тексту до атрибуту «alt».
Figure 12 – The result of reading the <img> element using NVDA after adding text to the "alt" attribute.

Було запропоновано декілька корисних пропозицій, це дати доступ до всіє інформації, яка відображена на зображеннях «Корисної інфографіки»: • додати текстовий весь контент із зображення під ним, в вигляді тексту; • додати весь контент із зображення до атрибуту «Alt»; • додати посилання з назвою «Більше інформації про *назва зображення*» на веб-сторінку, де в вигляді тексту прописана інформація із зображень.

Даними пропозиціями ми покрили вимогу рівня А до WCAG21, 1.1.1 «Нетекстовий вміст: Весь нетекстовий вміст, який надається користувачеві, має текстову альтернативу, яка служить еквівалентній меті, за винятком ситуацій, наведених нижче». Незважаючи на те, що це одна з найбільших проблем, які впливають на доступність Інтернету, ми продовжуємо бачити різні та неправильні методи впровадження альтернативного тексту в Інтернеті. Якби спільнота розробників могла повністю прийняти еквівалентний альтернативний текст, Інтернет був би набагато доступнішим місцем!

Висновки

1. На всіх етапах життєвого циклу розробки програмного забезпечення потрібно працювати над доступністю. Документ «Специфікація вимог до програмного забезпечення» потрібно відразу оформлювати згідно до WCAG3 з самоо першого етапу аналізу програмного забезпечення. 2. Для тестування програмного забезпечення на доступність потрібно використовувати один із інструментів автоматичного тестування доступності WAVE, паралельно з ним клавіатуру та програму зчитування з

екрану NVDA. 3. Проведено аналіз, на доступність веб-продукту http://www.ntu.edu.ua/ для користувачів з обмеженими можливостями з використанням допоміжних технологій. 4. Надано рекомендації для усунення невідповідностей для веб-продукту http://www.ntu.edu.ua/, згідно до вимог WCAG21.

Перелік посилань

1. https://visuresolutions.com/uk/software-requirement-specification-srs-tips-template/
2. Вигерс К.И. Розробка вимог до ПЗ. – М.: Російська редакція Microsoft, 2004. – 575 с.
3. Guckkenheimer S., Peter J. Software Engineering With Microsoft Visual Studio. Team System. – Adison Wesley, 2006. – 273 p.
4.http://baklaniv.at.ua/ANALIZ_VYMOG/lekcija_1-2.pdf
5.https://artsandculture.google.com/?hl=uk
6.WCAG Compliance - Web Accessibility Tester - siteimprove.com
7.Digital Guide to WCAG & EAA - Free Web Accessibility Guide - https://www.crownpeak.com/
8.Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2 Level AA ...https://www.w3.org › WAI
9.Проверка доступности сайта: обзор инструментов для accessibility testing - https://dou.ua/

ANALYSIS OF ACCESSIBILITY AND IMPROVEMENT OF A WEB PRODUCT FOR USERS WITH LIMITED OPPORTUNITIES ON THE EXAMPLE OF HTTP://WWW.NTU.EDU.UA/

Bezverkhy Oleksandr I., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, National Transport University, Professor of the Department of Information Systems and Technologies, o_bezver@ukr.net, tel. +380676849131, https://orcid.org/0000-0002-0834-6335, Scopus ID: 6603638908, 14067133500
Donets Veronika V., National Transport University, senior lecturer of the Department of Information Systems and Technologies, nerik 2008@ukr.net, tel. +38093686692, https://orcid.org/0000-0003-2353-0699

Abstract. The work is devoted to researching the accessibility of the web product http://www.ntu.edu.ua/ for users with disabilities using assistive technologies. An analysis was carried out at all stages of the software development life cycle for accessibility according to the document "Specification of requirements for software" and according to WCAG3[1,2,4,6]. An analysis of software accessibility testing was conducted using one of the WAVE[9] automatic accessibility testing tools, along with keyboard and NVDA screen reader testing. The analysis was carried out and recommendations were made to eliminate inconsistencies for the web product http://www.ntu.edu.ua/, in accordance with the requirements of WCAG21[7,8].

Key words: accessibility, design, engineering, testing, website, assistive technology, adaptive strategies.

Referens

1. https://visuresolutions.com/uk/software-requirement-specification-srs-tips-template/.
2.Vigers K.I. Development of software requirements.- M.:Russian edition of Microsoft, 2004. - 575p. [in Ukrainian].
3. Guckkenheimer S., Peter J. Software Engineering With Microsoft Visual Studio. Team System. – Adison Wesley, 2006. – 273 p. [in English].
4.http://baklaniv.at.ua/ANALIZ_VYMOG/lekcija_1-2.pdf
5.https://artsandculture.google.com/?hl=uk
6.WCAG Compliance - Web Accessibility Tester - siteimprove.com
7.Digital Guide to WCAG & EAA - Free Web Accessibility Guide - https://www.crownpeak.com/
8.Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2 Level AA ...https://www.w3.org › WAI
9.Website accessibility check: overview of accessibility testing tools - https://dou.ua/. [in Russian].

УДК 004.4
UDC 004.4

DOI:10.33744/0365-8171-2022-111-226-233

ТИПОВІ ОСОБЛИВОСТІ АРХІТЕКТУРИ ОДНОСТРІНКОВИХ КРОСПЛАТФОРМЕНИХ ВЕБ ДОДАТКІВ

TYPICAL FEATURES OF THE ARCHITECTURE OF ONE-PAGE CROSSPLATFORM WEB APPLICATIONS



Безверхий Олександр Ігорович, *доктор фізико-математичних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри інформаційних систем і технолоій, o_bezver@ukr.net, тел. +380676849131, Scopus ID:6603638908, 14067133500*

https://orcid.org/0000-0002-0834-6335



Куценко Олександр Іванович, *Національний транспортний університет, аспірант кафедри інформаційних систем і технолоій, alexkutsenko95@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0003-0047-4874



Шкабура Олександр Юрійович, *Національний транспортний університет, аспірант кафедри інформаційних систем і технолоій, ashkabura@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0002-3335-066X

Анотація. Робота присвячена дослідженню розробки односторінкових веб-додатків, елементів архітектури, популярних шаблонів проектування, інструментів, мов програмування та фреймворків. Під час роботи були розглянуті існуючі односторінкові вебдодатки, детально досліджено одну з бібліотек Reakt, яка наразі є дуже ефективною та популярною. Для управління станом данних та станом інтерфейса в джаваскріпт додатках застосовується інструмент Redux, він підходить для односторінкових додатків. Проаналізовані недоліки та переваги концепції односторінкових веб-додатків у порівнянні з традиційним веб-сайтом та нативним додатком. Розроблені рекомендації що до створення додатків.

Ключові слова: односторінковий веб-додаток, нативний додаток, ДжаваСкріпт, Реакт, шаблони проектування.

Вступ Сьогодні веб-технології розвиваються дуже стрімко. Open-sourse відкриває для програмування безмежні можливості. Кроссплатформеність та доступність веб сайтів роблять їх дуже привабливими для людей. Розвиток веб технологій сьогодні дозволяє будувати не лише веб сайти у звичайному сенсі цього слова, коли сайт складається зі сторінок, а й однострінкові веб-сервіси які можна називати повноцінними додатками. Такі веб-сервіси вже становлять значну конкуренцію нативним додаткам, що змушує розробників створювати онлайн версії популярних додатків.

Односторінковий веб-додаток (SPA) – це клієнтська (front-end) концепція веб-сайту, що робить його схожим на звичайний додаток, зберігаючи при цьому всі переваги повноцінного веб-сайту. Ідея SPA не нова, вона почала з'являтися як тільки з'явилися JavaScript та AJAX й веб-сайти почали набувати динаміки будучі вже не лише статичними сторінками. Мабуть кожному розробнику сайтів рано чи пізно приходили в голову ідеї про сайт-додаток, який завантажується лише один раз, а все інше відбувається за рахунок скриптів та асинхронних запитів. Проте об'єм роботи, який треба було зробити не був вартий цього, адже для створення веб-сайту за концепцією SPA треба прикласти значних зусиль. Полегшити розробку такого виду сайтів допоможе використання безліч технологій, фреймворків й інструментів, що були для цього розроблені в останній час. Використовуючи ці технології можна будувати чудові веб-додатки витрачаючи на це час порівняний з часом, необхідним на розробку традиційного нативного додатку.

Метою даної роботи є збір теоретичних відомостей про концепцію односторінкового веб-додатку 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, набуття практичних навичок у створенні односторінкового вебдодатку з використанням одного з фреймворків.

1. Огляд концепції односторінкового веб-додатку

Розглянемо звичайний, традиційний сайт, наприклад Wikipedia[8]. Відкриваючи статтю користувач чекає поки браузер зв'яжиться з сервером й останній обробить його запит. Потім браузер підвантажує різні ресурси необхідні для відображення сторінки, паралельно відтворюючі ті, що вже завантажились. Під час цього процесу користувач бачить як елементи сторінки скачуть й мерехтять, перераховуючи місце необхідне під зображення та блоки, що підвантажились пізніше. В залежності від пропускної здатності мережі та завантаженості сервера цей процес може тривати доволі довго, дратуючи користувача. Коли користувач захоче переглянути іншу статтю, відредагувати цю, або зробити ще якісь дії на цьому сайті, його чекає перезавантаження сторінки за новим URL. Частина ресурсів буде кешована браузером й завантаження нової сторінки має пройти швидше, але всі недоліки даного процесу прибрати все одно не вдасться.

Так працює більшість сайтів в інтернеті. Але з моменту створення Web пройшло багато років й багато змін, з'явилось багато технологій, JavaScript, AJAX та інші, сайти почали набувати інтерактивності й бути чимось більшим ніж просто сторінками. Зараз розробники мають достатньо технологій, щоб змінити поведінку традиційного сайту й зробити його схожим на нативний додаток операційної системи. Для цього всі зміни на сторінці веб-сайту роблять за допомогою скриптів, а запити до сервера використовують AJAX. Відкриваючи такий сайт користувачу доводиться лише раз завантажити його сторінку, а зміни на сторінці, які не потребують нових даних, виконуються швидше, оскілки не чекають обробки запитів на сервері. Така концепція веб-сайту отримала назву односторінковий додаток (Single Page Application). Все більше й більше нових сайтів створюють саме такими.

Отже, незважаючи на назву, суть концепції односторінкового додатку полягає не в обмеженні сторінок веб-сайту, а в наданні сайту відчуття нативного додатка, шляхом позбавлення перезавантажень й перенесенні відтворюючої логіки з сервера до клієнта, тим самим зменшуючи залежність роботи сайту від сервера, інтернет з'єднання, а найголовніше швидкості роботі на сайті.

2. Порівняння з традиційним веб-сайтом та нативним додатком

Концепція односторінкового додатку виглядає дуже привабливо, проте вона теж має певні недоліки та переваги.

Переваги односторінкових додатків:

1. Насичений функціоналом інтерфейс
2. Швидка реакція інтерфейсу, завдяки відсутній необхідності звертатися до серверу при кожній дії.
3. Значне зменшення навантаження на сервер.
4. Значне спрощення логіки та складності серверу.

5. Схожість додатків з нативними додатками операційної системи.

6. Підвищення навантаження на клієнт завдяки великої кількості JavaScript , зараз навіть у дешевих гаджетах 8 ядерні процессори.

7. Адаптивне відображення на мобілних єкранах.

Недоліків немає.

Нативні додатки це те, на що намагається бути схожим односторінковий веб-додаток, тобто те до чого він прагне. Справедливо буде поставити питання «Чому не створити справжній нативний додаток?». Справа в тому, що нативні додатки також мають свої недоліки. Односторінковий веб-додаток намагається перейняти найкраще від обох, веб-сайту й нативного додатку та адоптивно відображатися за вашого мобільного девайся (телефон планшет і тд…).

Однак, в певних випадках, використання звичайного нативного додатку все ще може бути вигіднішим, або й навіть необхідним. Порівняємо їх недоліки й переваги.

Переваги односторінкових веб-додатків:

1. Багатоплатформність.
2. Відсутність необхідності встановлення.
3. Не займає місце на жорсткому диску.
4. Можливість віддалених розрахунків.

Переваги нативних додатків:

1. Вільність у вибору мов програмування та інтерфейсів.
2. Продуктивність нативного коду.
3. Використання нативних можливостей платформи.
4. Доступ до будь якого обладнання комп’ютера.
5. Незалежність від інтернет з’єднання.

Таблиця 1 – Порівняння традиційного веб-сайту, односторінкового веб-додатку та нативного додатку.
Table 1 – Comparison of a traditional website, a one-page web application and a native application.

	Веб-сайт	Односторінковий веб-додаток	Нативний додаток
Чутливість інтерфейсу	- маленька	+ велика	+ велика
Встановлення	+ не потрібно	+ не потрібно	- потрібно
Місце на ПЗУ	+ не потрібно	+ не потрібно	- потрібно
Інтернет з’єднання	--дуже потрібно	- потрібно	+ не потрібно
Наявність серверу	--дуже потрібно	- потрібно	+ не потрібно
Навантаження на клієнт	+ середнє	- велике	+ середнє
Доступ до обладнання клієнта та можливостей платформи	- не має	- не має	+ є
Багатоплатформність	+ чудова	+ чудова	- погана
Гнучкість у вибору мови й інструментів розробки	- погана	- погана	+ гарна

3. Бібліотека для відображення React

React – відкрита JavaScript-бібліотека для створення інтерфейсів користувача, яка покликана вирішувати проблеми часткового оновлення вмісту веб-сторінки, з якими стикаються в розробці односторінкових застосунків[1,2]. Розробляється Facebook, Instagram і спільнотою індивідуальних розробників.

React дозволяє розробникам створювати великі веб-застосунки, які використовують дані, котрі змінюються з часом, без перезавантаження сторінки. Його мета полягає в тому, щоб бути швидким, простим, масштабованим. React обробляє тільки користувацький інтерфейс у застосунках. Це відповідає видові у шаблоні модель-вид-контролер (MVC), і може бути використане у поєднанні з іншими JavaScript бібліотеками або в великих фреймворках MVC, таких як AngularJS. Він також може бути використаний з React на основі надбудов, щоб піклуватися про частини без користувацького інтерфейсу побудови веб-застосунків[3].

В даний час React використовують Khan Academy, Netflix, Yahoo, Airbnb, Sony, Atlassian та інші..

React підтримує віртуальну реальність у браузері. Віртуа́льна реа́льність (англ. Virtual reality) – різновид реальності в формі тотожності матеріального й ідеального, що створюється та існує завдяки іншій реальності. В вужчому розумінні — ілюзія дійсності, створювана за допомогою комп'ютерних систем, які забезпечують зорові, звукові та інші відчуття. На React також можна писати кроссплатформені додатки які однаково відкриваються на Android та IOS

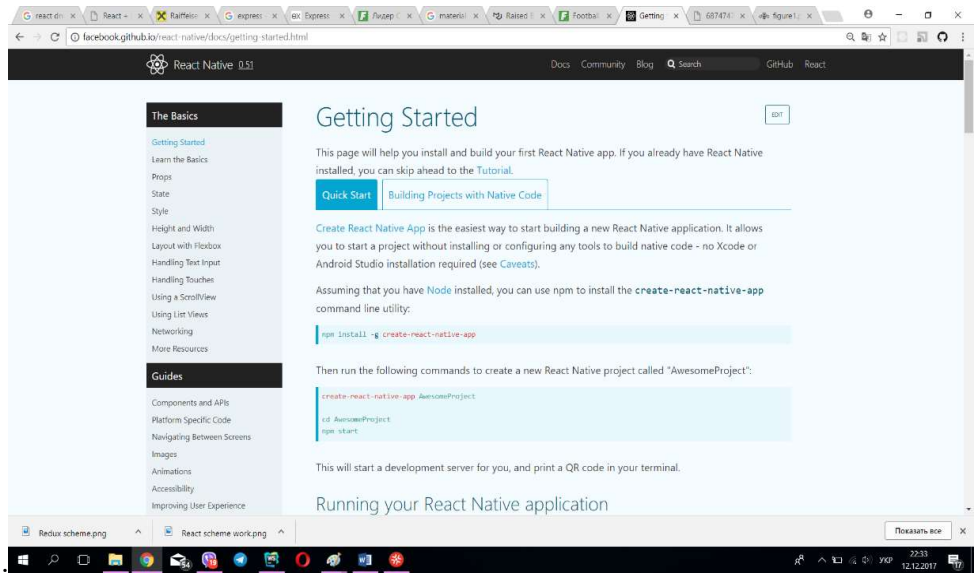


Рисунок 1 – Сайт з офіційної документації створений компанією Facebook
Figure 1 – The site from the official documentation was created by Facebook

Основні особливості:

1. Одностороння передача данних: Властивості передаються в рендерер компоненту, як властивості html тега. Компонент не може напряму змінювати властивості, що йому передані, але може їх змінювати через callback функції. Такий механізм називають «властивості донизу, події нагору».

2. Підтримує віртуальний DOM, а не покладається виключно на DOM браузера. Це дозволяє бібліотеці визначити, які частини DOM змінилися, порівняно (diff) зі збереженою версією віртуального DOM, і таким чином визначити, як найефективніше оновити DOM браузера. Таким чином програміст працює зі сторінкою, вважаючи що вона оновлюється вся, але бібліотека самостійно вирішує які компоненти сторінки треба оновити

3. Компоненти React зазвичай написані на JSX. Код написаний на JSX компілюється у виклики методів бібліотеки React. Розробники можуть так само писати на чистому JavaScript або ES6+. JSX нагадує іншу мову, яку створили у компанії Фейсбук для розширення PHP, XHP. Представлення з декларативною обробкою подій

4. Може використовуватись не лише для рендерингу HTML в браузері. Наприклад, Facebook має динамічні графіки які рендеряться в теги <canvas>, Netflix та PayPal використовують ізоморфне завантаження для рендерингу ідентичного HTML на сервері та клієнті.

Для організації клієнтської маршрутизації в React існує бібліотека react-router , такою є redux-router для зберігання маршрутизації в Redux. Вона досить легка для написання і не потребує особливого пояснення на мій погляд.

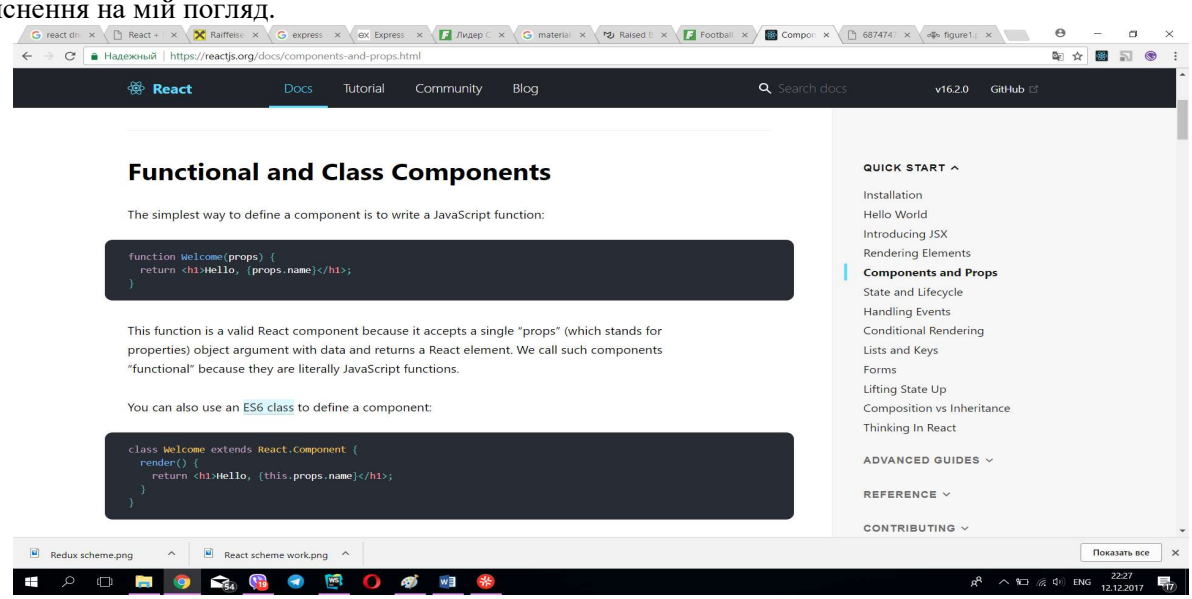


Рисунок 2 – Компоненти React
Figure 2 – React components

Веб-додаток React складається з компонентів. Є 2 види компонентів: функціональні

```
function Hello(name = Eugene) {
  return <h1>Привет, `${name}`</h1>;
}
```

та класові.

```
class Hello extends React.Component {
  constructor(props) {
  super(props);
  this.state = {
    color: props.initialColor
  };
}
render() {
    return <h1>Привет, Eugene</h1>;  }}
```

В класових компонентах є стейт (стан) , методи , констркутор , в функціональних тільки параметри. Стейт можна змінювати та передавати через проперті в дочірній компонент. У React немаю автобінду , тому кожен метод треба прибінджувати вручну.

Компоненти можуть використовувати інші компоненти як дочірні, складаючи зручну ієрархію елементів додатку. Зв'язування так само працюють й між батьківськими та дочірніми компонентами.

У React також є проп тайпи , там можна відстежувати типи обьектів які передаються до компонента (Метод , масив , moment , date , func etc….)

Для кращого відображення компонента у React створили звичані методи для маніпулювання ним.

Component Will Mount , Component Did Mount , Component Did Catch , componentWillReceiveProps , componentWillUnmount, shouldComponentUpdate. Ці методи

створенні для того щоб повністю контролювати процесс перемальовки компонента та досягнення максимальної продуктивності .

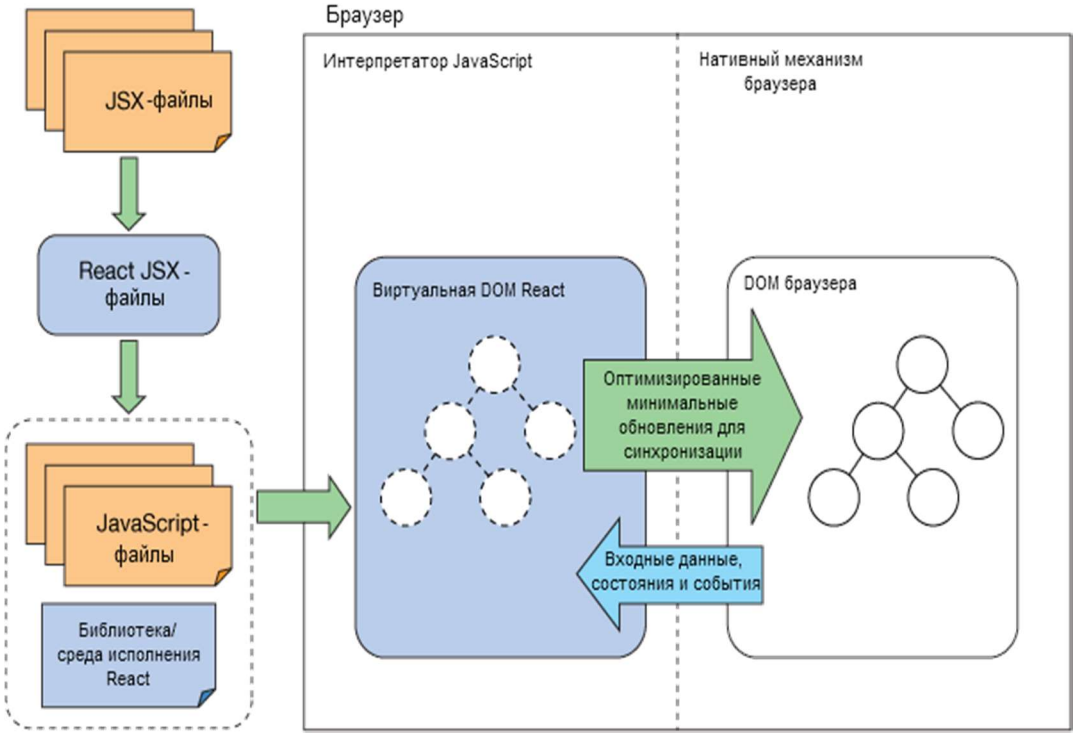


Рисунок 3 – Прицип роботи бібліотеки React
Figure 3 – The principle of the React library

Для зберігання стану використовуется бібліотека Redux (наприклад для локалізації , маршрутизації та інш).

Redux – це інструмент для управління станом данних та станом інтерфейса в джаваскріпт додатках[4,5]. Він підходить для односторінкових додатків. Його використовують для того щоб не передавати React стани через проперті через то що це робить код поганим та веде до спагетті коду. Місце зберігання відбувається в обьекті (store) та міняются через спеціальні методи (actions).Після зміну стану Редакс повністью перемальовуеться тому що він є незмінним обьектом. Дані зберігаються у форматі JSON. Зміни робляться за допомогою Диспатчера.

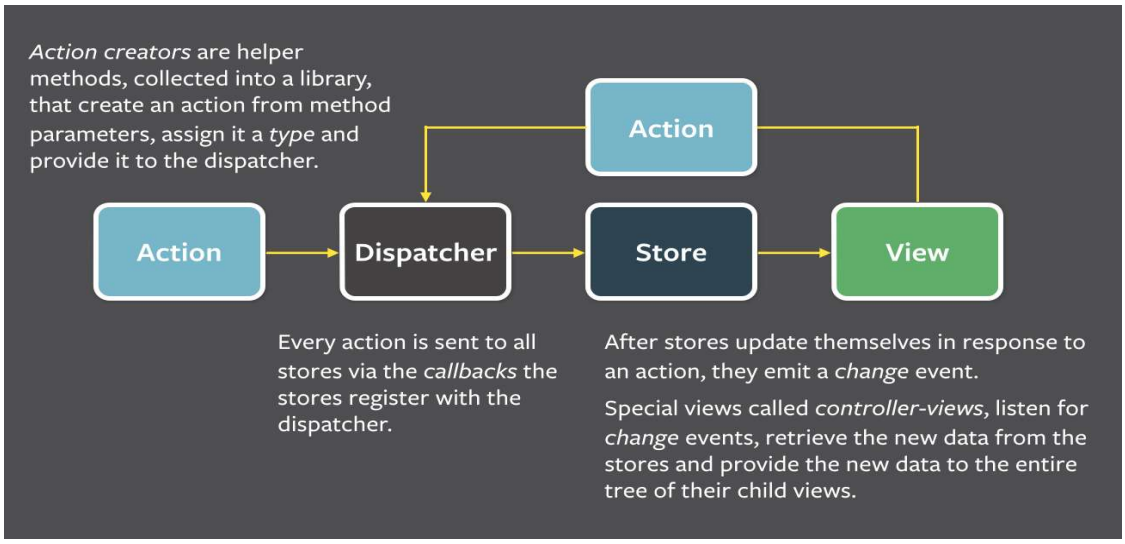


Рисунок 4 – Принцип роботи бібліотеки Redux
Figure 4 – The principle of the Redux library

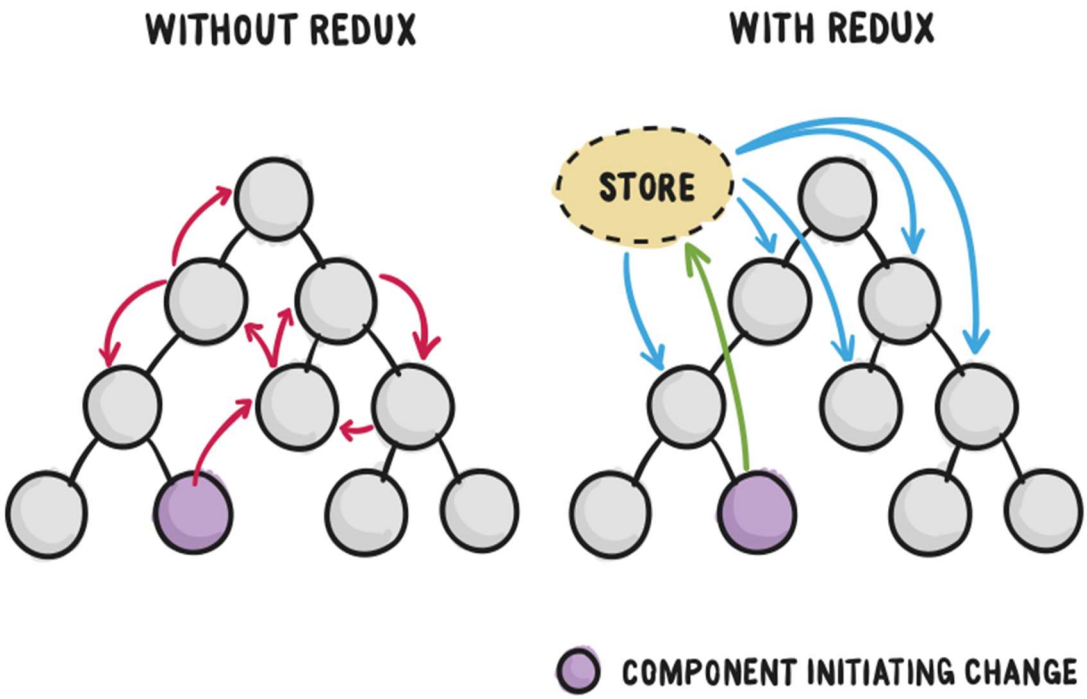


Рисунок 5 – Принцип роботи бібліотеки Redux
Figure 5 – The principle of the Redux library

Висновки

В роботі, було детально досліджено популярну сьогодні концепцію веб-сайту “односторінковий додаток” та ключові елементи що її складають, наведені приклади сучасних односторінкових додатків. Проаналізувавши недоліки та переваги концепції у порівнянні з традиційним веб-сайтом та нативним додатком було встановлено, що на сьогодні нативні додатки мають перевагу у продуктивності, мережевою незалежності та більших можливостях. Односторінкові веб-додатки в свою чергу мають переваги в багатоплатформності й відсутній необхідності встановлення.

Однак у майбутньому межі між ними будуть все більш розмиватися. Також було встановлено що концепція проста й була придумана вже давно, проте набула популярності тільки нещодавно, оскільки з’явились інструменти, фреймворки та технології що дозволяють значно зменшити великий об’єм що необхідний для реалізації даної концепції та значно спростити процес розробки.

Досліджені типові особливості архітектури односторінкового веб-додатку відображують тенденцію до адаптації вже відомих шаблонів проектування та рішень що використовуються при розробці нативних додатків. Це ще раз підкреслює мету концепції односторінкових вебдодатків, що полягає у надаванні веб-сайтам властивостей нативних додатків.

Встановлено, що архітектура односторінкового додатку має певні необхідні елементи, проте велика кількість підходів не дозволяють створити єдиний правильний варіант. Вибір технології, архітектурних рішень та підходів дуже залежить від задач які буде вирішувати додаток та його складності.

Підсумовуючи можна сказати що концепція односторінкових додатків має значні переваги і гарну перспективу розвитку у майбутньому. Це підтверджується значним використанням її при створенні нових веб-сайтів та великою кількістю існуючих. Кількість інструментів, фреймворків та технологій основним використанням яких є розробка односторінкових веб-додатків швидко росте. Це суттєво спрощує створення нових додатків, проте створення великого додатку сьогодні все ще залишається складною задачею.

Перелік посилань

1. https://reactjs.org/ Офіційний сайт React
2.https://codeguida.com/post/3084
3.https://habr.com/ru/company/kts/blog/598571/
4. https://redux.js.org/docs/introduction/ Офіційний сайт Redux
5.https://hawkingbros.com/article/redux-i-vse-vse-vse
6.https://smile-ukraine.com/ua/mobile-apps/mobile-apps-types
7. http://expressjs.com/ru/ Офіційний сайт сервера Експреса
8. https://uk.wikipedia.org/ Офіційний сайт Вікіпедії

TYPICAL FEATURES OF THE ARCHITECTURE OF ONE-PAGE CROSSPLATFORM WEB APPLICATIONS

Bezverkhy Oleksandr I., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, National Transport University, Professor of the Department of Information Systems and Technologies, o_bezver@ukr.net, tel. +380676849131
ORCID: 0000-0002-0834-6335, Scopus ID: 6603638908, 14067133500
Kutsenko Alexander I., National Transport University, graduate student of the Department of Information Systems and Technologies, alexkutsenko95@gmail.com,
ORCID: 0000-0003-0047-4874
Shkabura Oleksandr Yu., National Transport University, graduate student of the Department of Information Systems and Technologies, ashkabura@gmail.com

Abstract. The work is devoted to the study of the development of one-page web applications, architectural elements, popular design templates, tools, programming languages and frameworks. During the work, the existing one-page web applications were reviewed, and one of the Reakt libraries, which is currently very effective and popular, was studied in detail. To control the state of the data and the state of the interface in javascript applications, the Redux tool is used, it is suitable for single-page applications. The disadvantages and advantages of the concept of one-page web applications in comparison with the traditional website and the native application are analyzed. Developed recommendations for creating applications.

Key words: one-page web application, native application, web application, JavaScript, React, design patterns.

Referens

1. https://reactjs.org/ Official site of React
2.https://codeguida.com/post/3084
3.https://habr.com/ru/company/kts/blog/598571/
4. https://redux.js.org/docs/introduction/ Official site of Redux
5.https://hawkingbros.com/article/redux-i-vse-vse-vse
6.https://smile-ukraine.com/ua/mobile-apps/mobile-apps-types
7. http://expressjs.com/ru/ Official site of the Express server
8. https://uk.wikipedia.org/ Official site of Wikipedia

УДК 331.461 **DOI:10.33744/0365-8171-2022-111-234-240**
UDC 331.461

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ З ПОКРАЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ НА ОСНОВІ СУЧАСНИХ МІЖНАРОДНИХ СТАНДАРТІВ

MODELING PROCESSES TO IMPROVE OCCUPATIONAL SAFETY ON THE BASIS MODERN INTERNATIONAL STANDARDS



Дерегуз Ігор Андрійович, *Національний транспортний університет, Київ, Україна, derehuz@ukr.net, :*

http://orcid.org/0000-0003-3119-3709



Кульбовський Іван Іванович, *кандидат технічних наук, Державний університет інфраструктури і технологій, м. Київ, Україна, kulbovskiy@ukr.net,*

http://orcid.org/0000-0002-5329-3842



Мельниченко Олександр Іванович, *кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, melnichenko@ntu.edu.ua,*

http://orcid.org/0000-0001-9694-9824



Сорочинська Олена Леонідівна, *кандидат історичних наук, Державний університет інфраструктури і технологій, м. Київ, Україна, ellena06.84@ukr.net,*

http://orcid.org/0000-0003-2477-1275



Харута Віталій Сергійович, *кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, kharuta_vitaliy@ukr.net,*

http://orcid.org/0000-0002-8897-7558

Анотація. В статті досліджуються способи та шляхи покращення і вдосконалення на підприємствах України системи управління безпекою праці за допомогою сучасних міжнародних стандартів. Проведено детальний аналіз нового міжнародного стандарту ISO 45001 з безпеки, а також запропоновано модель з покращення системи управління охороною праці на підприємстві.
Об'єкт дослідження – міжнародні стандарти з системи управління професійною безпекою та здоров'ям.
Мета роботи – аналіз впровадження нового міжнародного стандарту з професійної безпеки з розробкою нової моделі управління безпекою праці на підприємстві.
Методи дослідження – аналітичний.

Якісне управління охороною праці на підприємствах є одним із пріоритетних напрямків діяльності підприємств з метою зменшення виробничого травматизму, покращення стану умов праці, та мікроклімату на підприємстві. З метою ефективного управління охороною праці на підприємствах авторами статті пропонується впровадження нової моделі управління системою безпеки праці відповідно до міжнародного стандарту ISO 45001. Дослідження полягають у визначенні правильного підходу до організації системи охорони праці на підприємствах України за допомогою застосування сучасних міжнародних стандартів з управління професійною безпекою та здоров'ям, моделювання процесів з покрашення стану охорони праці на підприємствах
Результати досліджень можуть бути рекомендовані до впровадження у систему управління безпекою праці на підприємствах України.

Ключові слова: міжнародні стандарти, модель, охорона праці, безпека праці, поліпшення умов охорони праці, система управління охороною праці.

Постановка проблеми. Співпраця України з Міжнародною організацією праці передбачає приведення вітчизняних стандартів та нормативно-правових актів з безпеки праці до міжнародних вимог і норм. В зв'язку з цим, українські підприємства постійно контролюють своєчасне введення в структуру управління своїх підприємств нових міжнародних стандартів, правил і норм з безпеки праці, управлінням ризиками. Одним з найочікуваних змін в управління безпекою праці працівників є введення нового міжнародного стандарту ISO 45001 «Системи управління професійною безпекою та здоров'ям. Вимоги та настанови до застосування».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Актуальність проблеми впровадження міжнародних стандартів з безпеки праці і управління ризиками на підприємствах України розглядалася в роботах таких науковців, як В.С. Венедіктов, В.П. Грохольський, М.І. Іншин, М.М. Клемпарський, К.Ю. Мельник, С.М. Волошина, Н.Данько, К. Теличко та інші

Мета статті − мета та задачі дослідження полягають у визначенні правильного підходу до організації системи охорони праці на підприємствах України за допомогою застосування сучасних міжнародних стандартів з управління професійною безпекою та здоров'ям, моделювання процесів з покрашення стану охорони праці на підприємствах.

Виклад основного матеріалу. Вивчення й вирішення проблем, пов'язаних із забезпеченням здорових і безпечних умов, у яких відбувається праця людини − одне з найбільш важливих завдань у розробці нових технологій і систем виробництва. Дослідження й виявлення можливих причин виробничих нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів, пожеж, і розробка заходів і вимог, спрямованих на усунення цих причин дозволяють створити безпечні й сприятливі умови для праці людини. Комфортні й безпечні умови праці − один з основних факторів, який впливає на продуктивність і безпеку праці, здоров'я працівників.

Останніми роками охорона праці перебуває на етапі кардинальних перетворень. Багато підприємств проявляють зацікавленість щодо використання моделі управління охороною праці, що передбачає взаємну соціальну й економічну відповідальність бізнесу і працівників у процесі забезпечення безпечних умов праці з метою підвищення ролі соціального партнерства в створенні здорового психологічного клімату на підприємстві та максимізації добробуту як окремого працівника, так й організації в цілому.

Серед категорій, за допомогою яких прийнято характеризувати підприємство, звичайно виділяють економічні й технологічні показники. Однак, вони займають провідне положення лише в тому випадку, якщо дотримано основну умову діяльності підприємства як суб'єкта господарювання − забезпечується безпека виробничих процесів і трудової діяльності індивіда.

Незадовільний стан охорони праці на підприємстві призводить до гальмування економічного та соціального прогресу країни в цілому. За підрахунками експертів Міжнародної організації праці збитки унаслідок нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань складають 4 % від світового валового внутрішнього продукту (ВВП). Таким чином, вдосконалення системи охорони праці є одним з актуальних питань на рівні як держави, так і окремого підприємства, компанії.

Управління охороною праці на підприємстві − це сукупність дій службових осіб, що здійснюються на підставі постійного аналізу інформації про стан охорони праці на всіх робочих місцях для поліпшення та підтримання його на певному рівні відповідно до законодавчих та нормативних актів [1].

Інтеграція України у європейське співтовариство, проведення ринкових реформ – все це обумовило не тільки удосконалення діючих правових норм, а й створення зовсім нових, що відповідність світовим стандартам та вимогам. Ці стандарти, як і вся чинна міжнародна правнича система, будуються перш за все на принципах охорони та захисту прав людини і громадянина [2].

Питання з охорони праці є одним з найважливіших на сучасному етапі життя нашого суспільства, у період коли роботодавці ставлять для себе основним завданням як найшвидше й з мінімальним вкладенням засобів отримати найбільший прибуток, мало уваги приділяється, а часом і взагалі ігноруються вимоги безпеки праці, що негативно відбивається на працівниках [3].

На допомогу керівникам підприємств для забезпечення якісного управління охороною праці приходить новий міжнародний стандарт ISO 45001 «Системи управління професійною безпекою та здоров'ям. Вимоги та настанови до застосування», який введений в дію у 2018 році [4].

ISO 45001 – це міжнародний стандарт, який встановлює вимоги до систем менеджменту охорони праці та техніки безпеки він дозволяє організації мати контроль та знання про всі відповідні небезпеки, які виникають в результаті нормальної роботи та непередбачуваних ситуацій, та підвищувати свою продуктивність.

ISO 45001 – це стандарт ISO, який замінює стандарт OHSAS 18001. ISO 45001 був розроблений, для того щоб бути повністю сумісним з іншими стандартами, такими як ISO 9001:2015 та ISO 14001:2015. Цей стандарт пропонує новий підхід до визначення ризиків, професійного здоров'я та концепції робочого місця та робітника. ISO 45001 надає управління безпекою на всі сфери діяльністю організації.

Впровадження ISO 45001 являється стратегічним та операційним рішенням, яке дозволяє отримати безліч переваг:

– скоротити кількість травм, проблем зі здоров'ям та смертельних випадків в виробничій практиці;

– належна розробка та розповсюдження політики в сфері охорони праці та техніки безпеки з чітким управління зі сторони керівництва, а також зобов'язання дотримуватися діючого законодавства;

– підвищення репутації організації;

– більш точне визначення цілей організації в сері охорони праці та техніки безпеки;

– більш мотивовані співробітники, активізація консультацій та участі в зборах по охороні праці;

– чітке управління зі сторони керівництва, а також дотримання системи менеджменту техніки охорони праці та техніки безпеки;

– покращення контролю над ризиками, а також показників та результатів в сфері охорони праці та техніки безпеки.

Роботодавець повинен продемонструвати свої безумовні керівництво та схильність до діяльності з охорони праці в організації і організувати систему управління охороною праці.

Небезпеки та ризики для безпеки та здоров'я працівників повинні бути ідентифіковані та оцінені. Попереджувальні заходи повинні бути здійсненні у такому порядку пріоритетності:

– усунення небезпеки ризику;

– обмеження небезпеки/ризику у його джерелі формування шляхом використання технічних засобів колективного захисту або організаційних заходів;

– мінімізація небезпеки/ризику шляхом проектування безпечних виробничих систем, включаючи заходи адміністративного обмеження сумарного часу контакту з шкідливими виробничими факторами [5].

Дослідження свідчать, що на підприємствах значно більше витрат припадає на пільги та компенсації, що пов'язані з небезпечними і шкідливими умовами праці, ніж на техніку безпеки, заходи щодо запобігання виробничому травматизму і захворюваності та нормалізацію умов праці. Співвідношення між витратами на поліпшення умов і охорону праці і витратами на доплати за несприятливі умови праці, пільгові пенсії та додаткові відпустки становить 1:10, а іноді й більше. Для покращення системи управління охороною праці на сьогоднішній день в першу чергу на підприємствах необхідне впровадження сучасних міжнародних стандартів з безпеки праці та розробка нових моделей управління безпекою праці [6].

На рис. 1 представлено модель управління охороною праці в масштабах одного підприємства з функціями й завданнями з питань охорони праці.

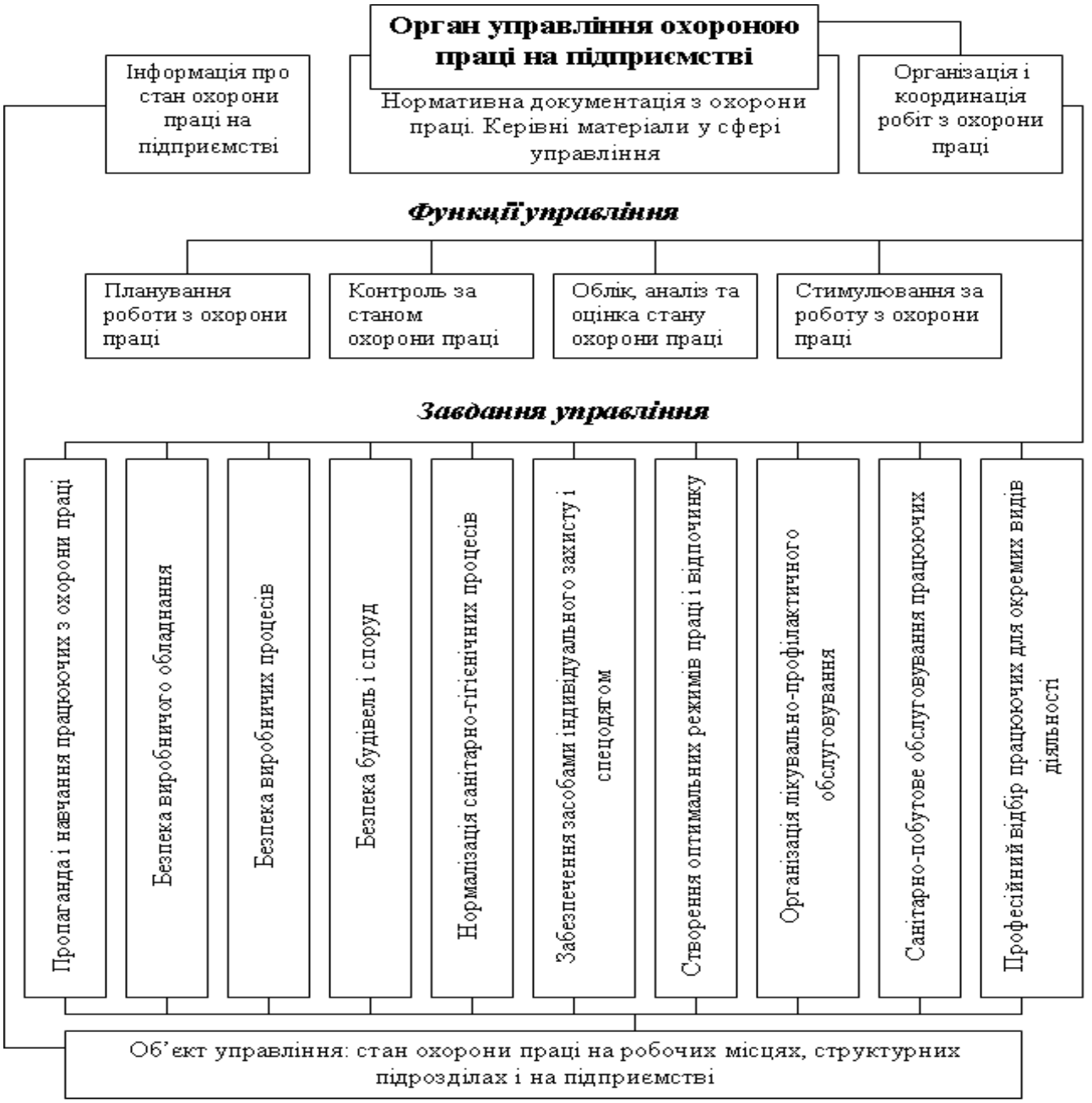


Рисунок 1 – Модель управління охороною праці на підприємстві
Figure 1 – Occupational safety management model at the enterprise

Основні цілі та завдання управління охороною праці:

– запобігання виробничим травмам, професійним захворюванням, аваріям і пожежам, усунення неприпустимих ризиків;

– дотримання вимог законодавства і нормативно-правових актів з охорони праці, колективних договорів;

– забезпечення ставлення всіх працівників підприємства до безпеки праці як до головних обов'язків;

– забезпечення участі працівників підприємства у плануванні, організації мотивації, контролі й оцінці ефективності заходів з охорони праці [7].

Окрім контролю за працівниками, одним з основних завдань сучасного управління охороною праці є зацікавленість самих працівників до дотримання законодавства з питань охорони праці. Для того щоб ця зацікавленість з'явилась у працівника, необхідно в першу чергу розробити систему стимулювання працівників. Стимулювання з питань охорони праці – неодмінна умова попередження виробничого травматизму та профілактики профзахворювань [8]. Економічний механізм управління охороною праці повинен передбачати систему заохочень для тих працівників, які сумлінно дотримуються вимог охорони праці, не допускають порушень правил та норм особистої та колективної безпеки, беруть активну творчу участь у здійсненні заходів щодо підвищення рівня охорони праці на підприємстві. Колективний договір (угода) повинен закріплювати різного роду моральні і матеріальні заохочення таких працівників: оплата праці, премії (у тому числі спеціальні заохочувальні премії за досягнення високого рівня охорони праці), винагороди за винахідництво та раціоналізаторські пропозиції з питань охорони праці. Велику користь дає преміювання робітників бригад, дільниць, цехів за тривалу роботу без порушень правил охорони праці, без травм і аварій. У випадку наявності небезпечних та шкідливих виробничих чинників, що постійно загрожують здоров'ю працівника, йому рекомендується виплачувати надбавку за підвищену обережність. Крім матеріального заохочення, велике значення має також і моральне стимулювання, яке свого часу використовувалось в нашій країні і яке успішно використовують закордонні фірми. Форми морального стимулювання можуть бути найрізноманітнішими: від оголошення подяки до організації вечорів відпочинку, пікніків, круїзів для колективів, що досягли найкращих результатів з охорони праці. Узагальнена схема методів стимулювання охорони праці на підприємстві представлена на рис. 2 [3].

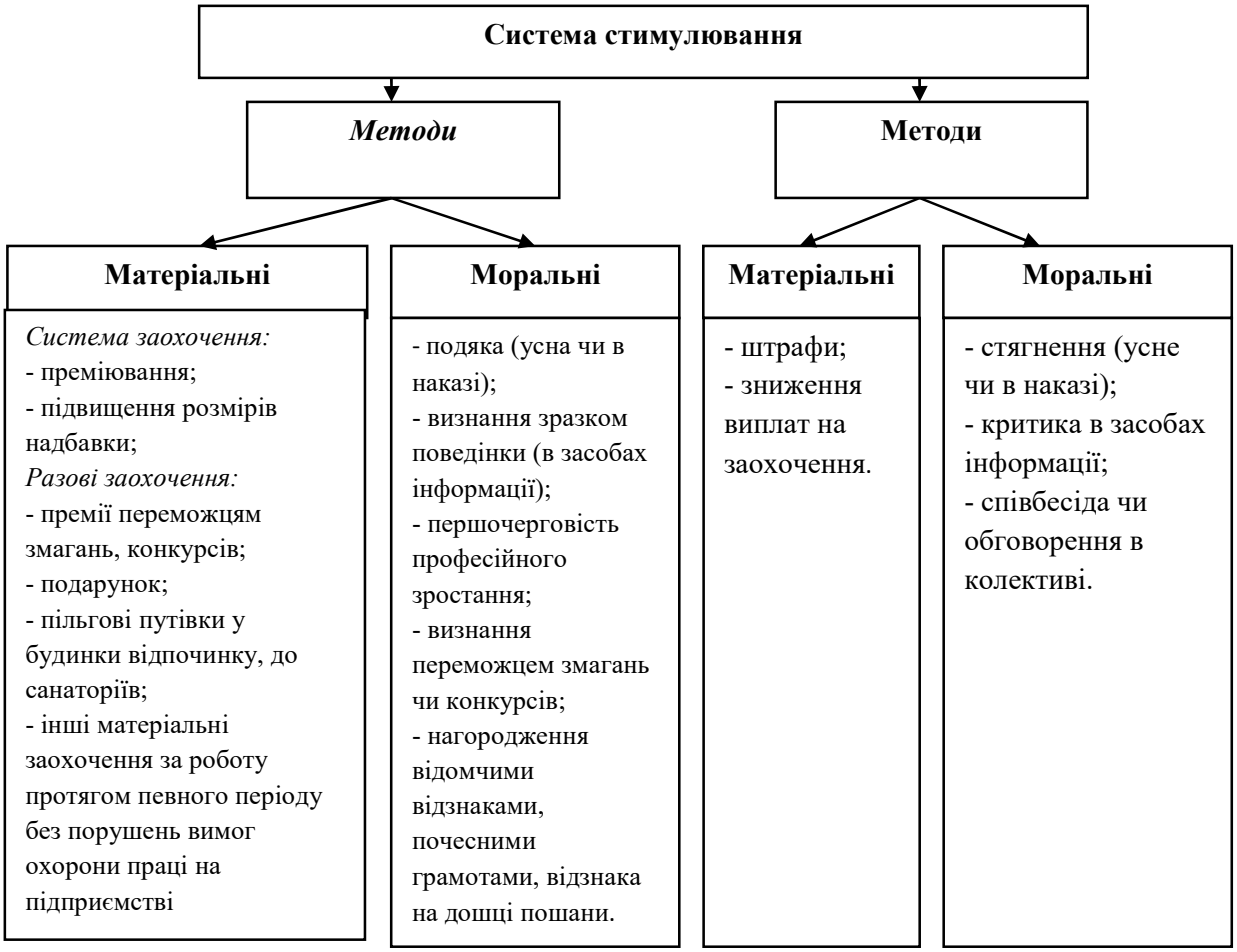


Рисунок 2 – Модель системи стимулювання дотримання вимог з охорони праці
Figure 2 – Model of system of stimulation of observance of requirements on labor protection

Висновки

Питання з охорони праці є одним з найважливіших на сучасному етапі життя нашого суспільства, у період коли роботодавці ставлять для себе основним завданням як найшвидше й з мінімальним вкладенням засобів отримати найбільший прибуток, мало уваги приділяється, а часом і взагалі ігноруються вимоги безпеки праці, що нажаль призводить до збільшення виробничого травматизму та порушень прав працівників з питань охорони праці. Тому саме запровадження нової моделі системи управління безпекою праці за допомогою стандарту ISO 45001 дозволить працівникам відчути, що їхні потреби щодо професійної безпеки враховуються, знизить ризики виникнення нещасних випадків, тим самим скоротивши витрати організації. Даний стандарт може докорінно змінити ситуацію з охороною праці шляхом впровадження найкращих світових практик в інтегровані системи управління підприємств. Все це позитивно впливатиме на створення позитивного іміджу підприємства.

Перелік посилань

1. Москальова В.М. Основи охорони праці: Підручник – Київ, ВД «Професіонал», 2005 – 672 с.

2. Венедіктова В.С. Охорона праці: європейські і міжнародні стандарти та законодавство України (порівняльний аналіз) / В.С. Венедіктова, В.П. Грохольський, М.І. Іншин, М.М. Клемпарський // Державний департамент з питань адаптації законодавства. Українська асоціація фахівців трудового права. – Харків-Київ, 2006. – 680 с.

3. Лесенко Г. Методика контролю стану умов та безпеки праці [Текст] // Охорона праці. – №9. – 2014. – 40 с.

4. ISO 45001 «Системи управління професійною безпекою та здоров'ям. Вимоги та настанови до застосування».

5. Implementation of innovative technology for evaluating high-speed rail passenger transportation. / Ivan Kulbovskyi, Oleksandr Bakalinsky, Olena Sorochynska, Vitalii Kharuta, Halyna Holub, Pavel Skok. [2019]. //Reports on research projects.(2019),"EUREKA: Phisics and Engineering" Number 6. PP. 63-72. (DOI: 10.21303/2461-4262.2019.001006)

6. SO 31000:2018 Risk management – Guidelines.

7. SO 31000:2018 Risk management – Guidelines.

8. OHSAS 18001-2007 «Система менеджменту охорони здоров'я та безпеки персоналу. Вимоги».

MODELING PROCESSES TO IMPROVE OCCUPATIONAL SAFETY ON THE BASIS MODERN INTERNATIONAL STANDARDS

Derehuz Igor, A., National Transport University, Kyiv, Ukraine, derehuz@ukr.net, *http://orcid.org/0000-0003-3119-3709*.

Kulbovskyi Ivan I., Ph.D., State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine, kulbovskiy@ukr.net, *http://orcid.org/0000-0002-5329-3842*.

Melnichenko Oleksand I., Candidate of Science in Engineering, National Transport University, Kyiv, Ukraine, melnichenko@ntu.edu.ua, *http://orcid.org/0000-0001-9694-9824*.

Sorochynska Olena L., Ph.D., State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine, ellena06.84@ukr.net, *http://orcid.org/0000-0003-2477-1275*.

Kharuta Vitalii S., PhD, National Transport University, Kyiv, Ukraine, kharuta_vitaliy@ukr.net, *http://orcid.org/0000-0002-8897-7558*.

Abstract. The article investigates the ways and means of improving and perfecting the occupational safety management system at the enterprises of Ukraine with the help of modern international standards. A detailed analysis of the new international standard ISO 45001 on safety, as well as a model for improving the management system of labor protection at the enterprise.

The object of research is international standards for occupational safety and health management.

The purpose of the work is to analyze the implementation of a new international standard on occupational safety with the development of a new model of occupational safety management at the enterprise.

Research methods – analytical.

Quality management of labor protection at enterprises is one of the priority activities of enterprises in order to reduce occupational injuries, improve working conditions and microclimate in the enterprise. In order

to effectively manage occupational safety at enterprises, the authors of the article propose the introduction of a new model of occupational safety system management in accordance with the international standard ISO 45001. The research consists in determining the correct approach to the organization of the labor protection system at the enterprises of Ukraine by applying modern international standards for occupational safety and health management, modeling processes to improve the state of labor protection at enterprises

The results of research can be recommended for implementation in the management system of labor protection at enterprises of Ukraine.

Key words: international standards, model, occupational health and safety, occupational safety, improvement of occupational health and safety conditions, occupational health and safety management system.

Refernces

1. Moskalyova VM Fundamentals of labor protection: Textbook – Kyiv, VD «Professional», 2005 – 672 p. [in Ukrainian].

2. Venediktovf V.S., Hrokhol`s`kyj V.P., Inshyn M.I., Klempars`kyj M.M. (2006), Okhorona pratsi: ievropejs'ki i mizhnarodni standarty ta zakonodavstvo Ukrainy (porivnial'nyj analiz) [Safety at work: European and international standards and law of Ukraine (comparative analysis)], Derzhavnyj departament z pytan' adaptatsii zakonodavstva. Ukrains'ka asotsiatsiia fakhivtsiv trudovoho prava, Kharkiv-Kyiv, Ukraine. [in Ukrainian].

3. Lesenko G. Methods of monitoring the state of working conditions and safety [Text] // Labor protection. – №9. – 2014. – 40 p. [in Ukrainian].

4. ISO 45001 «Occupational safety and health management systems. Requirements and guidelines for use».[in Ukrainian].

5. Implementation of innovative technology for evaluating high-speed rail passenger transportation. / Ivan Kulbovskyi, Oleksandr Bakalinsky, Olena Sorochynska, Vitalii Kharuta, Halyna Holub, Pavel Skok. [2019]. //Reports on research projects.(2019), «EUREKA: Phisics and Engineering» Number 6. PP. 63-72. (DOI: 10.21303/2461-4262.2019.001006). [in English].

6. SO 31000:2018 Risk management – Guidelines.

7. SO 31000:2018 Risk management – Guidelines.

8. OHSAS 18001-2007 «Occupational health and safety management systems - Requirements». [in Ukrainian].

УДК 001.89:005.6:378 **DOI:10.33744/0365-8171-2022-111-241-251**
UDC 001.89:005.6:378

РОЗРОБКА СИСТЕМНИХ ЗАХОДІВ З ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ В НАЦІОНАЛЬНОМУ ТРАНСПОРТНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ

DEVELOPMENT OF SYSTEMIC MEASURES TO IMPROVE THE QUALITY OF THE EDUCATIONAL PROCESS AT THE NATIONAL TRANSPORT UNIVERSITY



Дмитриченко Микола Федорович, *доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, тел. (044)2808203, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 318,*

http://orcid.org/0000-0003-4223-1838



Токін Олександр Павлович*, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри «Виробництво, ремонт та матеріалознавство», e-mail: a2atp@meta.ua, тел. (044) 280-42-59, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 322,*

http://orcid.org/0000-0002-7353-4228



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,*

http://orcid.org/0000-0001-8166-6389

Abstract. The article is devoted to the consideration of an actual issue - the development of systemic measures to improve the quality of the educational process at the National Transport University.

R. Mitchell's model was applied to classify the stakeholders of the higher education institution depending on their interests. The stages of creating coalitions of stakeholders are proposed, which include drawing up a list of stakeholders; grouping of stakeholders according to their interests, position, degree of influence and priority value; determination of stakeholders' influence factors for strategy formulation and decision-making; assessment of factors and integration of stakeholders' interests; development of improvement measures taking into account the interests of stakeholders. The four main stakeholder coalitions of the National Transport University were identified, a map of their interests was developed, and the results of the questionnaire regarding the quality of the educational process for the 2021-2022 academic year were analyzed.

A list of measures for the development of the system for ensuring the quality of the educational process in the 2022-2023 academic year has been developed, including: gradual introduction of elements of education in the dual form of education; deepening cooperation with employers, in particular, involving employers in the

organization of the educational process according to the educational programs of the university; systematic work on the motivation of teachers to improve their teaching skills and publish articles in international scientometric databases, participate in international projects, improve their knowledge of foreign languages; intensification of the use of software products in the educational process; expanding the functionality of distance learning platforms and services used by the university; strengthening of internal monitoring of educational programs; use of a flexible mode of online classes (synchronous / asynchronous mode).

It is proposed to develop the research data in the development of a strategic model of the university's development.

Key words: quality of educational process, stakeholder theory, stakeholder, coalition, systemic measures

Introduction.

В сучасних умовах розвиток вищої освіти спрямований до ринково-орієнтованого середовища. В свою чергу якість освітнього процесу закладу вищої освіти в даному середовищі розглядається як динамічна величина, функція якої прагне до постійного зростання. Проте через складний і динамічний характер освітнього процесу виникають проблеми з темпами удосконалення якості вищої освіти. Застосування методичних підходів або моделей до вирішення цієї проблеми згідно світового досвіду ґрунтується на дотриманні принципів системності. Таким чином, систематичне вдосконалення якості освітнього процесу в закладах вищої освіти вимагає сучасних методичних підходів, одним з яких є так званий «стейкходинговий» підхід (теорія стейкхолдерів, або теорія зацікавлених сторін). Даний теоретичний напрям науки про управління полягає в розгляді системи якості вищої освіти через призму врахування інтересів зацікавлених сторін (стейкхолдерів). Теорія базується на припущенні, що для досягненні цілей діяльності закладу вищої освіти слід брати до уваги інтереси різних типів так званих «неформальних» коаліцій зацікавлених сторін [1]. Результати застосування теорії стейкхолдерів до покращення якості освітнього процесу є ефективним інструментом стратегічного планування діяльності закладу вищої освіти, що, враховуючи нову Стратегію розвитку вищої освіти в Україні на 2022-2032 роки [2], є актуальним на сьогоднішній час.

Materials and methods.

В дослідженнях Р. Мітчелла [3] наведено аналіз та класифікація зацікавлених сторін залежно від їх інтересів та влади (рис. 1).



Рисунок 1 – Модель коаліцій стейкхолдерів Р. Мітчелла
Figure 1 – R. Mitchell's model of stakeholder coalitions

Модель Мітчелла базується на віднесенні стейкхолдерів до груп через врахування трьох факторів законності, значущості та терміновості. Таким чином визначається позиція, думці якої коаліції з зацікавлених сторін необхідно приділити більше уваги. Узагальнюючи дослідження [1, 3-8], процес створення коаліцій стейкххолдерів базується на етапах:

- складання переліку стейкхолдерів;
- групування стейкхолдерів за їх інтересами, позицією, ступенем впливу та пріоритетним значенням;
- визначення факторів впливу стейкхолдерів для формулювання стратегії та прийняття рішень;
- оцінка факторів та інтеграція інтересів стейкхолдерів;
- розробка заходів щодо вдосконалення з урахуванням інтересів стейкхолдерів.

Results.

Розробка системних заходів з покращення якості освітнього процесу в Національному транспортному університеті базується на визначенні типів «неформальних» коаліцій стейкхолдерів та проведенні дослідження по ключовим показникам якості освітнього процесу. Таким чином, з метою розробки системних заходів з покращення якості освітнього процесу в університеті було визначено чотири основні коаліції стейкхолдерів (табл. 1) та у травні 2022 року було проведене їх опитування.

Таблиця 1 – Карта інтересів стейкхолдерів університету (адаптовано з [9]).
Table 1 – Map of interests of university stakeholders (adapted from [9]).

Внутрішні стейкхолдери	
Студенти	Отримання якісної освіти, саморозвиток, можливості
Викладачі	Професійний розвиток, викладацька автономія, гідні умови праці
Зовнішні стейкхолдери	
Батьки студентів	Перспективи, саморозвиток дітей
Роботодавці	Взаємодія з закладом, підбір гідних працівників з числа студентів
Бази практик	Взаємодія з закладом, обмін досвідом

Зокрема, в анкетуванні внутрішніх стейкхолдерів прийняли участь 233 здобувача та 42 викладача університету. Рівень якості дистанційного навчання у 2021-2022 навчальному році з позиції студентів (рис. 2) отримав найвищу оцінку «добре» (35, 2% респондентів).

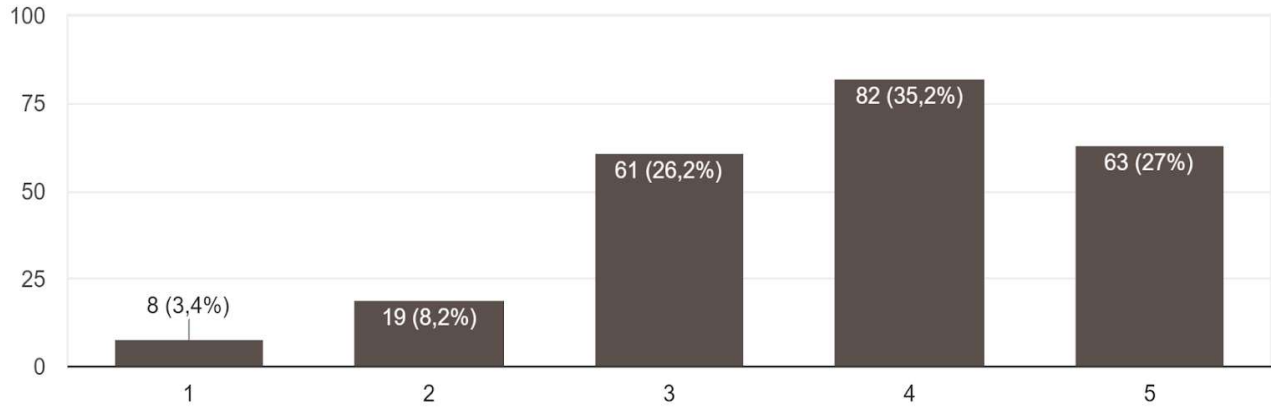


Рисунок 2 – Оцінювання рівня якості дистанційного навчання у 2021-2022 навчальному році з позиції студентів
Figure 2 – Evaluation of the quality level of distance learning in the 2021-2022 academic year from the perspective of students

Крім того, здобувачі достатньо високо оцінили показники якості дистанційного навчання (рис. 3).

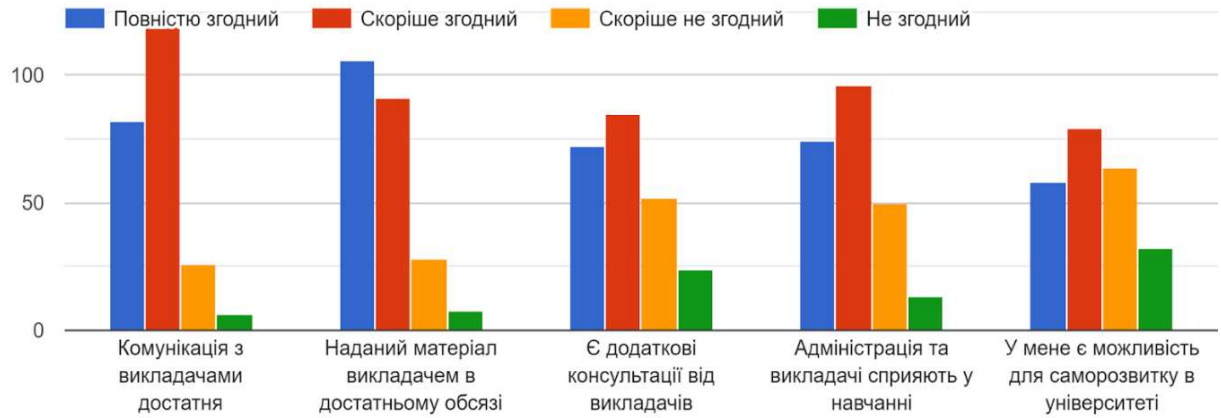
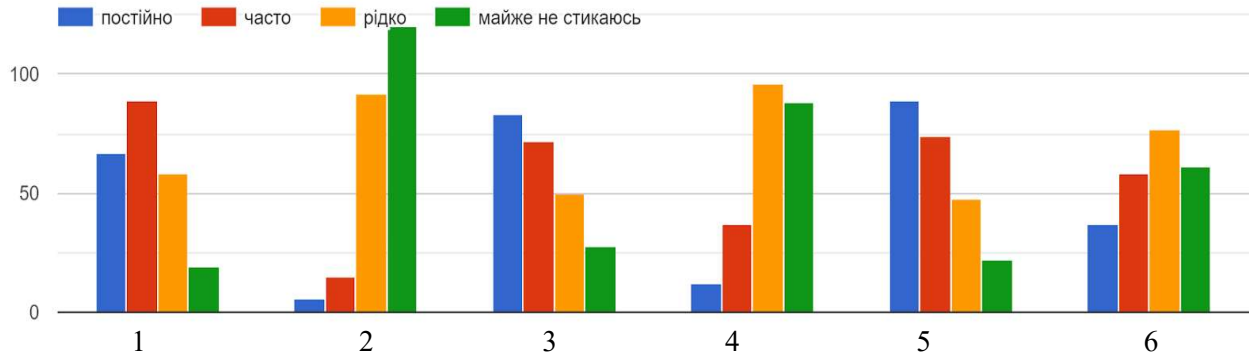


Рисунок 3 – Оцінювання показників якості дистанційного навчання у 2021-2022 навчальному році з позиції студентів
Figure 3 – Evaluation of distance learning quality indicators in the 2021-2022 academic year from the perspective of students

Проте, здобувачі вищої освіти університету заначили ряд труднощів, з якими стикнулися під час дистанційного навчання (рис.4).



Примітка: запитання до здобувачів: 1 - нестабільна робота Інтернету (переривання занять, тестів тощо), інші технічні складнощі; 2 - викладачі проводять заняття не в повному обсязі в онлайн-режимі; 3 - складно зосередитись і працювати на заняттях (лекціях і практиках) он-лайн; 4 - важкість зворотного зв'язку з викладачем; 5 - велика кількість самостійної роботи, тестів; 6 - важкість вирішення організаційних питань навчання

Рисунок 4 – Опитування здобувачів щодо труднощів дистанційного навчання
Figure 4 – Survey of applicants regarding the difficulties of distance learning

Зокрема, суттєвою проблемою, яка виникла в ході дистанційного навчання, здобувачі вважають перенесення значної кількості навчального матеріалу на самостійне опрацювання. Також було відзначено, що з питанням непроведення занять в повному обсязі в онлайн-режимі викладачами студенти майже не стикаються. Тобто, рівнем та обсягом викладення матеріалу здобувачі університету цілковито задоволені, що також підтверджує високий індикатор зворотного зв'язку. Понад 80% здобувачів відзначили, що викладачі йдуть на контакт і проводять додаткові консультації у разі потреби. Проте, серед труднощів дистанційного навчання майже 40 % респондентів відзначили складність зосередження на заняттях в он-лайн режимі.

Основні рекомендації щодо вдосконалення якості навчання в університеті, висловлені в анкетах здобувачами, були наступні:

- віднесення більше годин на відпрацювання практичних та лабораторних занять;
- використання гнучкого режиму проведення занять онлайн (синхронний / асинхронний режим);
- використання гнучких дедлайнів щодо залікових контрольних заходів;
- збагачення лекційного матеріалу реальними прикладами або залучення співдоповідачем зовнішнього стейкхолдера;
- перерозподілення компонентів модулів - віднесення більше теоретичного матеріалу на самостійну роботу з паралельним відпрацюванням практичної складової з викладачем;
- вдосконалення навиків викладачів та студентів у використанні інформаційно-комунікаційних технологій;
- використання заздалегідь записаних відеоматеріалів лекцій, практичних, лабораторних для повторного перегляду студентами під час самостійної роботи.

Опитування викладачів показало, що 45,2 % респондентів оцінюють ефективність проведення занять в режимі онлайн на «відмінно», 38,1% поставили оцінку «добре» (рис. 5).

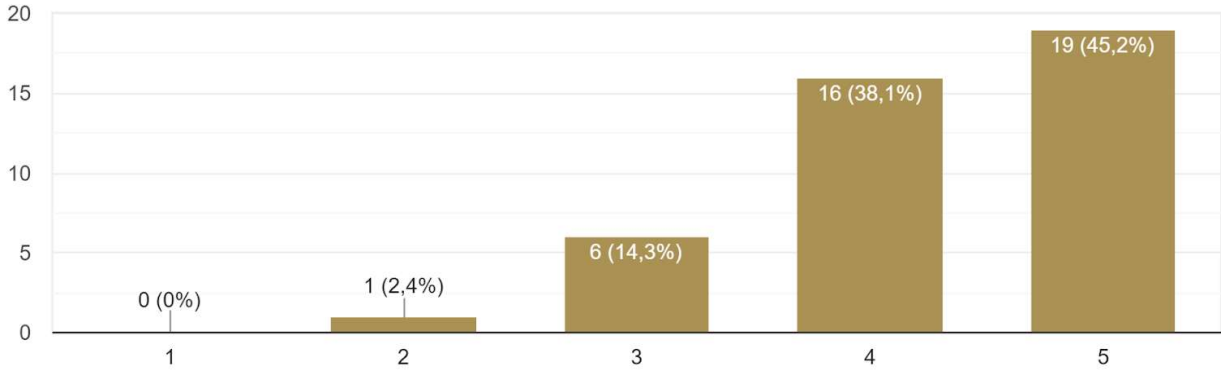
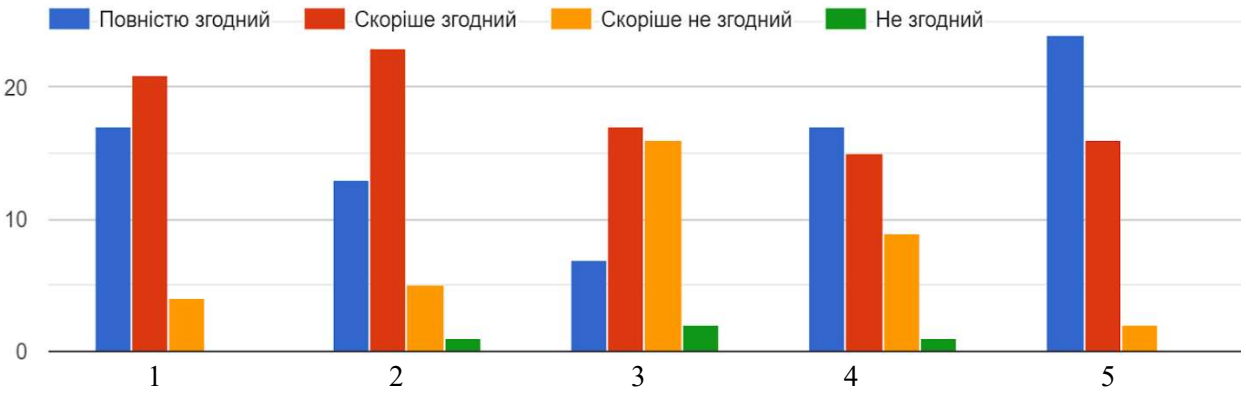


Рисунок 5 – Оцінювання ефективності проведення занять в режимі онлайн викладачами
Figure 5 – Evaluating the effectiveness of online classes by teachers

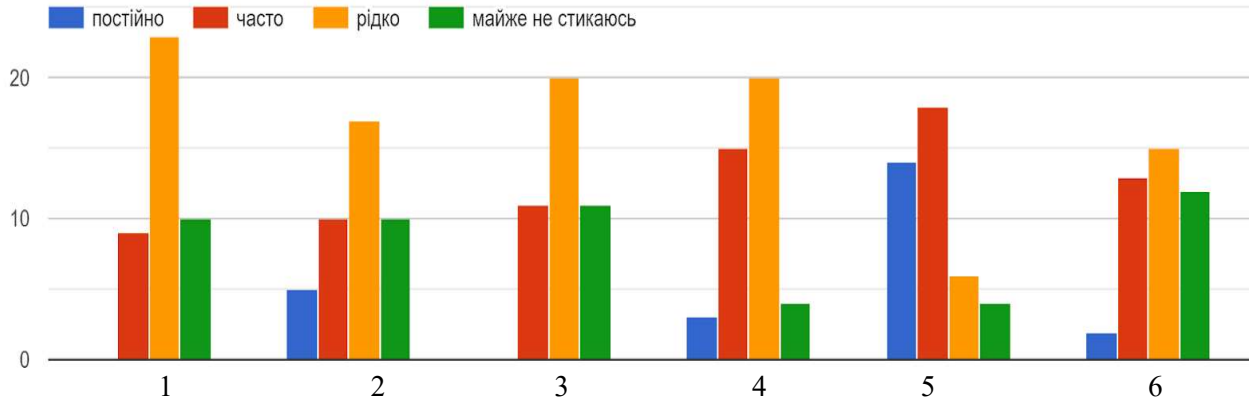
Також викладачами достатньо високо оцінено показники якості освітнього процесу в 2021-2022 навчальному році (рис. 6).



Примітка: запитання до викладачів: 1 - комунікація зі здобувачами достатня; 2 - студенти виконують завдання в достатньому обсязі; 3 - студенти вчасно виконують завдання; 4 - адміністрація сприяє розвитку викладачів; 5 - адміністрація дотримується принципів викладацької автономії

Рисунок 6 – Оцінювання показників якості освітнього процесу в 2021-2022 навчальному році з позиції викладачів
Figure 6 – Evaluation of indicators of the quality of the educational process in the 2021-2022 academic year from the position of teachers

Зокрема, викладачі відзначили, що комунікація зі здобувачами була достатня, адміністрація сприяє професійному розвитку викладачів та дотримується принципів викладацької автономії. Проте, біля 50% опитаних вважають, що існує проблема з недотриманням дедлайнів студентами при виконанні завдань. Окремими труднощами проведення освітнього процесу в 2021-2022 навчальному році на думку викладачів були нестабільна робота Інтернету (переривання занять, тестів тощо), інші технічні складнощі та багато витрат часу на підготовку до занять в режимі онлайн (рис. 7).



Примітка: запитання до викладачів: 1 - нестабільна робота Інтернету (переривання занять, тестів тощо), інші технічні складнощі; 2 - необхідність опанування нових технологій; 3 - низькій рівень цифрових навичок студентів; 4 - важкість зворотного зв'язку зі здобувачами; 5 - багато часу на підготовку до занять; 6 - важкість вирішення організаційних питань навчання

Рисунок 7 – Опитування викладачів щодо труднощів дистанційного навчання
Figure 7 – Survey of teachers regarding the difficulties of distance learning

За результатами опитування викладачів були сформовані наступні рекомендації щодо вдосконалення якості освітнього процесу:

- розвивати дистанційні курси та методи навчання;
- проводити своєчасну інформаційно-роз'яснювальну роботу з науково-педагогічним персоналом щодо змін в організації освітнього процесу;
- систематично проводити семінари для викладачів університету щодо якості освітнього процесу;
- розширювати функціональні можливості платформ дистанційного навчання та сервісів, які використовує університет;
- заохочувати студентів до онлайн-конференцій, онлайн-курсів.

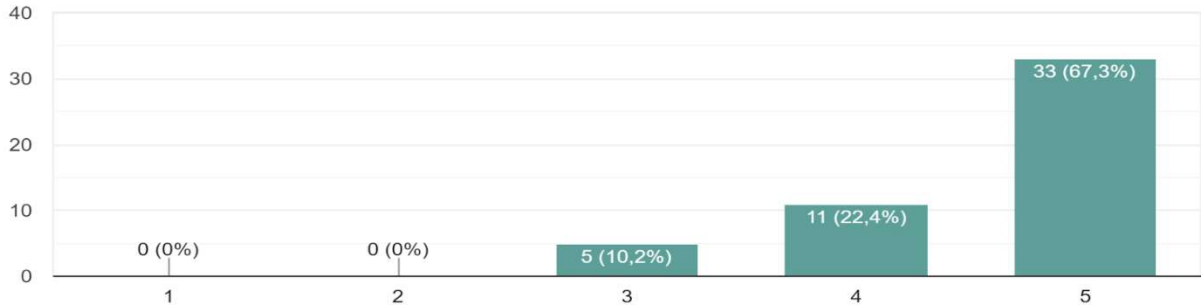


Рисунок 8 – Рівень зацікавленості стейкхолдерів у працевлаштуванні здобувачів університету
Figure 8 – The level of interest of stakeholders in the employment of university graduates

Крім того, 53,1 % зовнішніх стейкхлодерів високо оцінили їх залучення до освітнього процесу в університеті (рис. 9).

Паралельно з опитуванням здобувачів та викладачів університету було проведене анкетування зовнішніх стейкхолдерів, у якому прийняли участь 17 роботодавців (що складає 35,4 % з опитаних), 18 баз практики (37,5 % з опитаних), а також партнери університету у проектах. Загальна вибірка для аналізу складає 49 опитаних зовнішніх стейкхолдерів, з яких 45,5% приймають безпосередню участь у навчальному процесі у якості викладачів.

Аналіз результатів анкетування роботодавців засвідчив, що 67,3% виявляють високу зацікавленість у працевлаштуванні випускників університету (поставили 5 балів з п'яти при оцінюванні цього показника), 22,4 % - оцінили свою зацікавленість на 4 бали, а 10,2 % - на три (рис. 8).

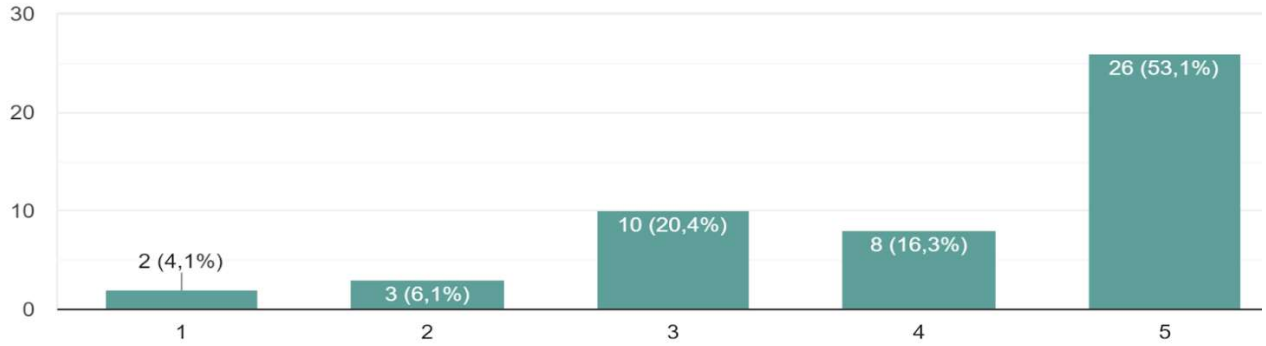


Рисунок 9 – Рівень ефективності залучення зовнішніх стейкхолдерів до освітнього процесу
Figure 9 – The level of effectiveness of the involvement of external stakeholders in the educational process

80 % з опитаних роботодавців мають у своєму штаті співробітників з числа випускників університету, 55,6 % з них оцінили на «відмінно» рівень підготовки здобувачів за 5-ти бальною шкалою, 40% - вважають, що здобувачі мають хороший рівень підготовки.

Більше 70% стейкхолдерів вважають, що усі відомі їм освітні програми університету є актуальними та своєчасними для ринку праці, університет повністю забезпечує досягнення результатів навчання за освітніми програмами (рис. 10).

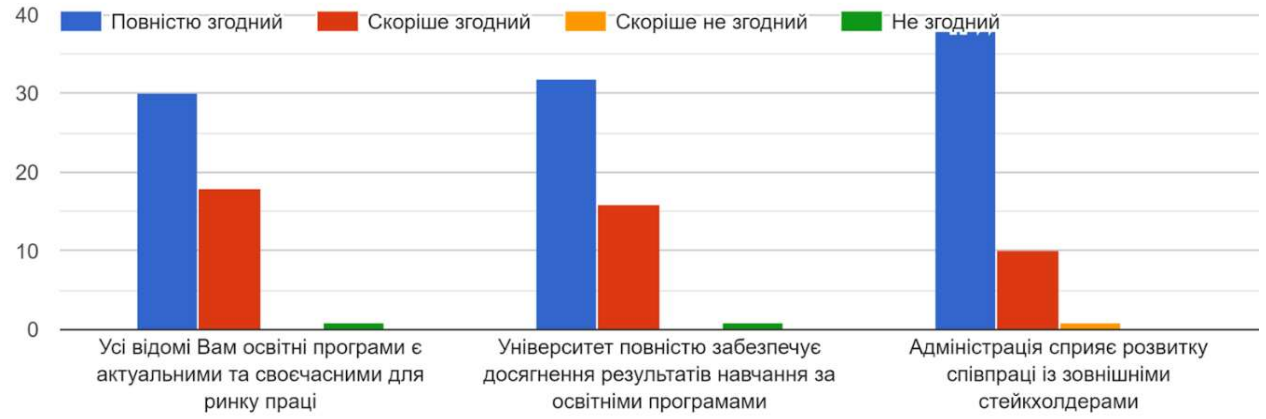


Рисунок 10 – Оцінка зовнішніми стейколдерами рівня якості навчання та співпраці з університетом
Figure 10 – Evaluation by external stakeholders of the level of quality of education and cooperation with the university

Біля 30% вважають, що окремі освітні програми потребують доопрацювання. Майже 95% стейкхолдерів зауважили, що адміністрація університету сприяє розвитку співпраці із зовнішніми стейкхолдерами.

Результати опитування батьків здобувачів показали, достатній (33,3 % опитаних) та високий (39,4 %) рівень задоволення якістю проведеного дистанційного навчання, 21,2 % оцінили цей показник задовільно (рис. 11).

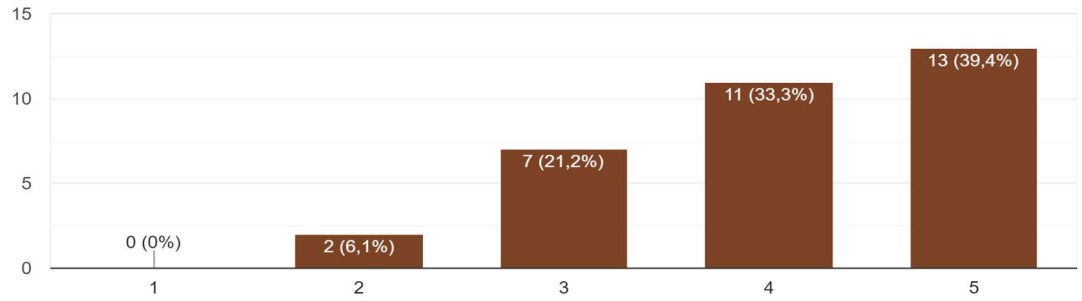
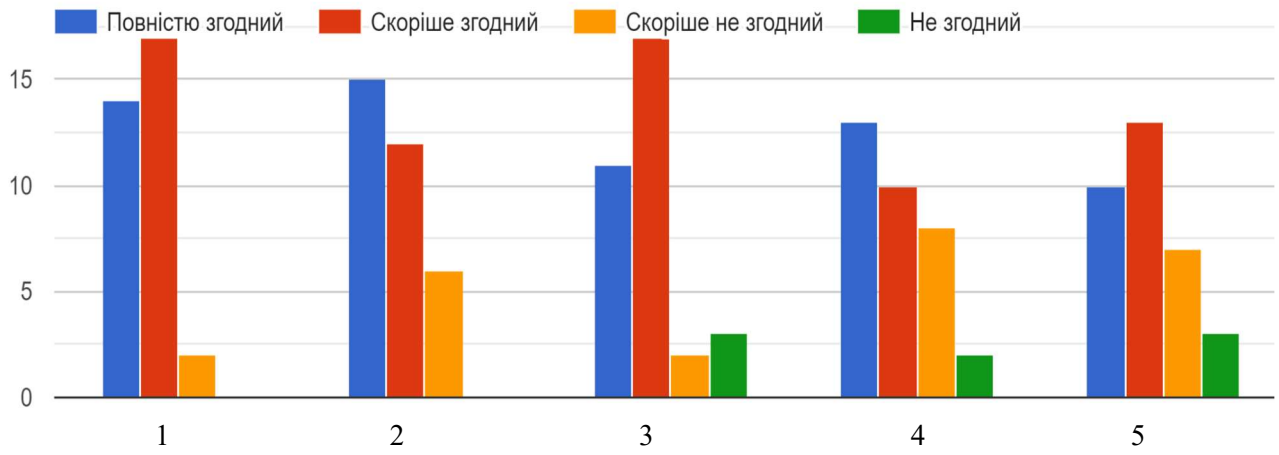


Рисунок 11 – Результати опитування батьків здобувачів щодо рівня якості проведеного дистанційного навчання у 2021-2022 навчальному році
Figure 11 – Results of a survey of parents of applicants regarding the level of quality of distance learning in the 2021-2022 academic year.

Біля 90% батьків вважають, що комунікація з викладачами достатня, наданий матеріал викладачем був в достатньому обсязі, мали місце додаткові консультації, адміністрація та викладачі сприяють у навчанні, а у дітей є можливості для саморозвитку в університеті (рис. 12).

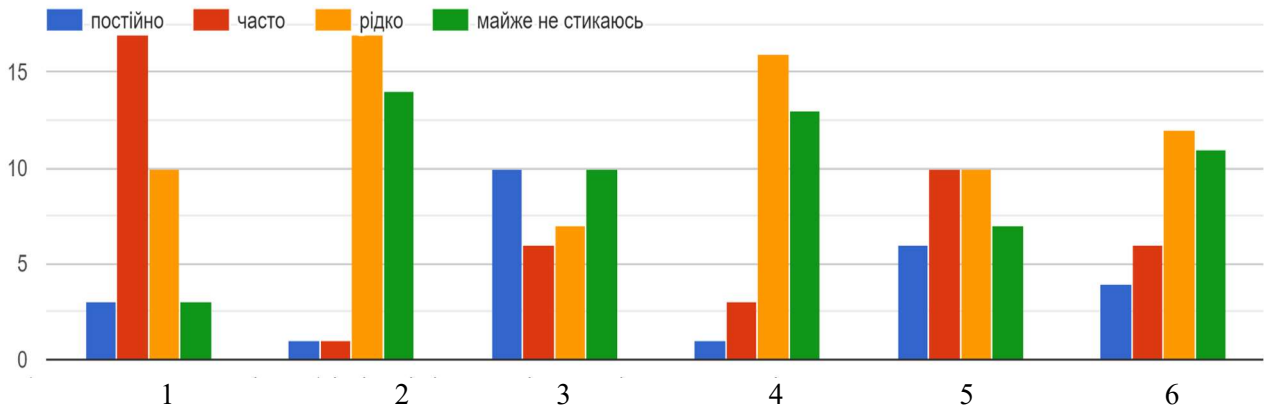


Примітка: запитання до батьків: 1 - комунікація з викладачами достатня; 2 - наданий матеріал викладачем в достатньому обсязі; 3 - є додаткові консультації від викладачів; 4 - адміністрація та викладачі сприяють у навчанні; 5 – у Вашої дитини є можливість для саморозвитку в університеті

Рисунок 12 – Опитування батьків щодо якості дистанційного навчання
Figure 12 – Survey of parents regarding the quality of distance learning

Проте, батьки зазначили труднощі, з якими стикалися здобувачі під час навчання онлайн. Частими проблемами були нестабільна робота Інтернету (переривання занять, тестів тощо), інші технічні складнощі (рис. 13).

Окремі батьки (до 25%) вважають суттєвим недоліком те, що здобувачам було складно зосередитись і працювати на заняттях (лекціях і практиках) он-лайн та велику кількість самостійної роботи, тестів.



Примітка: запитання до батьків: 1 - нестабільна робота Інтернету (переривання занять, тестів тощо), інші технічні складнощі; 2 - викладачі проводять заняття не в повному обсязі в онлайн-режимі; 3 - складно зосередитись і працювати на заняттях (лекціях і практиках) он-лайн; 4 - важкість зворотного зв'язку з викладачем; 5 - велика кількість самостійної роботи, тестів; 6 - важкість вирішення організаційних питань навчання

Рисунок 13 – Опитування батьків щодо труднощів дистанційного навчання
Figure 13 – Survey of parents regarding the difficulties of distance learning

Основними пропозиціями зовнішніх стейкхолдерів щодо вдосконалення освітнього процесу були:

– розширювати співробітництво із зовнішніми стейкхолдерами;
– частіше оновлювати освітні програми у відповідності до сучасних технологій та процесів галузі;
– розвивати елементи дуальної освіти на основі співпраці із роботодавцями;
– проводити практику на об'єктах будівництва та майбутнього відновлення об'єктів транспортної інфраструктури;
– продовжувати практику кооперації університету з підприємствами, на яких можуть працевлаштовуватись майбутні випускники;
– активніше залучати фахівців підприємств до освітнього процесу.

Conclusions and Recommendations.

Таким чином, застосування теорії стейкхолдерів дозволяє розробити заходи щодо розвитку системи забезпечення якості освітнього процесу у 2022-2023 навчальному році, до яких слід віднести:

– поступове запровадження елементів навчання за дуальною формою освіти;
– поглиблення співпраці з роботодавцями, зокрема, залучення роботодавців до організації освітнього процесу за освітніми програми університету;
– планомірна робота щодо вмотивованості викладачів до вдосконалення викладацької майстерності та публікації статей у міжнародних наукометричних базах, участі у міжнародних проектах, вдосконалення знань іноземних мов;
– інтенсифікація використання програмних продуктів в освітньому процесі;
– розширення функціональних можливостей платформ дистанційного навчання та сервісів, які використовує університет;
– посилення внутрішнього моніторингу освітніх програм;
– використання гнучкого режиму проведення занять онлайн (синхронний / асинхронний режим).

Запропонований підхід до розробки системних заходів з покращення якості освітнього процесу буде покладено в основу стратегічної моделі розвитку університету, що планується реалізувати в подальших дослідженнях.

Перелік посилань

1. Рич М.І. Цінності зацікавлених сторін в соціальних та комерційних проектах [Текст] / М.І. Рич // Управління розвитком складних систем. – 2013. - №13. - С.45-49.

2. Про схвалення Стратегії розвитку вищої освіти в Україні на 2022-2032 роки: Кабінет Міністрів України, Розпорядження від 23 лютого 2022 р. № 286-р, Київ. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/286-2022-%D1%80#Text

3. Лаврененко В. В. Ціннісно-орієнтоване управління підприємством: ресурсні аспекти [Текст] / В. В. Лаврененко // Вчені записки : зб. наук. праць. / Мінво освіти і науки України, ДВНЗ «Київський нац. екон. ун-т ім. Вадима Гетьмана». – 2012. – Вип. 14, ч. 2. – С. 139–144.

4. Азарова І.Б. Модель ціннісно-орієнтованого підходу до цілепокладання проекту [Текст] / І.Б. Азарова // Компетентне управління проектами розвитку в умовах нестабільного оточення: матер. XII МНПК (2015р., м. Київ). – 2015. - С. 26-28.

5. Liběna Tetřevová, Veronika Sabolová. (2010). University Stakeholder Management and University Social Responsibility. Wseas Transactions On Advances In Engineering Education. URL: https://www.researchgate.net/publication/228459318_University_Stakeholder_Management_and_University_Social_Responsibility

6. André O. Laplume, Karan Sonpar, Reginald A. Litz (2008). Stakeholder Theory: Reviewing a Theory That Moves Us. Journal of Management. Vol 34, Issue 6, 2008. page(s): 1152-1189. DOI: https://doi.org/10.1177/0149206308324322

7. Гаценко, Л. В. Теорія зацікавлених сторін (стейкхолдерів): історія розвитку та проблемні питання для подальших досліджень / Гаценко Л. В.// Водний транспорт : зб. наук. пр. / Київ. держ. акад. вод. трансп. ім. гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного. – Київ, 2016. – Вип. 1. – С. 156–160.

8. Баришевська, І. В. Особливості впливу стейкхолдерів на розвиток освітнього простору вищого навчального закладу / І. В. Баришевська, А. Ю. Корабахіна // Нові технології навчання : наук.-метод. зб. / МОН України, Ін-т інновац. технологій ізмісту освіти. – [Київ], 2016. – Вип. 88, ч. 1. – С. 89–92.

9. Коваленко О. Поняття «стейкхолдер» та їх роль у роботі сучасного університету. Нові технології навчання. № 95, 2021. - С.98-105. DOI: https://doi.org/10.52256/2710-3560.95.2021.11

DEVELOPMENT OF SYSTEMIC MEASURES TO IMPROVE THE QUALITY OF THE EDUCATIONAL PROCESS AT THE NATIONAL TRANSPORT UNIVERSITY

Dmytrychenko Nykolay F., Doctor of Technical Science, Professor, National Transport University, Professor of Production, Repair and Materials Science Department, e-mail: dmitrichenko@ntu.edu.ua, tel. (044)2808203, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovich Pavlenko str. 1, of. 318, http://orcid.org/0000-0003-4223- 1838.

Tokin Oleksndr P., Ph.D., Associate Professor, National Transport University, Professor of Production, Repair and Materials Science Department, e-mail: a2atp@meta.ua, tel (044) 280-42-59, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovich Pavlenko str. 1, of. 322, http://orcid.org/0000-0002-7353-4228.

Kharchenko Anna N., Doctor of Technical Science, Associate Professor, National Transport University, Associate 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.

Анотація. Стаття присвячена розгляду актуального питання – розробці системних заходів з покращення якості освітнього процесу в Національному транспортному університеті.

Застосовано модель Р. Мітчелла для класифікації зацікавлених сторін закладу вищої освіти залежно від їх інтересів. Запропоновано етапи створення коаліцій стейкххолдерів, які включають складання переліку стейкхолдерів; групування стейкхолдерів за їх інтересами, позицією, ступенем впливу та пріоритетним значенням; визначення факторів впливу стейкхолдерів для формулювання

стратегії та прийняття рішень; оцінка факторів та інтеграція інтересів стейкхолдерів; розробка заходів щодо вдосконалення з урахуванням інтересів стейкхолдерів. Визначено чотири основні коаліції стейкхолдерів Національного транспортного університету, розроблено карту їх інтересів та виконано аналіз результатів анкетування щодо якості освітнього процесу за 2021-2022 навчальний рік.

Розроблено перелік заходів щодо розвитку системи забезпечення якості освітнього процесу у 2022-2023 навчальному році, до віднесено: поступове запровадження елементів навчання за дуальною формою освіти; поглиблення співпраці з роботодавцями, зокрема, залучення роботодавців до організації освітнього процесу за освітніми програми університету; планомірну роботу щодо вмотивованості викладачів до вдосконалення викладацької майстерності та публікації статей у міжнародних наукометричних базах, участі у міжнародних проектах, вдосконалення знань іноземних мов; інтенсифікацію використання програмних продуктів в освітньому процесі; розширення функціональних можливостей платформ дистанційного навчання та сервісів, які використовує університет; посилення внутрішнього моніторингу освітніх програм; використання гнучкого режиму проведення занять онлайн (синхронний / асинхронний режим).

Запропоновано розвинути дані дослідження при розробці стратегічної моделі розвитку університету.

Ключові слова: якість освітнього процесу, теорія зацікавлених сторін, стейкхолдер, коаліція, системні заходи

References

1. Rych M.I. Tsinnosti zatsikavlenykh storin v sotsialnykh ta komertsiinykh proektakh [Tekst] / M.I. Rych // Upravlinnia rozvytkom skladnykh system. – 2013. - №13. - S.45-49. [in Ukrainian].

2. Pro skhvalennia Stratehii rozvytku vyshchoi osvity v Ukraini na 2022-2032 roky: Kabinet Ministriv Ukrainy, Rozporiadzhennia vid 23 liutoho 2022 r. № 286-r, Kyiv. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/286-2022-%D1%80#Text. [in Ukrainian].

3. Lavrenenko V. V. Tsinnisno-oriientovane upravlinnia pidpryiemstvom: resursni aspekty [Tekst] / V. V. Lavrenenko // Vcheni zapysky : zb. nauk. prats. / Minvo osvity i nauky Ukrainy, DVNZ «Kyivskyi nats. ekon. un-t im. Vadyma Hetmana». – 2012. – Vyp. 14, ch. 2. – S. 139–144. [in Ukrainian].

4. Azarova I.B. Model tsinnisno-oriientovanoho pidkhodu do tsilepokladannia proektu [Tekst] / I.B. Azarova // Kompetentne upravlinnia proektamy rozvytku v umovakh nestabilnoho otochennia: mater. XII MNPK (2015r., m. Kyiv). – 2015. - S. 26-28. [in Ukrainian].

5. Liběna Tetřevová, Veronika Sabolová. (2010). University Stakeholder Management and University Social Responsibility. Wseas Transactions On Advances In Engineering Education. URL: https://www.researchgate.net/publication/228459318_University_Stakeholder_Management_and_University_Social_Responsibility. [in English].

6. André O. Laplume, Karan Sonpar, Reginald A. Litz (2008). Stakeholder Theory: Reviewing a Theory That Moves Us. Journal of Management. Vol 34, Issue 6, 2008. page(s): 1152-1189. DOI:https://doi.org/10.1177/0149206308324322. [in English].

7. Hatsenko, L. V. Teoriia zatsikavlenykh storin (steikkholderiv): istoriia rozvytku ta problemni pytannia dlia podalshykh doslidzhen / Hatsenko L. V.// Vodnyi transport : zb. nauk. pr. / Kyiv. derzh. akad. vod. transp. im. hetmana Petra Konashevycha-Sahaidachnoho. – Kyiv, 2016. – Vyp. 1. – S. 156–160. [in Ukrainian].

8. Baryshevska, I. V. Osoblyvosti vplyvu steikkholderiv na rozvytok osvitnoho prostoru vyshchoho navchalnoho zakladu / I. V. Baryshevska, A. Yu. Korabakhina // Novi tekhnolohii navchannia : nauk.-metod. zb. / MON Ukrainy, In-t innovats. tekhnolohii izmistu osvity. – [Kyiv], 2016. – Vyp. 88, ch. 1. – S. 89–92. [in Ukrainian].

9. Kovalenko O. Poniattia «steikkholder» ta yikh rol u roboti suchasnoho universytetu. Novi tekhnolohii navchannia. № 95, 2021. - S.98-105. DOI: https://doi.org/10.52256/2710-3560.95.2021.11. [in Ukrainian].

УДК 629.341:62-592.52 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-252-259**
UDC 629.341:62-592.52

ПОБУДОВА ФРИКЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАР ТЕРТЯ ГАЛЬМІВНИХ МЕХАНІЗМІВ У ВИГЛЯДІ ПОЛІНОМІАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ ТРЕТЬОГО ПОРЯДКУ

CONSTRUCTION OF FRICTION FEATURES OF FRICTION MOVEMENTS OF BRAKE MECHANISMS IN THE VIEW OF THIRD-ORDER POLYNOMIAL MODELS



Дем'янюк Володимир Андрійович, *доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри дорожніх машин, e-mail: vademianiuk@ukr.net, тел.+380677023247*

https://orcid.org/0000-0003-2458-5712

Анотація. Розглянуті поняття фрикційна характеристика гальмівного механізму та фрикційна характеристика пари тертя гальмівного механізму, які необхідні для розрахункової оцінки реальних гальмівних властивостей транспортних засобів. Розроблено експериментальний пристрій для визначення впливу таких дестабілізуючих факторів як температура, швидкість ковзання та тиск у контакті на згадані характеристики. Запропонована методика одержання поліноміальних моделей третього порядку для визначення впливу температури, швидкості ковзання та тиску у контакті на коефіцієнт тертя у фрикційних парах гальмівних механізмів. Методика придатна для випадків, коли моделі другого порядку неадекватно описують вплив згаданих дестабілізуючих факторів на коефіцієнт тертя у фрикційних парах гальмівних механізмів.

Ключові слова: гальмівні механізми, фрикційні пари, коефіцієнт тертя, поліноміальна модель третього порядку.

Вступ. Для проведення ефективних розрахунків та моделювання гальмувань, які супроводжуються генеруванням на поверхнях тертя значної кількості тепла, а також гальмувань з високих швидкостей необхідно знати не тільки номінальну величину коефіцієнта тертя, але і його чутливість до найбільш характерних дестабілізуючих факторів – температури T, швидкості ковзання $V_ф$ та тиску $P_ф$ у контакті гальмівної накладки з барабаном чи диском.

Для комплексного дослідження і аналізу впливу цих факторів на коефіцієнт тертя нами запропоновані поняття фрикційна характеристика гальмівного механізму – трифакторна залежність еквівалентного коефіцієнта тертя μ_e гальмівного механізму від температури, швидкості ковзання та тиску у контакті, тобто $\mu_e=f_1(T, V_ф, P_ф)$, та фрикційна характеристика пари тертя – відповідно залежність фізичного коефіцієнта тертя μ у фрикційній парі від тих же факторів, тобто $\mu=f_2(T, V_ф, P_ф)$. Фрикційну характеристику пари тертя доцільно використовувати при оцінці та підборі фрикційних матеріалів. Для одержання фрикційної характеристики гальмівного механізму досліджується гальмівний механізм в цілому. При цьому одержують не фізичний, а еквівалентний коефіцієнт тертя, який відрізняється від фізичного, оскільки він враховує також особливості робочого процесу гальмівного механізму.

Для одержання згаданих фрикційних характеристик необхідно проводити активний або пасивний експеримент з варіацією трьох факторів. Оскільки всі досліджувані фактори керовані, сумісні та некорельовані, то досить ефективним у даному випадку є використання методів математичного планування експерименту.

Дослідження показали, що нерідко графічна залежність коефіцієнта тертя при зміні хоча б одного із факторів має хвилеподібний (синусоїдальний) характер, що унеможливлює її адекватне відтворення за допомогою планів другого порядку. Для таких випадків у статті пропонується методика побудови поліноміальних моделей третього порядку.

Формулювання терміну фрикційна характеристика гальмівного механізму вперше було викладене в роботі [1], а терміну фрикційна характеристика пари тертя – у роботі [2]. У цій же роботі

наведені приклади згаданих характеристик та креслення загального вигляду пристрою для експериментального визначення параметрів фрикційної характеристики пари тертя. Інтерполяційний план третього порядку, деякі параметри якого були нами уточнені, наведений у роботі [3].

Метою роботи є розроблення методики побудови фрикційної характеристики пар тертя гальмівних механізмів із застосуванням математичного планування експерименту при залученні інтерполяційних моделей 3-го порядку.

Виклад основного матеріалу

Для визначення фрикційної характеристики гальмівного механізму та фрикційної характеристики пари тертя гальмівного механізму використовувався створений нами інерційний гальмівний стенд. Для одержання фрикційних характеристик гальмівних механізмів визначався еквівалентний коефіцієнт тертя на основі виміряних значень гальмівного моменту та привідного зусилля і досліджувався вплив на нього трьох згаданих вище дестабілізуючих факторів..

Розглянемо детальніше методику одержання фрикційної характеристики пари тертя гальмівного механізму, в якій визначається фізичний коефіцієнт тертя у фрикційній парі і вплив на нього температури, швидкості ковзання та тиску у контакті фрикційної накладки з барабаном або диском. Для цього використовувався зразок, виготовлений з матеріалу фрикційної накладки. Необхідно, щоб другий елемент пари тертя був виконаний з того ж матеріалу, з якого виконаний гальмівний барабан або диск реального гальмівного механізму. Важливо також забезпечити відповідність з реальною геометрією контакту фрикційної пари.

Для задоволення цих вимог інерційний гальмівний стенд був обладнаний спеціально створеним пристроєм (рис.1) (у виготовленні пристрою приймав участь Ю.В. Галан). До внутрішньої поверхні

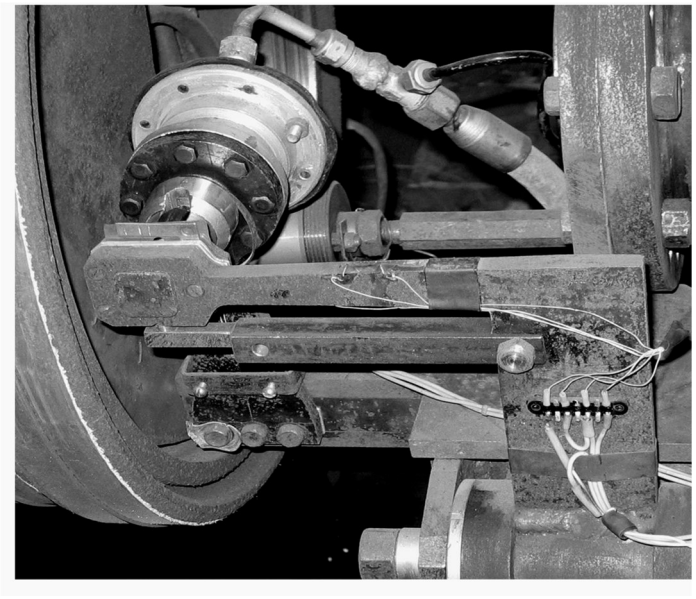


Рисунок 1 – Пристрій з тензометричними важелями для визначення фрикційних характеристик пар тертя гальмівних механізмів
Figure 1 – Device with strain gauges for determining friction characteristics of friction pairs of brake mechanisms

реального гальмівного барабана, який обертається за допомогою електродвигуна інерційного стенда, притискається фрикційний зразок, виготовлений з матеріалу гальмівної накладки. Зусилля притискання створюється пневмокамерою, закріпленою до кінця тензометричного важеля. Утримуючою оправкою для фрикційного зразка слугує інший тензометричний важіль, встановлений з можливістю коливання відносно осі, паралельної осі обертання барабана. За допомогою згаданих тензометричних важелів з наклеєними на них напівпровідниковими тензодавачами вимірювались нормальна сила притискання фрикційного зразка до барабана, а також тангенціальна сила тертя між зразком накладки і барабаном. За допомогою давача кутової швидкості барабана визначалась

швидкість ковзання поверхні тертя гальмівного барабана відносно зразка фрикційної накладки. Для примусового підігріву барабана до необхідної температури передбачена батарея термоелектронагрівачів. Температура вимірювалась за допомогою хромель-копельової термопари, вмонтованої у зразок фрикційної накладки.

За допомогою описаного пристрою, використовуючи методику математичного планування експерименту (а саме, ортогональні плани другого порядку, в яких кожен з трьох факторів досліджувався на трьох рівнях), були одержані фрикційні характеристики пар тертя барабанних гальмівних механізмів.

Як приклад, на рис. 2 наведений графічний варіант фрикційної характеристики пари тертя, побудованої з використанням ортогонального плану другого порядку, яка дозволяє визначити дійсне значення коефіцієнту тертя μ при довільних комбінаціях температури T, швидкості ковзання $V_ф$ і значеннях тиску $P_ф$ у контакті фрикційної пари (в експериментальних дослідженнях приймав участь Т.Г. Миськів).

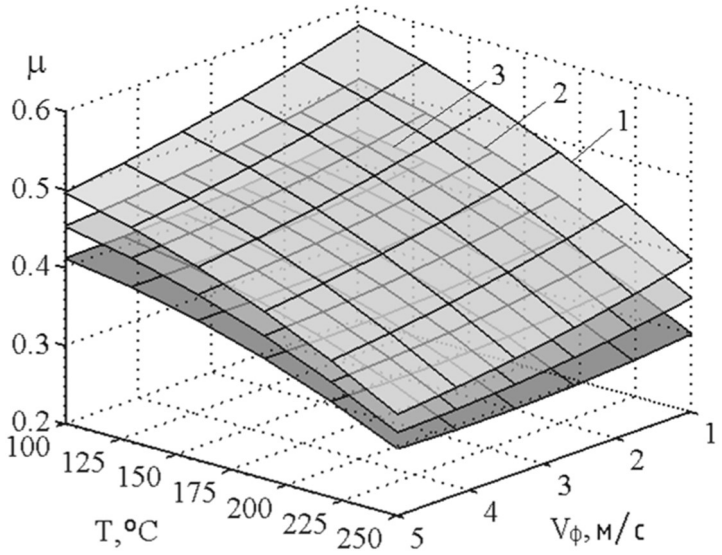


Рисунок 2 – Фрикційна характеристика пари тертя гальмівний барабан –фрикційний матеріал шифру DON-262: 1–$P_ф$=0,3; 2–$P_ф$=1,05; 3–$P_ф$=1,8 (МПа)

Figure 2 – Friction characteristic of friction pair brake drum - friction material of code DON-262: 1 – Pf = 0,3; 2 – Pf = 1.05; 3 – Pf = 1.8 (MPa)

Поліноміальні залежності, що описують цю фрикційну характеристику (відповідно для кодованих та натуральних змінних), одержані у вигляді:

$$\mu = 0{,}4129 - 0{,}0233X_1 - 0{,}0767X_2 - 0{,}0444X_3 + 0{,}0125X_1X_3 + 0{,}01X_2X_3 - 0{,}0189X_2^2;$$

$$\mu = 0{,}645 - 0{,}02V_ф - 0{,}336 \cdot 10^{-4} T - 0{,}115\ P_ф +$$
$$0{,}833 \cdot 10^{-2} V_ф P_ф + 0{,}178 \cdot 10^{-3} T P_ф - 0{,}336 \cdot 10^{-5} T^2,$$

де $X_1 = (V_ф - 3)/2;$ $X_2 = (T - 175)/75;$ $X_3 = (P_ф - 1{,}05)/0{,}75.$

Але, як вже згадувалось, у деяких випадках графічна залежність коефіцієнта тертя при зміні одного або декількох факторів має хвилеподібний (синусоїдальний) характер, що унеможливлює її точне відтворення за допомогою планів другого порядку. У таких випадках слід застосовувати моделі вищих порядків. Плани вищих порядків характеризуються порівняно невеликим асортиментом та нижчим рівнем вивченості. Їх аналіз привів до вибору інтерполяційного плану третього порядку [3] з

ортогональною матрицею типу $N=(n+1)2^n+4n$ (де n - число незалежних змінних; N – кількість дослідів) і поліномом третього порядку

$$y=b_0+\sum_{i=1}^{n}b_ix_i+\sum_{i=1}^{n}b_{ii}x_i^2+\sum_{i=1}^{n}b_{iii}x_i^3+\sum_{i<j}^{n}b_{ij}x_ix_j+\sum_{i<j<k}^{n}b_{ijк}x_ix_jx_к+\sum_{i\neq j}^{n}b_{ijj}x_ix_j^2,$$

де y – функція відгуку; x_i – незалежні змінні; b – коефіцієнти рівняння регресії, формули для яких наведені в роботі [3].

Нами був сформований розподіл точок у факторному просторі для цього плану (плану 3-го

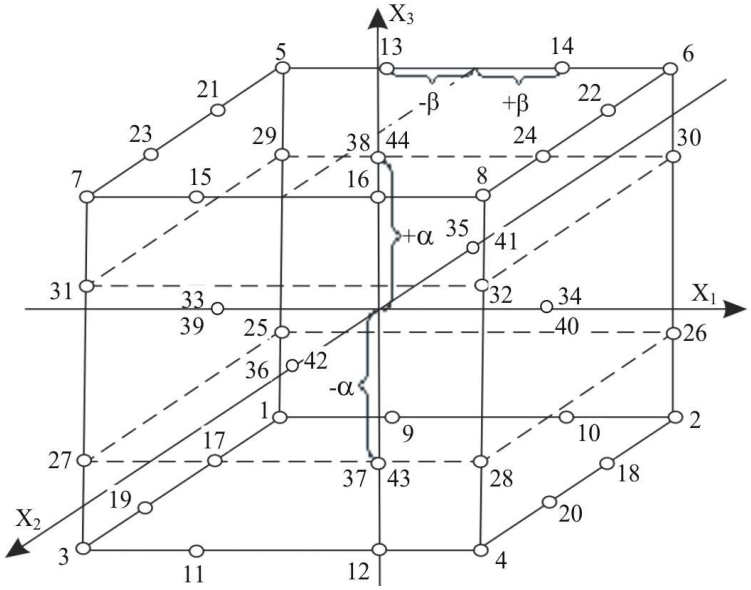


Рисунок 3 – Розподіл точок у факторному просторі
для інтерполяційного плану третього порядку
Figure 3 – Distribution of points in factor space
for a third-order interpolation plan

порядку зі зміною факторів на 4-ох рівнях) (рис. 3). Аналіз рис. 3 показує, що такий розподіл точок дуже зручний для постановки експериментів з метою інтерполяції результатів досліджень кривими високого порядку.

Попри явну корисність такого плану, виявилось, що адекватність одержаних за його допомогою поліноміальних моделей недостатня при відтворенні графічних поверхонь третього порядку. Тому, була проведена перевірка аналітичного аппарату цього плану, в результаті чого з'ясовано, що коефіцієнти рівняння регресії дуже чутливі до числових значень таких параметрів моделі як зіркові плечі α_1 і α_2, величина додаткового ядра β та константи перетворення квадратичної ε і кубічної η змінних. Ці параметри в роботі [3] визначені не точно, у зв'язку з чим нами було проведене їх уточнене визначення, що забезпечило високу якість інтерполяції досліджуваних залежностей.

Після уточненого визначення параметрів інтерполяційного плану третього порядку [3] одержані наступні значення цих параметрів:

$$\alpha_1=\alpha_2=0{,}917;\qquad \beta=0{,}43;\qquad \varepsilon=0{,}6565;\qquad \eta=0{,}9363$$

Щодо формул для коефіцієнтів рівняння регресії, то вони одержані у тому ж вигляді, що і запропоновані авторами роботи [3].

Нижче наведена методика побудови фрикційної характеристики пари тертя у складі гальмового барабана автобуса та зразку металокерамічного фрикційного матеріалу дослідного шифру.

У табл. 1 наведений фрагмент матриці планування експерименту з числом дослідів N=44, за якою проводилась серія активних експериментів з дотриманням вимоги рандомізації дослідів у часі (фактор X_0 = +1 для всіх 44–х дослідів).

Таблиця 1 – Матриця планування експерименту моделі третього порядку для 3-х факторів на 4-х рівнях

Table 1 – Third-order model planning experiment matrix for 3 factors on 4 levels

№	X_1	X_2	X_3	$\overline{\mu}_i$	№	X_1	X_2	X_3	$\overline{\mu}_i$
1	–1	–1	–1	0,335	23	–1	0,43	+1	0,280
2	+1	–1	–1	0,267	24	+1	0,43	+1	0,231
3	–1	+1	–1	0,281	25	–1	–1	–0,43	0,326
4	+1	+1	–1	0,239	26	+1	–1	–0,43	0,260
5	–1	–1	+1	0,300	27	–1	+1	–0,43	0,275
6	+1	–1	+1	0,250	28	+1	+1	–0,43	0,236
7	–1	+1	+1	0,270	29	–1	–1	0,43	0,302
8	+1	+1	+1	0,221	30	+1	–1	0,43	0,263
9	–0,43	–1	–1	0,290	31	–1	+1	0,43	0,272
10	0,43	–1	–1	0,275	32	+1	+1	0,43	0,224
11	–0,43	+1	–1	0,260	33	–0,917	0	0	0,292
12	0,43	+1	–1	0,250	34	0,917	0	0	0,234
13	–0,43	–1	+1	0,270	35	0	–0,917	0	0,270
14	0,43	–1	+1	0,260	36	0	0,917	0	0,245
15	–0,43	+1	+1	0,245	37	0	0	–0,917	0,272
16	0,43	+1	+1	0,231	38	0	0	0,917	0,255
17	–1	–0,43	–1	0,320	39	–0,917	0	0	0,292
18	+1	–0,43	–1	0,250	40	0,917	0	0	0,234
19	–1	0,43	–1	0,290	41	0	–0,917	0	0,270
20	+1	0,43	–1	0,239	42	0	0,917	0	0,245
21	–1	–0,43	+1	0,290	43	0	0	–0,917	0,272
22	+1	–0,43	+1	0,239	44	0	0	0,917	0,255

Нижче наведений приклад статистичної обробки результатів експерименту при побудові поліноміальної моделі третього порядку за ортогональною матрицею $N = (n+1)2^n + 4n$ з використанням залежностей [4,5].

Для оцінки відтворюваності результатів експерименту при однаковому числі дослідів (m=3) у всіх точках матриці, для кожної із 44-ох точок знаходились середні арифметичні значення функції відгуку $\overline{\mu}_i$ за трьома дослідами та дисперсії D_i за формулою (i – номер рядка; j – номер вимірювання в рядку)

$$D_i = \sum_{j=1}^{m} \frac{(\mu_{ij} - \overline{\mu_i})^2}{m-1}.$$

Дослідне значення критерію Кохрена розраховувалось за відношенням

$$G_\partial = D_{i\,max} / D_S = 0{,}321 \cdot 10^{-3} / 0{,}44 \cdot 10^{-2} = 0{,}073,$$

де $D_{i\,max}$ - найбільша дисперсія із 44-ох значень; $D_S = \sum_{i=1}^{44} D_i$ - сумарна дисперсія для всієї матриці планування експерименту .

Теоретичне значення критерію Кохрена G_T при рівні значущості α = 0,05, числі ступенів вільності $f = m-1 = 2$ і числі вузлів n = 44 складає 0,16. Оскільки $G_\partial < G_T$, то приймалась гіпотеза про відтворюваність (рівноточність) результатів експерименту, що є свідченням достатності прийнятої кількості паралельних дослідів (m=3).

Оцінка значущості коефіцієнтів регресії здійснювалась шляхом порівняння їх абсолютних значень з половиною довірчого інтервалу розсіювання середнього значення кожного з коефіцієнтів. Аналіз такого розсіювання проводять за функцією Лапласа, яку, за малим числом дослідів, замінюють функцією Ст'юдента. Для розрахунку половини довірчого інтервалу використовувалась формула

$$\delta = \frac{S\{\mu\}}{\sqrt{k}} t_{\alpha,f} = S\{b_j\} t_{\alpha,f},$$

де $S\{\mu\} = \sqrt{D_S / n}$ - середнє квадратичне відхилення всього експерименту; $k = \sum X_{ij}^2$ - сума квадратів факторів матриці планування експерименту; $S\{b_j\}$ - середнє квадратичне відхилення розсіювання коефіцієнта регресії; $t_{\alpha,f}$ - критерій Ст'юдента при заданому рівні значущості α та числі ступенів вільності f (при $\alpha = 0{,}05$ і $f = N' - 1 = 132 - 1 = 131$ (де N' – кількість всіх дослідів) одержуємо $t_{\alpha,f} = 1{,}98$).

У результаті, із 20 коефіцієнтів повного полінома 3-го порядку значущими виявились 9 коефіцієнтів: b_0=0,26; b_1=0,017; b_2=0,0118; b_3=0,009; b_{11}=0,0077; b_{111}=0,0142; b_{123}=0,0042; b_{122}=0,0055; b_{211}=0,0047.

Перевірка адекватності математичної моделі здійснювалася за допомогою критерію Фішера. Його дослідне значення розраховувалося за формулою

$$F_\partial = S_{a\partial}^2 / S^2\{\mu\},$$

де $S_{a\partial}^2$ - дисперсія адекватності, яка визначалася за залежністю

$$S_{a\partial}^2 = \frac{m\sum_{i=1}^{n}(\bar{\mu}_i - \hat{\mu}_{pi})^2}{n-d},$$

де $\hat{\mu}_{pi}$ - розрахункові значення функції відгуку, одержані після відсіювання незначущих коефіцієнтів моделі; d – число значущих коефіцієнтів моделі.

У результаті розрахунків одержано F_∂=0,777.

Теоретичне значення критерію Фішера при рівні значущості $\alpha = 0{,}05$ та числі ступенів вільності $K_1 = n - d = 44 - 9 = 35$ і $K_2 = N' - 1 = 132 - 1 = 131$ складає $F_T = 1{,}3$. Оскільки $F_\partial < F_T$, то робимо висновок про адекватність одержаної математичної моделі.

На підставі розрахованих коефіцієнтів, що входять в рівняння регресії, була сформована поліноміальна модель фрикційної характеристики пари тертя в кодованих змінних. Після відсіювання незначущих коефіцієнтів і переходу від кодованих змінних до натуральних за формулами

$$X_1 = (T - 275)/175; \qquad X_2 = (V_\phi - 6{,}4)/3{,}6; \qquad X_3 = (P - 2{,}3)/1{,}3)$$

одержана математична модель фрикційної характеристики пари тертя з використанням інтерполяційного плану 3-го порядку при зміні 3-х факторів на 4-ох рівнях

$$\mu = 0{,}412 - (1{,}59P_\phi + 0{,}096T + 0{,}122V_\phi - 0{,}14V_\phi P_\phi + 0{,}067V_\phi^2)\cdot 10^{-2} + (0{,}271T^2 +$$
$$+ 0{,}432TV_\phi + 0{,}242TV_\phi^2 - 0{,}507TV_\phi P_\phi + 3{,}25TP_\phi)\cdot 10^{-5} - (4{,}3T^2V_\phi + 0{,}264T^3)\cdot 10^{-8}.$$

Графічна інтерпретація цієї фрикційної характеристики наведена на рис. 4. Як видно з цього рисунка фрикційна характеристика пари тертя у вигляді поліноміальної моделі 3-го порядку відтворює хвилеподібний (синусоїдальний) характер зміни коефіцієнта тертя μ від температури.

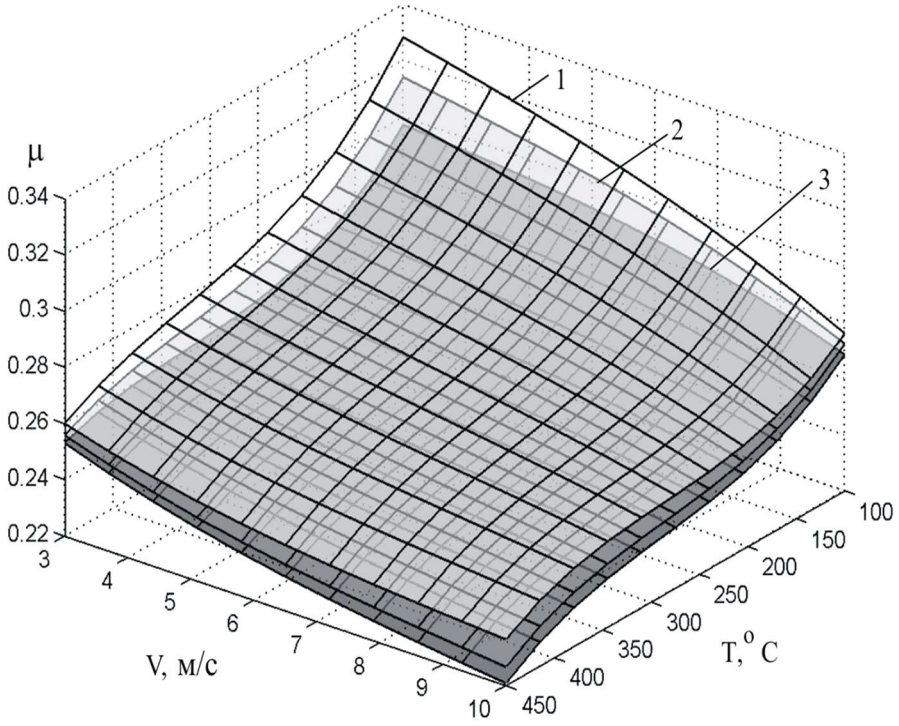


Рисунок 4 – Фрикційна характеристика пари тертя гальмівний барабан автобуса – металокерамічний фрикційний матеріал дослідного шифру:
1 – $P_ф$=1 МПа; 2 – $P_ф$=2,3 МПа; 3 – $P_ф$=3,6 МПа

Figure 4 – Friction characteristic of friction pair brake drum of the bus - metal-ceramic friction material of the experimental code: 1 - Pf = 1 MPa; 2 - Pf = 2.3 MPa; 3 - Pf = 3.6 MPa

Використовуючи регресійний аналіз визначалися також довірчі інтервали, в межах яких, з певним рівнем імовірності, розсіюються значення досліджуваних параметрів.

Для аналітичного розрахунку та графічної побудови фрикційних характеристик розроблено пакет комп'ютерних програм.

Висновки

Використання запропонованих фрикційних характеристик пар тертя гальмівних механізмів у вигляді поліноміальних моделей 3-го порядку для функціонального розрахунку гальмівних механізмів забезпечує реальне врахування впливу таких експлуатаційних факторів як температура, швидкість ковзання та тиск у контакті фрикційної пари на величину гальмівного моменту та його зміну в часі, що наближує розрахункові показники процесу гальмування транспортних засобів до їх фактичних значень.

Запропонований метод моделювання об'єктів з використанням поліноміальних моделей третього порядку можна ефективно використовувати під час дослідження та проектування інших систем автотранспортних засобів, а також в інших галузях техніки чи сферах знань.

Перелік посилань

1. Демьянюк В.А. Фрикционная характеристика тормозного механизма / В.А. Дем'янюк // Вестник Львов. политехн. ин–та № 146. Технология машиностроения и динамическая прочность машин. – Львов : Вища школа. Изд-во при Львов. гос. ун-те, 1980. – С. 40 –42.

2. Дем'янюк В.А. Експериментальні дослідження фрикційних характеристик гальмових механізмів та їх пар тертя / В.А. Дем'янюк // Сб. науч. труд. "Автомобильный транспорт". – Харьков : 2001. – Вып. 7 – 8. – С. 39 – 41.

3. Раздорский В.В. Получение модели объекта в виде полного полинома третьего порядка / В.В. Раздорский, В.Д. Чалый, Ю.И. Яценко // Инженерно – математические методы в физике и кибернетике. – М.: Атомиздат. – 1973.–Вып. 3. – С. 105 – 109.

4. Щиголев Б.М. Математическая обработка наблюдений. – М.: Наука. – 1969. – 344 с.

5. Завадский Ю.В. Планирование эксперимента в задачах автомобильного транспорта. – М.: МАДИ, 1978. – 153 с.

CONSTRUCTION OF FRICTION FEATURES OF FRICTION MOVEMENTS OF BRAKE MECHANISMS IN THE VIEW OF THIRD-ORDER POLYNOMIAL MODELS

Demianiuk Volodimir A., Doctor of Technical Science, Professor, National Transport University, Professor departament of road machines, Kyiv, Ukraine, *vademianiuk@ukr.net, ph.+380677023247, https://orcid.org/0000-0003-2458-5712*

Abstract. The concepts of frictional characteristic of the brake mechanism and frictional characteristic of the friction pair of the brake mechanism, which are necessary for the calculation of the real braking properties of vehicles, are considered. An experimental device has been developed to determine the influence of such destabilizing factors as temperature, sliding speed and contact pressure on the mentioned characteristics. A method for obtaining polynomial models of the third order to determine the effect of temperature, sliding speed and contact pressure on the coefficient of friction in the friction pairs of brake mechanisms is proposed. The technique is suitable for cases when the second-order models inadequately describe the effect of these destabilizing factors on the coefficient of friction in the friction pairs of brake mechanisms.

Keywords: brake mechanisms, friction pairs, coefficient of friction, polynomial model of the third order.

References

1. Demianiuk V.A. Friktsionnaya kharakteristika tormoznogo mekhanizma / V.A.Demianiuk // Vestnik lvov. politekhn. in-ta № 146. Tekhnologiya mashinostroeniya y dinamicheskaya prochnost mashin. – lvov: Vyshcha shkola. Izd-vo pri lvov. gos. un-te, 1980. – pp. 40-42. [in Russian].

2. Demianiuk V.A. Eksperimentalni doslidzhennia friktsiinykh kharakteristik galmovykh mekhanizmiv ta ikh par tertia / V.A.Demianiuk // Sb. nauch. trud. "Avtomobilnyi transport". – Kharkov: 2001. – Vyp. 7 – 8. – pp. 39-41. [in Ukrainian].

3. Razdorskii V.V. Poluchenie modeli ob"ekta v vide polnogo polinoma tret'ego poryadka / V.V.Razdorskii, V.D., Chalyi, Yu.I. Yatsenko // Inzhenerno – matematicheskie metody v fizike i kibernetike. – M.: Atomizdat. – 1973. – Vyp. 3. – pp.105 - 109. [in Russian].

4. Shigoliev B.M. Matematicheskaya obrabotka nablyudienii. – M.: Nauka. – 1969. – 344 p. [in Russian].

5. Zavadskii Yu.V. Planirovanie eksperimenta v zadachakh avtomobilnogo transporta. – M.: MADI, 1978. – 153p. [in Russian].

УДК 629.113 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-260-268**
UDC 629.113

ДО ПИТАННЯ ЩОДО СТВОРЕННЯ ПРИЧІПНОГО АВТОБУСНОГО ПОЇЗДА

ON THE QUESTION OF CREATING A TRAILER BUS TRAIN



Сахно Володимир Прохорович, *доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри автомобілів. e-mail: svp_40@ukr.net, тел.+38 0676655344,*

https://orcid.org/0000-0002-5144-7131



Диких Олександр Вікторович, *магістр, Національний транспортний університет, аспірант кафедри автомобілів. e-mail:* aleksandrdik@ukr.net, *тел. +38 0679466542*

https://orcid.org/0000-0002-3511-3350

Анотація. Шарнірно-з'єднані автобуси і автобусні автопоїзди експлуатуються, як правило, у великих містах з напруженим транспортним потоком. Тому тягово-швидкісні властивості автобусних поїздів повинні бути на рівні одиночних автобусів. Серед 13 показників тягово-швидкісних властивостей, що оцінюють динаміку автопоїзда, найбільш важливими є максимальна швидкість, прискорення при розгоні, час та шлях розгону до максимальної швидкості, час розгону на шляху 400 і 1000 м. За цими показниками показана ефективність і перспективність використання причіпних пасажирських автопоїздів. У якості об'єкту дослідження обрані дизельний автобус А70132 і електробус А701 при їх роботі з причепом. Виконана порівняльна оцінка цих автобусів за показниками тягово-швидкісних властивостей. При цьому встановлено, що використання електробуса для створення автобусного поїзда є проблематичним з погляду на відсутність запасу тягової сили в зоні підвищених навантажень, обумовлених розгоном автобуса. Разом з тим, для автобуса з дизелем є значний запас тяги на нижчих передачах, обумовлений роботою гідротрансформатора. Доведена ефективність використання такого автобусного поїзда при роботі на міських маршрутах, на яких є обмеження максимальної швидкості руху на рівні 50 км/год. Якщо ж швидкість руху збільшується до 70 км/год, то використання автобусного поїзда у складі автобуса А70132 і причепа загальною масою 16000 кг стає малоефективним. Для збільшенні швидкості необхідно або збільшення потужності двигуна автобуса, або активізація причепа.

Ключові слова: автобус, електробус**,** причіп, автобусний поїзд, тягово-швидкісні властивості, потужність, ефективність використання.

Вступ.

Сучасний розвиток громадського і вантажного транспорту веде до збільшення попиту транспортних засобів великих міст і міських автобусів. Ця тенденція обґрунтовує аргументи економії енергії та зниження рівня забруднення навколишнього середовища, обумовленою обмеженістю кількості транспортних засобів і водіїв, необхідних для перевезення великої кількості вантажів і людей. Як слідство, виробники вантажівок та міських автобусів у теперішній час проектують конструкції великої місткості у формі спільних та багатоланкових транспортних засобів [1]. Так, німецька компанія Göppel Bus. представила новий міський автобус з окремим пасажирським причепом [2].

Перевага таких автопоїздів – це можливість легко варіювати місткість автобуса в залежності від пасажиропотоку, мінливого протягом доби, можливість знизити економічні та екологічні витрати за рахунок застосування в години пік ПС з причепом, а в міжпіковий час того ж ПС без причепа. Тобто, автобуси з причепом можуть дати те, чого не можуть дати такі ж по місткості зчленовані автобуси. І автобусні причепи почали повертатися! При створенні таких автопоїздів необхідно вирішити ряд практичних завдань, пов'язаних, у першу чергу, з їх комплектацією [3]. Тому вибір автобуса і причепа для автобусного поїзда є актуальним на сьогодні.



Рисунок 1 – Автобус з причепом компанії Göppel Bus [2]
Figure 1 – Göppel Bus trailer bus [2]

Мета і методи. Шарнірно-з'єднані автобуси і автобусні автопоїзди експлуатуються, як правило, у великих містах з напруженим транспортним потоком. Тому тягово-швидкісні властивості автобусних поїздів повинні бути на рівні одиночних автобусів. Серед 13 показників тягово-швидкісних властивостей [4] це, в першу чергу, максимальна швидкість, прискорення при розгоні, час та шлях розгону до максимальної швидкості, час розгону на шляху 400 і 1000 м. Усі ці показники визначають або аналітичним (шляхом інтегруванням диференціального рівняння руху автомобіля), або графоаналітичним методом (шляхом тягового розрахунку автопоїзда) [5]. В основі аналітичного методу для визначення колової сили на ведучих колесах покладена залежність крутного моменту двигуна у функції частоти обертання у вигляді квадратного поліному, що не є характерним для більшості сучасних двигунів [6]. Тому означені показники тягово-швидкісних властивостей будемо визначати на основі тягового розрахунку автобусного поїзда [7].

Мета публікації полягає у визначенні показників тягово-швидкісних властивостей автобуса з дизелем А70132 і електробуса А70100 з можливістю створення на їх основі автобусного поїзда.

Об'єктом дослідження є показники тягово-швидкісних властивостей автобуса з дизелем А70132 і електробуса А70100 при їх роботі з причепом [7]. В роботі використано наступні **методи:** аналізу та узагальнення літературних джерел, математичне моделювання режимів руху автобусного поїзда, порівняльний аналіз показників тягово-швидкісних властивостей автобуса і електробуса.

Результати і пояснення. Визначення показників тягово-швидкісних властивостей автобусного поїзда здійснювалося на основі вихідних характеристик транспортних засобів заводу «Богдан», що виготовляє автобуси і електробуси, табл.1.

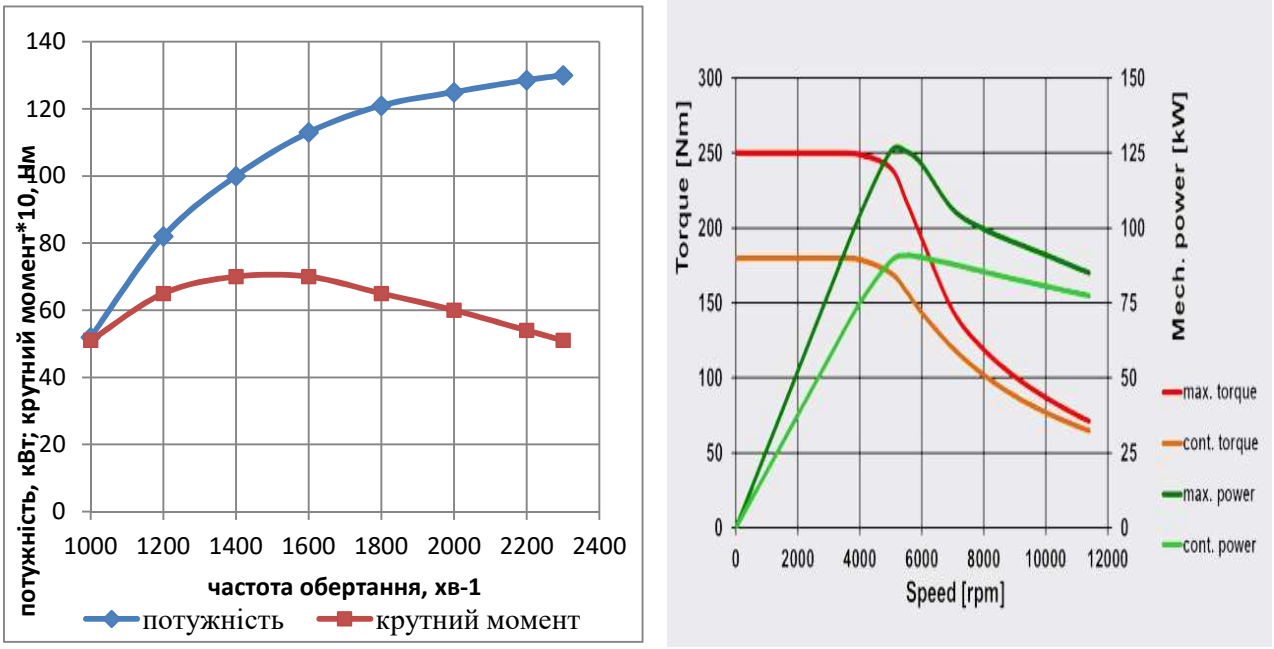
Таблиця 1 – Технічні характеристики транспортних засобів заводу «Богдан» [8]
Table 1 – Technical characteristics of vehicles of the plant "Bogdan" [8]

Тип	**Автобус**	**Електробус**
1	2	3
Модель	А70132	А70100
Призначення	Міський, низькопідлоговий	Міський, низькопідлоговий
Довжина / ширина /висота, мм	11960/2550/3180	11960/2550/3180
Колісна база, мм	5860	
Колія, передня/задня, мм	2160/1890	
Споряджена маса, кг	10860	
Повна маса, кг	18250	

Продовження табл.1
Continuation of table.1

1	2	3
4Максимальна швидкість, км/год	70	70
Двигун / Тяговий електродвигун	IVECO NEF F4AE-6	4 блоки тягових батарей, запас ходу до 200 км
Розташування двигуна	Заднє повздовжнє	
Кількість та розташування циліндрів	6, рядне	
Об'єм, л	5,9	
Потужність, кВт (к.с.)	194 (264)/2400	2×125 кВт/11000
Крутний момент, Нм	1000/1400	2×250
Екологічний стандарт	Euro 5	
Коробка передач	Allison	
Тип	Автоматична	
Кількість передач переднього ходу	6	
Головна передача	5,76	
Пасажиромісткість (без водія) чол.	106	80
Кількість місць для сидіння (без водія)	30	26
Колеса / Шини	272/70R22.5	
Номінальна напруга, В		24

Тягово-швидкісні властивості автобуса оцінюють за допомогою його динамічної характеристики, графіка прискорень та швидкісної характеристики розганяння, які будують на основі швидкісної зовнішньої характеристики дизеля і електродвигуна [8], рис.2.



а) б)

Рисунок 2 – Швидкісна зовнішня характеристика дизеля (а) і електродвигуна (б)
Figure 2 – High-speed external characteristics of diesel (a) and electric motor (b)

Для побудови динамічної характеристики автобуса визначаємо динамічний фактор *D* автобуса і прискорення автобуса *J*, що обчислюємо за формулами [9]

$$D = \frac{P_p - P_w}{G_a}, \quad (1)$$

$$j = \frac{D - \Psi}{\delta}, \quad (2)$$

де P_p – сила тяги на ведучих колесах, Н;
P_W – сила опору повітря, Н,
G_a – сила тяжіння від повної маси автомобіля, Н;
Ψ – коефіцієнт опору дороги, $\Psi = 0{,}02$;
δ – коефіцієнт, що враховує інерцію обертових мас автомобіля при розганянні, $\delta = 1 + \sigma_1 u_{ki}^2 + \sigma_2$,
$\sigma_1 = 0,04; \sigma_2 = 0,04$ ·

$$P_p = \frac{M_к U_к K_T U_0 \eta_{тр}}{r_д}, \quad \text{Н}, \quad (3)$$

де $M_к$ – крутний момент двигуна за його швидкісною зовнішньою характеристикою, Н·м;
$U_к$, U_0 – передаточні числа відповідно коробки передач, додаткової коробки та головної передачі;
K_T – коефіцієнт трансформації, що приймається рівним одиниці при розрахунку прискорень автобуса (блокування гідротрансформатора у процесі розгону);
$\eta_{тр}$ – коефіцієнт корисної дії (ККД) трансмісії автобуса;
$r_д$ – динамічний радіус коліс автобуса, м.

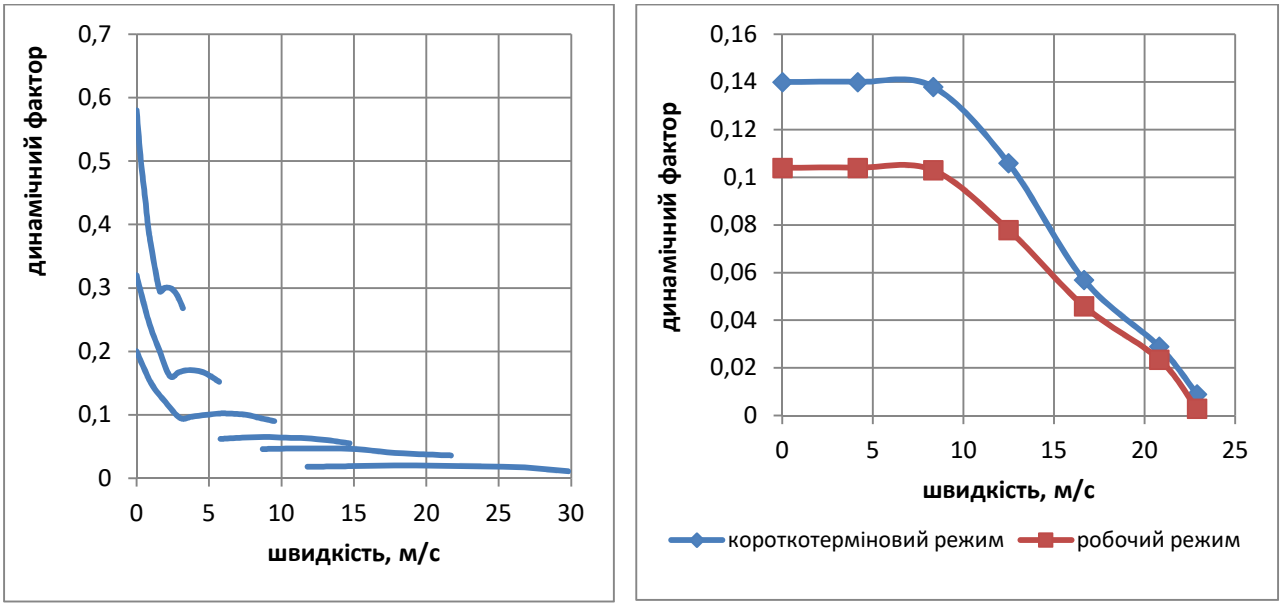
$$P_W = W \cdot V^2, \text{ Н}, \quad (4)$$

де W – фактор обтічності автомобіля, $Н \cdot с^2/м^2$;
V – швидкість автомобіля, м/с.

$$V = \frac{\omega \cdot r_к}{U_к U_{дк} U_0}, \text{ м/с}; \quad (5)$$

На рис.3 наведені графіки динамічної характеристики автобуса і електробуса. При цьому враховано, що автобус з дизелем обладнано автоматичною трансмісією з гідротрансформатором, який блокується на вищих передачах.

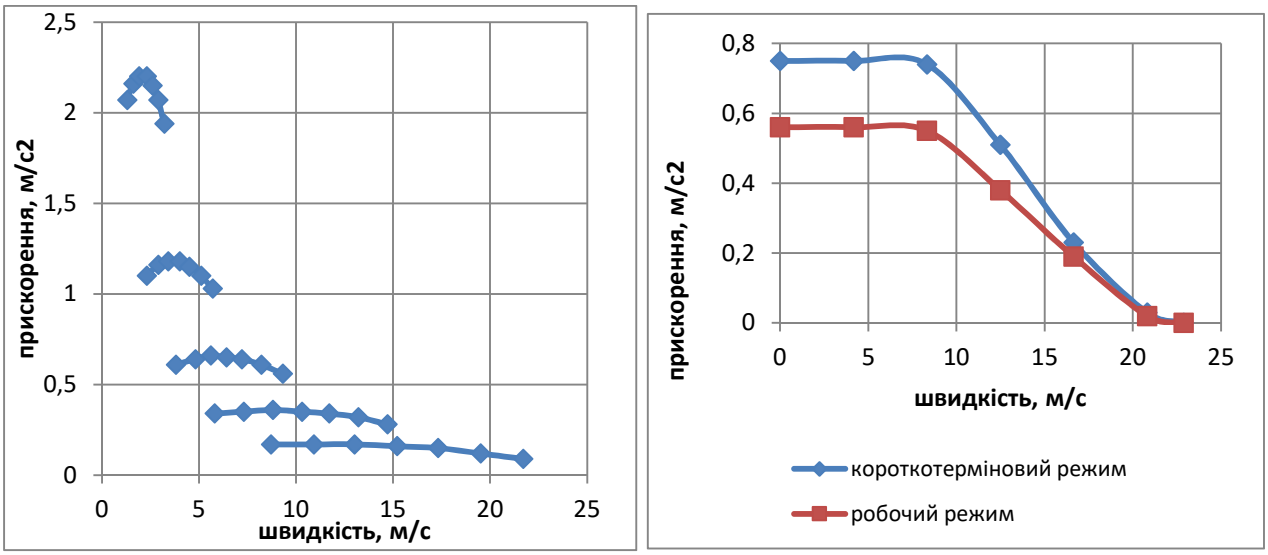
Аналіз наведених графіків показує, що використання електробуса для створення автобусного поїзда є проблематичним з погляду на відсутність запасу тягової сили в зоні підвищених навантажень обумовлених розгоном автобуса. Для автобуса з дизелем є значний запас тяги на нижчих передачах, обумовлений роботою гідротрансформатора. Разом з тим, тягові можливості автобуса на 6 передачі не дозволяють використовувати цю передачу при роботі автобуса у складі автобусного поїзда. Якщо зважити на обмеження максимальної швидкості автобуса на рівні 70 км/год, то ця швидкість досягається на 5 передачі, де ще є запас тяги для автобусного поїзда.



а) б)

Рисунок 3 – Динамічна характеристика автобуса (а) і електробуса (б)
Figure 3 – Dynamic characteristics of the bus (a) and electric bus (б)

Значення динамічного фактору по передачам покладені в основу розрахунку графіка прискорень, рис.4.



а) б)

Рисунок 4 – Графік прискорень автобуса (а) і електробуса (б)
Figure 4 – Schedule of accelerations of the bus (a) and electric bus (б)

Аналіз даних, рис.4, підтверджує висновок про проблематичність використання електробуса при створенні автобусного поїзда. Тому у подальшому визначимо показники тягово-швидкісних властивостей автобусного поїзда з автобусом А70132. Приймемо масу причепа Gп=16000 кг. Ці показники визначимо шляхом розв'язку диференціального рівняння руху автомобіля за виразами наведеними у табл. 2 [10].

Таблиця 2 – Основні розрахункові формули для визначення показників тягово-швидкісних властивостей автомобіля

Table 2 – Basic calculation formulas for determining the traction and speed properties of the car

Параметр	Розрахункова формула
1	2
Рівняння руху при розгоні	$\frac{dV}{dt} m_a \delta_o = aV^2 + bV + c_i$
Час розгону, с	$\tau = M_a \delta_o \int_{V_н}^{V_к} \frac{dV}{aV^2 + bV + c_i}$
Шлях розгону, м	$S = m_a \cdot \delta_o \cdot \left\{ \frac{1}{2a_i} \ln \left\| aV^2 + bV + c_i \right\|_{V_н}^{V_к} - \frac{b_i}{2 \cdot a_i} \int_{V_н}^{V_к} \frac{dV}{aV^2 + bV + c_i} \right\}$
Рівняння руху при вибігу	$\frac{dV}{dt} \cdot m_a \cdot \delta_o' = -m_a \cdot g(f_0 K_f V) - K_в \cdot F \cdot V^2 - P_{fx}$
Мінімальна усталена швидкість, м/с	$V_{\min y} = -\frac{m_a g f_0 A_i - K_в F C_i}{m_a g K_f A_i - K_в F B_i} + \sqrt{\left(\frac{m_a g f_0 A_i - K_в F C_i}{m_a g K_f A_i - K_в F B_i} \right)^2 - \frac{m_a g (f_0 B_i - K_f C_i)}{m_a g K_f A_i - K_в F B_i}}$
Максимальна швидкість, м/с	$V_{\max} = \frac{-b_i - \sqrt{b_i^2 - 4a_i c_i}}{2a_i}$
Середня швидкість на швидкісній дорозі, м/с	$V_c = \frac{\sum S_i}{\sum t_i}$
Максимальне прискорення при розгоні, м/с^2	$j_{\max} = \frac{1}{G_a \delta_i} \left(c_i - \frac{b_i^2}{4a_i} \right)$
Середнє прискорення при розгоні, м/с^2	$j_{cpi} = \frac{1}{G_a \delta_i} \left[\frac{a_i}{3} (V_к^2 + V_к V_н + V_н^2) + \frac{b_i}{2} (V_к + V_н) + c_i \right]$
Максимальний долаємий підйом	$\sin \alpha_{\max} = \frac{1}{G_a \delta} \left(C_i - G_a g f_0 \cos\alpha - \frac{(B_i - G_a g K_f \cos\alpha)^2}{4A_i} \right)$
Швидкість на підйомі, м/с	$V_{ycm} = \frac{-b_i - \sqrt{b_i^2 - 4a_i c_i}}{2a_i}$
Максимальна сила тяги на гаку, Н	$P_{КР_{\max}} = C_i - \frac{b_i^2}{4a_i}$
Середня швидкість на маршруті, м/с	$V_c = \frac{0{,}27 N_{yд} \eta_m \sum_{i=1}^{n} K_i d_i}{\frac{\gamma_{piN} \sum K_i d_i}{l_i}}$

Продовження табл.2
Continuation of table.2

1	1
Коефіцієнти рівнянь	$a_i = A_i - K_{\text{В}} \cdot F, \quad b_i = B_i - K_f \cdot m_a \cdot g, \quad c_i = C_i - f_a \cdot m_a \cdot g$; $A_i = a \cdot \frac{U_i^3 \cdot \eta_м}{r_д r_к^2}$, $B_i = b \cdot \frac{U_i^2 \cdot \eta_м}{r_д \cdot r_к}$, $C_i = c \cdot \frac{U_i \cdot \eta_м}{r_д}$, $a = \frac{M_{e\min}}{A_{11}} + \frac{M_{e\max}}{A_{12}} + \frac{M_{eN}}{A_{13}}$, $b = \left[\frac{(\omega_N + \omega_M) \cdot M_{e\min}}{A_{11}} + \frac{(\omega_N + \omega_{\min}) \cdot M_{e\max}}{A_{12}} + \frac{(\omega_{\min} + \omega_M) \cdot M_{eN}}{A_{13}} \right.$, $c = \left(M_{e\min} \cdot \frac{\omega_M \cdot \omega_N}{A_{11}} + M_{e\max} \cdot \frac{\omega_N \cdot \omega_{\min}}{A_{12}} + M_{eN} \cdot \frac{\omega_{\min} \cdot \omega_M}{A_{13}} \right)$; $\delta_i = 1 + \sigma_1 \times u_{ki}^2 + \sigma_2$; $P_{fx} = (2 + 0{,}025 \cdot V) \cdot m_a \cdot g \cdot 10^{-3}, \quad H$ ω_M, ω_N, ω_{Mmin} – частота обертання колінчастого валу двигуна в режимі максимального крутного моменту, максимальної потужності і мінімальна частота; U_i – передаточне відношення трансмісії автобуса на і-ій передачі; u_{ki} – передаточне відношення коробки передач автобуса на і-ій передачі M_{emin}, M_{emax}, M_{eN} – мінімальний, максимальний і момент двигуна в режимі максимальної потужності; f_0 – коефіцієнт опору кочення за швидкості 1 м/с; f_a – коефіцієнт опору кочення при заданій швидкості; K_f – коефіцієнт, що враховує приріст коефіцієнта f від швидкості руху; V_K, V_H – кінцева і початкова швидкість в процесі розгону; $N_{уд}$ – питома потужність автобуса; $\eta_м$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії; K_i – відносний шлях руху автобуса на i-ій передачі γ_{piN} – питома тягова сила на i-ій передачі при роботі двигуна в режимі максимальної потужності; r_d, r_k – динамічний радіус і радіус кочення колеса.

За наведеним алгоритмом, табл.2, визначені показники тягово-швидкісних властивостей автобуса і автобусного поїзда, табл.3.

Таблиця 3 – Показники тягово-швидкісних властивостей автобуса і автобусного поїзда
Table 3 – Indicators of traction and speed properties of the bus and bus train

	Назва показника	автобус	автобусний поїзд
1	2	3	4
1	максимальна швидкість при Ψ= 0,02 , км/год	80	70
2	час розгону до V=70/50 км/год	87,5/29,8	182,3/56,2
3	-шлях розгону до V=70/50 км/год, м	1750/237,5	3856/485,5

Продовження табл.3
Continuation of table.3

1	2	3	4
4	- час розгону на п'ятій передачі, с	61,5	143,4
5	- шлях розгону на п'ятій передачі, м	1485	3272
6	середня швидкість, м/с	43,76	29,41
7	max. прискорення при розгоні, м/с^2	2,2	1,18
8	max. динамічний фактор на п'ятій передачі	0,042	0,027
9	усталена швидкість на затяжних підйомах (3%), м/с	54,8	40,5

Аналіз даних табл. 3 показує на можливість використання автобусного поїзда при його роботі на міських маршрутах, на яких є обмеження максимальної швидкості руху на рівні 50 км/год. Якщо ж швидкість руху збільшується до 70 км/год, то використання автобусного поїзда у складі автобуса А70132 і причепа загальною масою 16000 кг стає малоефективним, так як різко збільшується час і шлях розгону і зменшується середня швидкість руху. Цьому можна завадити або збільшенням потужності двигуна автобуса, або активізацією причепа. Проте у будь-якому разі при створенні автобусного поїзда слід приділити більше уваги безпеці руху автобусного поїзда, і зокрема, конструкції причепа. Так, у розробленій конструкції причепа, розробленого німецькою компанією Göppel Bus, встановлені антиблокувальна гальмівна система і електронна система стабілізації руху, відеокамера контролю двері, відеокамера контролю ситуацію в причепі під час руху, відеокамера для контролю попадання людей у зчіпний проміжок, відеокамера для безпечного руху заднім ходом, автоматичні двері, що не допускають затиснення в них пасажира, та пристрій для зв'язку пасажирів з водієм.

Висновки та рекомендації.

Показана перспективність використання причіпних пасажирських автопоїздів. Виконана порівняльна оцінка дизельного автобуса А70132 і електробуса А701 при їх роботі з причепом загальною масою 16000 кг. Доведена ефективність використання автобуса А70132 з причепом при його роботі на міських маршрутах, на яких є обмеження максимальної швидкості руху на рівні 50 км/год. При цьому встановлено, що використання електробуса для створення автобусного поїзда є проблематичним з погляду на відсутність запасу тягової сили в зоні підвищених навантажень, обумовлених розгоном автобуса. Якщо ж швидкість руху збільшується до 70 км/год, то використання такого автобусного поїзда стає малоефективним, так як різко збільшується час та шлях розгону і зменшується середня швидкість руху. Цьому можна завадити або збільшенням потужності двигуна автобуса, або активізацією причепа.

Перелік посилань

1. Maciej Marcin Michałek , Bartosz Patkowski , Tomasz Gawron. Modular Kinematic Modelling of Articulated Buses //Ieee transaction on vehicular technology, VOL. 69, NO. 8, AUGUST 2020.

2. http://urbanua.org/dosvid/zakordonni-pryklady/225/Автоцентр.ua › kommercheskie › avtobus-s-pritsepom-274056/

3. Пасажирські причепи для автобусів та тролейбусів. http://urbanua.org/dosvid/zakordonni-pryklady/225

4. Сахно В.П, Безбородова Г.Б., Маяк М.М., Шарай С.М. Автомобілі. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність: навч. посіб. Київ, 2003, 153 с.

5. Волков В.П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: навч. посібник. Харків: ХНАДУ, 2003. – 292 с.

6. Солтус А.П. Теория эксплуатационных свойств автомобиля: учебное пособие для вузов. Киев: Аристей, 2004. – 188 с.

7.Сахно В.П., Корпач О.А. Математична модель для визначення тягово-швидкісних властивостей автомобіля при використанні двигунів різної потужності. Управління проектами, системний аналіз і логістика. Науковий журнал. Вип. 9. – НТУ, 2012. – С. 165-171.

8. http://nash-transport.com/bus/bogdan-a701/

9. Сахно В.П., Ященко Д.М., Диких О.В., Стельмащук В.В., Онищук В.П. До вибору типу двигуна при модернізації БТР-70. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. №2(15). – Луцький НТУ, 2020. –– С.134-146.

ON THE QUESTION OF CREATING A TRAILER BUS TRAIN

Dykich Oleksandr V., magistr of transport, National Transport University, postgradiate student of Automobiles Department, e-mail: *aleksandrdik@ukr.net*, +38 0679466542, *https://orcid.org/0000-0002-3511-3350*
Sakhno Volodymyr P., Doctor of Engineering Sciences, Professor, National Transport University, Head of Automobiles Department, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua, *+38 0676655344, https://orcid.org/0000-0002-5144-7131,*
https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7003877014
https://www.webofscience. com/wos/author/record/25153362

Abstract. Hinged buses and bus trains are usually operated in large cities with heavy traffic. Therefore, the traction and speed properties of bus trains should be at the level of single buses. Among the 13 indicators of traction and speed properties that assess the dynamics of the road train, the most important are maximum speed, acceleration during acceleration, time and path of acceleration to maximum speed, acceleration time on the path of 400 and 1000 m. road trains. The A70132 diesel bus and the A701 electric bus were selected as the object of the study when working with the trailer. A comparative assessment of these buses on the indicators of traction and speed properties. It was found that the use of electric buses to create a bus train is problematic in view of the lack of traction in the area of high loads due to the acceleration of the bus. However, for a bus with diesel there is a significant reserve of traction in lower gears, due to the operation of the torque converter. The efficiency of using such a bus train when working on urban routes, where there is a limit on the maximum speed at 50 km / h. If the speed increases to 70 km / h, the use of a bus train consisting of a bus A70132 and a trailer with a total weight of 16,000 kg becomes inefficient. To increase the speed, it is necessary to either increase the power of the bus engine or activate the trailer.

Key words: bus, electric bus, trailer, bus train, traction-speed properties, power, efficiency of use.

References

1. Maciej Marcin Michałek , Bartosz Patkowski , Tomasz Gawron. Modular Kinematic Modelling of Articulated Buses //IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, VOL. 69, NO. 8, AUGUST 2020.

2. http://urbanua.org/dosvid/zakordonni-pryklady/225/Автоцентр.ua › kommercheskie › avtobus-s-pritsepom-274056/

3. Passenger trailers for buses and trolleybuses. http://urbanua.org/dosvid/zakordonni-pryklady/225_4 [in Ukrainian].

4. V.P. Sakhno, G.B. Bezborodova, M.M. Mayak, S.M. Sharay Cars: Traction-speed properties and fuel efficiency / Textbook. manual/. - K: 2003, 153 c. [in Ukrainian].

5. Volkov V.P. Theory of operational properties of the car: textbook. manual. Kharkiv: KhNADU, 2003. - 292 p. [in Ukrainian].

6. Soltus A.P. The theory of operational properties of the car: a textbook for universities. Kyiv: Aristei, 2004. - 188 p. [in Russian].

7. Sakhno V.P., Korpach O.A. Mathematical model for determining the traction and speed properties of the car when using engines of different power. Project management, systems analysis and logistics. Scientific journal. Vip. 9. - NTU, 2012. - P. 165-171. [in Ukrainian].

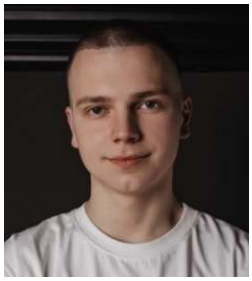
8. http://nash-transport.com/bus/bogdan-a701/

9. Sakhno VP, Yashchenko DM, Dikih OV, Stelmashchuk VV, Onishchuk VP Before choosing the type of engine when upgrading the BTR-70. Modern technologies in mechanical engineering and transport. Scientific journal. №2 (15). - Lutsk NTU, 2020. –– P.134-146. [in Ukrainian].

УДК 001.891.57:621.879.4 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-269-276**
UDC 001.891.57:621.879.4

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ІННОВАЦІЙНИХ ЗЕМЛЕРИЙНИХ МАШИН БЕЗПЕРЕРВНОЇ ДІЇ

WORKING PROCESSES MODELING FOR INNOVATIONAL CONTINUOUSLY OPERATING EARTHMOVING MACHINES



Пацьора Данило Іванович, *Національний транспортний університет, магістрант кафедри інженерії машин транспортного будівництва, e-mail: dpatsora@gmail.com, тел.: +380996460618,*

https://orcid.org/0000-0001-9515-3672 .



Томашевська Марина Сергіївна, *Національний транспортний університет, аспірантка кафедри інженерії машин транспортного будівництва, e-mail: kandrsigma@i.ua, тел.:+380937766487,*

https://orcid.org/0000-0002-7346-2826

Анотація. У статті розглянуто питання підвищення ефективності роботи інноваційних конструкцій безківшевих роторних робочих органів землерийних машин безперервної дії шляхом удосконалення процесів розвантаження роторів від розробленого ґрунту. Розроблено та виготовлено фізичну модель запропонованої конструкції робочого органа безківшевого типу з двохступеневим лотковим розвантаженням можливістю зміни конструкції розвантажувального вузла в процесі виконання досліджень. Відпрацьована в процесі виконання досліджень методика модельних випробувань та експериментальне обладнання, дозволять виконати необхідний комплекс випробувань для побудови регресійних рівнянь досліджувального процесу та оптимізації конструкції лоткового розвантажувального вузла.
Ключові слова: землерийна машина, моделювання, робочий процес, ґрунт, стенд, подібність.

Вступ та актуальність проблеми

Підвищення ефективності виробництва та якості машинобудівної продукції на базі впровадження у виробництво нової техніки, автоматизованих та роботизованих комплексів машин є одним з визначальних напрямків розвитку машинобудування. Досягнення ефекту інтенсифікації робочих процесів дорожньо-будівельних машин можливе шляхом реалізації високих темпів виконання необхідних наукових досліджень та своєчасної реалізації їх результатів.

Створення новітніх дорожньо-будівельних, в тому числі землерийних машин безперервної дії, з використанням традиційних та інноваційних способів взаємодії робочого обладнання з ґрунтовим середовищем, а також досягнень фундаментальних наук визначають основні напрямки розвитку будівельного та дорожнього машинобудування. В галузі землерийного машинобудування постала проблема створення високоефективних універсальних землерийних машин безперервної дії та траншейних машин різного технологічного призначення, продуктивність яких в рази більше відомих конструкцій.

В зв'язку з об'єктивною наявністю великої різнорідності окремих машин та обладнання, що входить до складу дорожньо-будівельного комплексу найбільш важливими задачами слід вважати розробку методів створення сучасної мехатронної техніки на базі досягнень фундаментальних наук.

використання досягнень в суміжних та віддалених областях науки і техніки, підвищення темпів пошуку нових технічних рішень та їх реалізації.

Реалізація вказаних положень в інженерній практиці потребує наукової організації процесу створення нової техніки, що базується на основі системного аналізу як наукової фундаментальної розробки необхідних первинних схемотехнічних рішень [1]. Зміст системного аналізу, в процесі створення нової техніки, включає в себе питання форсування комп'ютерних методів формалізації складних невизначених задач та їх представлення для вирішення з використанням сучасної обчислювальної техніки та з залученням до вирішення вказаної проблеми методів моделювання.

Метою досліджень є розробка методології визначення на фізичній моделі оптимальних режимів роботи та конструктивних параметрів інноваційних робочих органів землерийних машин безперервної дії, ефективності двохступеневого розвантаження, силових і енергетичних показників навантаження роторних робочих органів і машин в цілому з використанням методів теорії подібності та фізичного моделювання.

Аналіз результатів виконаних досліджень та публікацій. В енергетиці, гідротехнічному будівництві, авіації, дорожньому та будівельному машинобудуванні фізичне моделювання, як метод наукових досліджень використовується досить широко [2-4]. Особливо це характерно для дослідження систем і процесів для яких структура і склад рівнянь, що їх описують, не є чітким і до кінця зрозумілим.

Створенню основ подібності і фізичного моделювання присвячена значна кількість робіт [5-7], що мають фундаментальний характер. Використання їх результатів дозволило досягти значного прогресу в розробці та удосконаленні методів фізичного моделювання робочих процесів дорожньо-будівельних машин, в тому числі землерийних машин безперервної дії [8-10].

Однак, до сьогоднішнього дня не вирішено цілий ряд фундаментальних питань створення та оптимізації конструкцій і робочих процесів спеціальних землерийних машин безперервної дії, робочі процеси яких мають тільки їм притаманні особливості [8]. В першу чергу це стосується універсальних землерийних машин безперервної дії здатних одним і тим же робочим органом без його переналагоджування відкопувати в ґрунті протяжні виїмки змінної ширини та глибини, а також траншейних машин, що розробляють ґрунт та переміщують його із забою на розвантаження суцільним потоком, а не окремими порціями та без обмеження швидкостей різання ґрунту.

Об'єктом дослідження , є інноваційні роторні робочі органи універсальних землерийних машин безперервної дії і траншейних машин підвищеної продуктивності, а також їх взаємодії з розроблюваним ґрунтовим середовищем.

Результати досліджень і пояснення. Вихідною конструкцією під час проведення модельних експериментальних досліджень безківшевих роторних робочих органів траншейних екскаваторів є машина ЕТР-134, характерний представник машин безперервної дії обладнаних безківшевим роторним робочим органом (рис. 1). Екскаватор призначений для відкопування траншей прямокутного профілю, глибиною до 1,3 м і шириною 0,28 м в немерзлих ґрунтах до IV категорії включно і ґрунтів сезонного промерзання з міцністю на поверхні до 200 ударів по ударнику ДорНДІ. Може використовуватись для прокладання ліній зв'язку вздовж траси автомобільних, або залізних доріг, для будівництва інших протяжних підземних транспортних комунікацій.

Робочий орган екскаватора (рис. 2) включає ротор 1 з приводом, раму ротора 2, ґрунтоочисники 3, бермоутворювачі 4, зачисний башмак 5. Ротор являє собою диск, центральна вісь якого спирається на підшипники, встановлені на рамі ротора. З одного боку диска кріпиться зубчастий вінець, за допомогою якого через редуктор від гідромотора забезпечується привод обертання ротора. По обидва боки диска ротора закріплені циліндричні барабани 6, що утворюють разом з нерухомими боковинами 7 ротора, встановленими на рамі, закриту порожнину його приводу. До диску ротора по його периметру у визначеному порядку приварено траверси 8 зі встановленими на них ріжучими елементами 9.

Рама ротора являє собою зварену конструкцію, що складається з двох поздовжніх балок коробчастого перетину, з'єднаних поперечиною. На рамі встановлені ґрунтоочисники, що вилучають ґрунт з внутрішніх кільцевих порожнин ротора, при його розвантаженні консольна частина яких, розташована на деякій відстані від поздовжньої вісі робочого органу. Консолі грунтознімачів утворюють собою бермоутворювачі, що слугують для переміщення вилученого з ротора ґрунту бокові у відвали на задану відстань від траншеї.



Рисунок 1 – Екскаватор ЕТР-134.
Figure 1 – ETR-134 excavator.

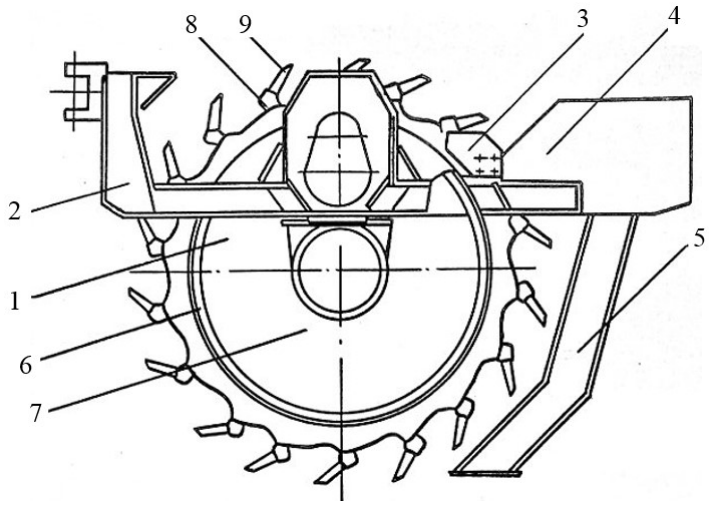


Рисунок 2 – Безківшевий робочий орган траншейного екскаватора: 1 – ротор; 2 – рама ротора; 3 – ґрунтоочисник; 4 – бермоутворювач; 5 – зачисний башмак; 6 – барабан; 7 – боковина ротора; 8 – траверса; 9 – ріжучий елемент

Figure 2 – Bucketless implement of the rotary excavator: 1- rotor, 2 – rotor frame; 3 – soil remover crossarm; 4 - berm maker; 5 – clean-up bearing plate; 6 – shell; 7 – rotor sidewall; 8 – crossarm; 9 – cutter

Розглянута конструкція робочого органа екскаватора являє собою безківшевий ротор, що здатен транспортувати розроблений ґрунт із забою безперервним потоком, а не окремими порціями і не має при копанні ґрунту обмежень швидкості різання.

До завдань експериментальних досліджень, що визначають їх зміст, входить визначення:

- параметрів силового навантаження вихідної конструкції робочого органу екскаватора, а саме: сили тяги на роторі T, крутного моменту на валу його приводу $M_{кр}$, сили тяги що витрачається на роботу бермоутворювачів $T_б$ і поздовжніх навантажень на раму ротора $T_р$;

- параметрів силового навантаження і енергетичних характеристик робочого процесу безківшевого роторного робочого органа з рекомендованою конструкцією двохступеневого лоткового розвантажувального вузла.

В якості основного методу при проведенні цих досліджень обрано метод подібності і фізичного моделювання.

У процесі досліджень варіюються значення конструктивних параметрів досліджуваної моделі робочого органа та режими його роботи. При цьому дотримуються основні положення теорії подібності та фізичного моделювання [2]. Масштаб моделювання лінійних величин вибрано рівним п'яти, тобто $C_l = 5$. Масштабні коефіцієнти перерахунку від параметрів "моделі" на "натуру". отримано в процесі виконання експериментальних досліджень в даному напрямку, що проводились на кафедрі дорожніх машин НТУ і приведено в [8].

Забезпечення необхідних "модельних" швидкостей різання ґрунту і подачі робочого органу на забій досягається шляхом регулювання відповідних гідрооб'ємних приводів випробувального стенду. Ідентичність геометричних параметрів "моделі" досліджуємого робочого органу "натурі", при вибраному масштабі моделювання лінійних величин, забезпечується при її виготовленні Розглядаючи процес моделювання досліджуваної системи як наближений, в якості основного, при моделюванні ґрунтових середовищ, прийнятий метод еквівалентних матеріалів [6], при цьому використовується методика виготовлення модельних ґрунтів, розроблена на кафедрі дорожніх машин НТУ [8] . Прийнявши в якості вихідного типу "натурного" ґрунту суглинок, необхідні, або близькі до даного ґрунтового середовища, значення фізико-механічних параметрів його моделі отримані для наступного складу: річковий пісок – 75 %, молота глина – 20 %, моторна олива – 5 %

Виготовлення моделі ґрунту проводиться шляхом ретельного перемішування вказаних вище компонентів з метою надання суміші однорідності. Суміш укладається в ґрунтовий канал і здійснюється її пошарове ущільнення. Контроль фізико-механічних властивостей ґрунту при цьому здійснюється відомими приладами: ударником ДорНДІ, та щільноміром-вологоміром Н.П.Ковальова. Розкид значень фізико-механічних характеристик модельного ґрунту, викладеного і ущільненого в каналі не перевищує 12-15 %.

Модель робочого органу екскаватора ЕТР-134, виконана в масштабі 1:5 (рис. 3), включає в себе ротор 1 з приводом, раму робочого органу 2, ґрунтоочисники 3 з бермоутворювачами 4, зачисний башмак 5. Вісь центрального диска ротора встановлена в підшипникових опорах кронштейнів 6. По периметру диска ротора розташовані траверси 7 з ріжучими елементами 8, схема розстановки яких аналогічна схемі на натурній машині.

Привод ротора складається з аксіально-плунжерного гідромотора ланцюгової передачі і одноступінчатого редуктора приводу ротора. Останній включає зубчастий вінець, жорстко закріплений на диску ротора і насаджену на привідному валу шестерню, котрими передається крутний момент від гідромотора через ланцюгову передачу і вал приводу безпосередньо на робочий орган. Редуктор закритий циліндричними барабанами та нерухомими боковинами, що кріпляться до кронштейнів підвіски ротора.

Вимірювальними елементами при проведенні експериментальних досліджень є стандартні промислові тензорезистори, що наклеюються у відповідних місцях конструкцій вимірювальних пристроїв. Крутний момент на валу привода ротора вимірюється з допомогою тензометричного датчика тиску, встановленого в напірній магістралі гідродвигуна приводу ротора.

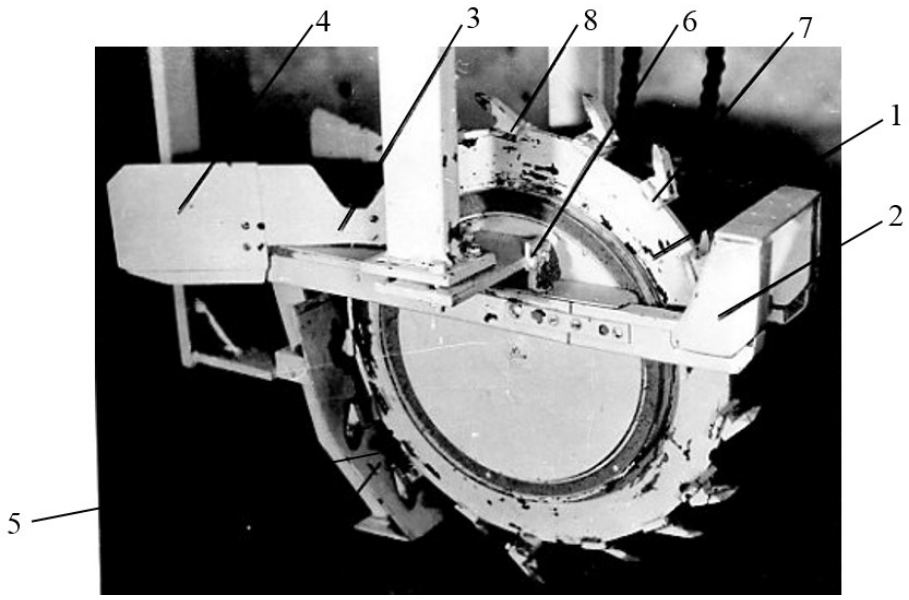
Сила тяги T, прикладена до робочого органу, вертикальна та бокова складові сил копання ґрунту робочим органом вимірюються з використанням спеціальної тензопідвіски [11].

Нормальні сили Тб, що діють на бермоутворювачі зі сторони переміщуваного у відвал ґрунту заміряються за допомогою тензобалок, на яких змонтовано кожен бермоутворювач.

Фіксація швидкості подачі ротора Ve здійснюється датчиком швидкості переміщення, змонтованим на стенді.

Швидкість різання ґрунту V_p ріжучими елементами робочого органу фіксується фотоелектричним датчиком встановленим в приводі моделі ротора.

Рама моделі робочого органа є виконаною в масштабі 1:5 конструкцією, що ідентична по конфігурації рамі натурної машини ЕТР-134. В задній частині рами розташовані ґрунтоочисники ротора з бермоутворювачами. Останні змонтовані на кронштейні, що дозволяє змінювати конструкцію та лінійні розміри бермоутворювачів в процесі проведення досліджень.



.

Рисунок 3 – Модель базової конструкції робочого органа: 1 – ротор; 2 – рама; 3 – ґрунтоочисник; 4 – бермоутворювач; 5 – зачисний башмак; 6 – кронштейн; 7 – траверса; 8 – ріжучий елемент

Figure 3 – Model of the basic design of implement: 1 – rotor, 2 – rotor frame; 3 – soil remover crossarm; 4 – berm maker; 5 – clean-up bearing plate; 6 – bracket; 7 – crossarm; 8 – cutter

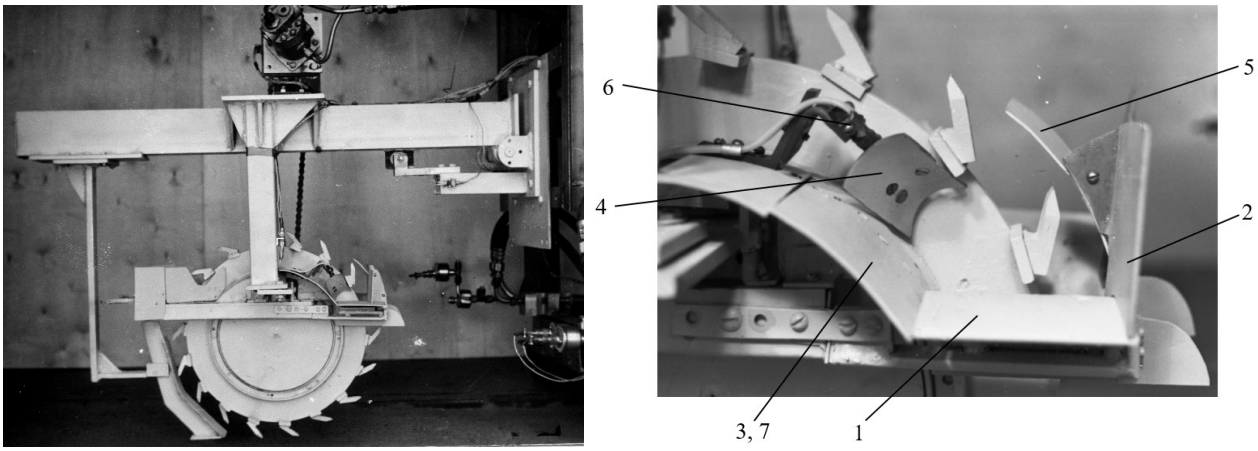
Для виконання роботи використовувалась також модель цього ж робочого органа з запропонованою конструкцією лоткового розвантажувального вузла, що відрізняється від вище описаної тим, що на ній відсутня передня перемичка рами, на місце якої встановлено лотковий розвантажувальний вузол (рис. 4). Конструкцію виконано у відповідності до розробленого в ході виконання теоретичних досліджень технічного рішення. Вона складається з основи лотка 1, передньої 2 і задньої 3 стінок, ґрунтознімача 4, захисного кожуха 5. Передня стінка кожного лотка монтується з можливістю її пересування для зміни ширини лотка в процесі виконання досліджень пошуку раціональної конструкції розвантажувального вузла. Ґрунтознімачі встановлюються на тензометричному кронштейні 6, що забезпечує його переміщення по твірній центрального барабана ротора з можливістю зміни кута установки ґрунтознімача до центрального диска ротора. Функцію задньої стінки лотка розвантажувального вузла ротора виконує твірна 7. Переріз потоку ґрунту, що переміщується по лотку розвантажувального вузла у відвал, може змінюватися варіацією параметрів установки передньої стінки лотка і його ґрунтознімача.

Експериментальні дослідження моделей безківшевих роторних робочих органів виконуються на спеціальному стенді фізико-математичного моделювання робочих процесів землерийних машин встановленому на ґрунтовому каналі кафедри інженерії машин транспортного будівництва НТУ [8].

Фіксація вимірюваних параметрів, що характеризують досліджувані режими роботи моделі робочого органа, параметри силового навантаження фіксуються спеціальним вимірювальним тензометричним комплексом КДН.01 з допомогою якого здійснюється також перетворення сигналів від тензодатчиків у цифровий вигляд, та реєстрація отриманої інформації на цифровому носії для подальшого зчитування та обробки.

Одночасно з тензометричними вимірами, здійснюється відео фіксація робочого процесу досліджуваного робочого органу.

Проведення тензометричних досліджень спільно з відеофіксацією дозволяє більш повно представити особливості робочого процесу досліджуваного робочого органу, пояснити їх і підвищити якість експерименту.



а б

Рисунок 4 – Модель лоткового розвантажувального вузла: а) загальний вигляд робочого органа на стенді; б) лотковий розвантажувальний вузол: 1 – основа лотка; 2 – передня стінка; 3 – задня стінка; 4 – ґрунтознімач; 5 – захисний кожух; 6 – тензометричний кронштейн; 7 – задня стінка вузла

Figure 4 – Model of the tray unloading unit: a) general view of the implement on the stand; b) tray unloading unit: 1 - tray base; 2 - front wall; 3 - back wall; 4 - soil remover; 5 - protective cover; 6 - strain gauge bracket; 7 - rear wall of the node

При проведенні експериментальних досліджень на моделях робочого органу, вимірюються: сила тяги T на переміщення ротора, крутний момент на валу приводу ротора $M_{кр}$, нормальна складова $T_б$ навантаження на бермоутворювач і поздовжнє навантаження на раму ротора $T_р$. Зміна параметрів навантаження при постійній глибині копання 1,3 м фіксується при варіюванні швидкостей різання $V_р$ і подачі $V_е$ в діапазоні 1,7-2,58 м/с та 100-500 м/год. відповідно (значення силових, лінійних і кінематичних параметрів наведені в перерахунку на "натуру"). Вибір швидкостей різання і подачі обумовлено аналогічними характеристиками базового екскаватора.

Ефективність досліджуваного робочого органа з лотковим розвантажувальним вузлом значною мірою характеризується його оптимальними геометричними параметрами, що визначаються відповідними конструктивними факторами. Оцінка впливу кожного з цих факторів на процес розвантаження окремо не може дати достовірної картини, тому що ускладнено виявлення їх взаємовпливу на досліджувані характеристики робочого органа. Тому, для визначення оптимальних геометричних параметрів розвантажувального вузла проводиться плановий експеримент з метою отримання математичної моделі процесу розвантаження.

В якості параметрів оптимізації (вихідні параметри $\bar{y}_i$) приймаються сила тяги T і крутий момент $M_{кр}$ ($\bar{y}_1$ і $\bar{y}_2$). Одночасно для визначення ступеня впливу геометричних параметрів розвантажувального вузла безпосередньо на процес розвантаження робочого органу фіксується ступінь очищення ротора C ($\bar{y}_3$). Незалежними змінними в процесі виконання експериментальних досліджень приймаються: кут установлення ґрунтознімача α, висота установки ґрунтознімача $H_{гр}$ ширина лотка B, обумовлена місцем розташування передньої стінки. Математичну модель досліджуваного процесу можна в загальному вигляді представити у вигляді функціональної залежності між структурними компонентами:

$$\bar{y} = f(\alpha, B, H_{\text{гр}}). \quad (1)$$

Для визначення наведеної функціональної залежності в явному вигляді, тобто отримання регресійних рівнянь, застосовується, відповідно до загальноприйнятих методик, плановий експеримент з числом дослідів N:

$$N = \gamma^K, \quad (2)$$

де γ – кількість рівнів, K – кількість факторів.

У нашому випадку здійснюється повний факторний експеримент на двох рівнях типу 2^K, тобто 2^3.

Мінімально необхідне число дослідів встановлюється в результаті статичного аналізу і визначається з урахуванням величини коефіцієнта варіації $k_{вар}$, і необхідного ступеня точності результату ε. Для проведеного дослідження, у відповідності з загальноприйнятими методиками, приймається точність результатів ε = 0,12 і задана надійність (показник достовірності результатів) P = 0,95.

Висновки та рекомендації.

1. З метою підвищення ефективності роботи безківшевого роторного робочого органа траншейного екскаватора запропоновано спосіб та розроблено конструкцію додаткового лоткового розвантажувального вузла ротора.
2. Виготовлено фізичну модуль ротора з двохступеневим лотковим розвантаженням та можливістю зміни в процесі виконання досліджень його визначальних конструктивних параметрів.
3. Розроблена в процесі виконання роботи методика виконання досліджень ефективності двохступееквого розвантаження безківшевих роторних робочих органів дозволяє визначити оптимальні параметри конструкції лоткового розвантажувального вузла ротора шляхом побудови регресійної моделі процесу розвантаження та його аналізу.

Перелік посилань.

1. Хмара Л. А., Кравець С. В., Нічке В. В., Назаров Л. В., Скоблюк М. П., Нікітін В. Г. Машини для земляних робіт: навч. посіб. Рівне – Дніпропетровськ – Харків, 2010, 557 с.
2. Алабужев П.М., Геронимус В.Б., Минкевич Л.М., Шеховцев Б.А. Теория подобия и размерностей. Моделирование. Москва. 1968. 206 с.
3. Веников В.А. Теория подобия и моделирования. М. 1976. 479 с.
4. Баловнев В.И. Методы физического моделирования рабочих процессов дорожно-строительных машин. Москва. 1974. 232 с.
5. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в технике. Москва. 1977. 440 с.
6. Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин. Москва. 1981. 335 с.
7. Аврунін Г.А., Кириченко І.Г., Мороз І.І.. Основи об'ємного гідропривода і гідропневмоавтоматики: навч. посіб. Харків. 2009. 424 с.
8. Мусійко В.Д., Коваль А.Б. Теорія та створення інноваційних землерийних машин безперервної дії: монографія. Видання друге, доповнене. Київ. 2018. 282 с.
9. Кириченко І. Г., Назаров Л. В., Нічке В. В., Демішкан В. Ф., Приходько В. І. Наукові основи створення високоефективних землерийно-транспортних машин: навч. посіб. Хорків. 2003. 588 с.
10. Мусійко В.Д. Фізико-математичне моделювання робочих процесів землерийних машин безперервної дії. Вісник НТУ. Вип. 1(31). – Київ: НТУ, 2015. –С. 385-394.
11. Патент України № 111690. Дмитриченко М.Ф., Мусійко В. Д., Білякович М.О., Коваль А.Б., Вощак Ю.В., Кучер О.П., Горковенко О.В. Універсальна тензопідвіска та спосіб для визначення силових параметрів просторових навантажень робочих органів землерийних машин.

WORKING PROCESSES MODELING FOR INNOVATIONAL CONTINUOUSLY OPERATING EARTHMOVING MACHINES

Patsora Danulo I., National Transport University, graduate students department of the transport construction machines engineering, e-mail: dpatsora@gmail.com, tel. +380996460618, https://orcid.org/0000-0001-9515-3672
Tomashevska Maryna S., National Transport University, Doctoral Student department of the transport construction machines engineering, e-mail: kandrsigma@i.ua, тел.:+380937766487, https://orcid.org/0000-0002-7346-2826

Abstract. The article considers the question of the performance increase of the innovative constructions of the bucletless rotary implements of the continuously operating earthmoving machines by improving the process of the rotor discharge from the excavated soil. The physical model has been designed and produced for the proposed design of the bucketless implement with the two-stage tray discharge and a possibility to change the design of the discharge assembly in the process of the study. The model testing methodology and experimental equipment used in this study will allow the perform the necessary set of tests to create the regression equations of the studied process and for optimization of the tray discharge assembly design.

Keywords: earthmoving machine, modeling, work process, soil, test facility, similitude

References

1. Khmara L. A., Kravets S. V., Nichke V. V., Nazarov L. V., Skobliuk M. P., Nikitin V. H. Mashyny dlia zemlianykh robit (Machines for earthworks) Study guide. Rivne – Dnipropetrovsk – Kharkiv, 2010, 557 s.[in Ukrainian].

2. Alabuzhev P.M., Geronimus L.M., Minkevich L.M., Shekhovtsev B.A. Toriya podobiya i razmernostey. Modelirovanie (Theory of similarity and dimensions. Modeling). Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1968. 206 s. [in Russian].

3. Venikov V.A. Toriya podobiya i modelirovaniya (Theory of similarity and modeling). Moscow, Mashinostroenie Publ., 1976. 479 s. [in Russian].

4. Balovnev V.I. Metody fizicheskogo modelirovaniya rabochikh protsesov dorozhno-stroitelnykh mashin (Methods of physical modeling workflows road-building machines). Moscow, Mashinostroenie Publ., 1974. 232 s. [in Russian].

5. Sedov L.I. Metody podobiya i razmernosti v tekhnike (Similarity and dimensional methods in engineering). Moscow, Nauka Publ. 1977. 440 s. [in Russian].

6. Balovnev V.I. Metody fizicheskogo modelirovaniya rabochikh protsesov dorozhno-stroitelnykh mashin (Simulation of interaction processes with the medium of working bodies of road-building machines). Moscow, Vysshaya shkola Publ. 1981. 335 p. s. [in Russian].

7. Avrunin H.A., Kyrychenko I.H., Moroz I.I. Osnovy obiemnoho hidropryvoda I hidropnevmoavtomatyky (Fundamentals volume hydraulic drive and hydraulic pneumatic automation). Kharkiv, KhNADU Publ., 2009. 424 s. [in Ukrainian].

8. 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. 282 s. [in Ukrainian].

9. Kyrychenko I.H., Nazarov L.V., Nichke V.V., Demishkan V.F, Prikhodko V.I.. I. Naukovi osnovy stvorennia vysokoefektyvnykh zemleryino-transportnykh mashyn (Scientific bases of creation of highly efficient earthmoving and transport machines). Kharkiv. 2003. 588 s. [in Ukrainian].

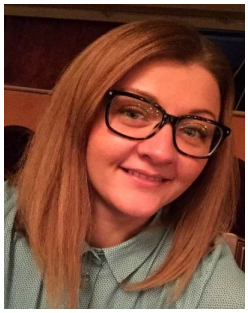
10. Musiiko V.D. Phisico-mathematical modeling of the work processes for continuous earthmoving machines. Visnyk National Transport University. – Kyiv. National Transport University. 2014. Vol. 1(31). S. 385-394 [in Ukrainian].

11. Patent Ukrainy № 111690. Dmytrychenko M.F., Musiiko V.D., Biliakovych M.O., Koval A.B., Voshchak Yu.V., Kucher O.P., Horkovenko O.V. Universalna tenzopidviska ta sposib dlia vyznachennia sylovykh parametriv prostorovykh navantazhen robochykh orhaniv zemleryinykh mashyn (Patent of Ukraine № 111690 Universal strain gauge and method for determining force parameters of spatial loads of working bodies of earthmoving machines). [in Ukrainian].

УДК 338.47+339.977 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-277-284**
UDC 338.47+339.977

КОНКУРЕНТНІ ПЕРЕВАГИ, ЯК КРИТЕРІЇ ВІДБОРУ ПЕРЕМОЖЦЯ ПУБЛІЧНИХ ЗАКУПІВЕЛЬ В МОСТОБУДІВНІЙ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ (НА ОСНОВІ АДАПТАЦІЇ ЯПОНСЬКОГО ДОСВІДУ)

COMPETITIVE ADVANTAGES AS CRITERIA FOR SELECTION OF THE WINNER OF PUBLIC PROCUREMENT IN THE BRIDGE CONSTRUCTION INDUSTRY OF UKRAINE (BASED ON ADAPTATION OF JAPANESE EXPERIENCE)



Борисенко Євгенія Олександрівна, *аспірантка кафедри фінансів, обліку та аудиту, Національний Транспортний Університет, Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, Україна, borysenkoevgeniya13@gmail.com, +380442809937; +380688119383.*

https://orcid.org/0000-0003-4192-1853

Анотація. В статі досліджена необхідність розширити можливості використання конкурентних переваг підприємств мостобудівної галузі України у публічних закупівлях, на основі адаптації до японського досвіду. Виявлено, що в Україні головним критерієм відбору переможця публічних закупівель у мостобудівній галузі є низька ціна та набір стандартних критеріїв, яким повинна відповідати компанія-учасниця торгів.

Розглянуто можливості японського досвіду проведення конкурсних торгів у мостобудівній галузі. При проведенні дослідження виявлено спільні з Україною характеристики та додаткові можливості у використанні конкурентних переваг компаній при проведенні публічних закупівель у мостобудуванні.

Встановлена необхідність розвитку зворотного зв'язку з учасниками торгів для впровадження трансферу інноваційних технологій у будівництво мостів в Україні, на основі японських методів відбору переможця «технічна пропозиція, інтегрована система оцінювання» і «система інженерії цінностей (VE)».

Виявлена необхідність виведення конкурсних торгів у сфері будування мостів в Україні у окрему вибіркову форму торгів, з можливістю використання різних методів обрання переможця, на основі японського досвіду.

Ключові слова: ефективність і результативність інвестиційних проектів, конкурентні переваги, публічні закупівлі, критерії відбору переможця, конкурсні торги, форми торгів, методи відбору переможця, KANPOU, JETRO, тендер.

Вступ. Практичний досвід багатьох підприємств та установ мостобудівельної галузі, які беруть участь в публічних закупівлях на постійній основі, доводить, що окрім основної функції конкурсних торгів, а саме купівлі товарів, виконання робіт чи послуг на вигідних умовах, існує багато корисних соціальних, технологічних, екологічних та економічних факторів. Публічні закупівлі виступають ефективним інструментом заощадження витрат та враховують реальні і потенційні економічні ризики учасників. Важливо відзначити, що закупівля через прозорі електронні конкурсні торги – це не тільки отримання конкурентної пропозиції замовником, а і стимулювання майбутніх переможців застосовувати техніко-технологічні інновації, що дозволять виконання замовлення на прибутковій основі.

Згідно чинного законодавства будівництво, реконструкція, розробка ТЕО (техніко-економічного обґрунтування) будівництва мостів в Україні відбуваються на конкурсній, тендерній основі. Конкурсні торги проводяться з урахуванням критеріїв якості. Водночас, діюча практика показує, що основним критерієм відбору переможця в публічних закупівлях насьогодні залишається найнижча цінова пропозиція необхідного товару, послуги чи роботи.

Мета і методи. В цьому контексті, існує нагальна необхідність удосконалення системи відбору переможців публічних закупівель та збалансування інтересів всіх учасників торгів мостобудівної галузі з урахуванням передових світових практик. В роботі використовується метод порівняння, аналізу та узагальнення літературних джерел.

Мета публікації полягає у дослідженні японського досвіду проведення конкурсних торгів щодо відбору переможців публічних закупівель мостобудівної галузі і можливості його імплементації в Україні.

Об'єктом дослідження є процес проведення відбору переможця торгів мостобудівної галузі, що враховує конкурентні переваги учасника публічних закупівель.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематиці конкурентних переваг та публічних закупівель приділяє увагу багато науковців, серед них М.Портер [1], М.П. Кривенко [2], І.В. Причепа [3], С.В. Цюцюпа [4], Л.Ю. Гальчинський [5], Н.Г. Здирко[6], С.М. Науменко [7], та інші.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Практика проведення публічних закупівель в мостобудівній галузі України свідчить, що технології, які використовуються значно обмежують конкуренцію, формально не порушуючи законодавства. Переможцем, як правило, обирають підприємства за нижчою ціновою пропозицією, не враховуючи в повній мірі конкурентні переваги інших учасників.

Результати і пояснення. Будівництво, експлуатація, реконструкція чи ремонт мостів – довготермінові процеси, що включають цілий комплекс робіт та послуг від техніко-економічного обґрунтування, проектування, будівництва, закупівлі матеріалів та замовлення підрядів по виконанню робіт чи контролю якості цих робіт. Відбір підприємств на виконання цього комплексу робіт та послуг в Україні проводиться на тендерній конкурсній основі через систему PROZORRO [8] , діяльність якої регулюється Законом України «Про публічні закупівлі» чинна редакція від 19.06.2022[9]. Система розроблена і є ключовим показником прозорості проведення конкурсних торгів. Проте, вона містить недосконалі методи оцінювання ефективності і результативності відповідних інвестиційних проектів, що вимагає вивчення сучасних світових практик врахування конкурентних переваг.

В науковій літературі існують різні підходи до визначення сутності конкурентних переваг. Досить поширеним є розуміння конкурентних переваг, як набору особливих властивостей товару, послуг підприємства перед його безпосередніми конкурентами. До значимих чинників можуть належати вищій рівень продуктивності праці й кваліфікації персоналу; ціни, якість і технічний рівень виготовлених виробів; управлінська майстерність виробничого, технічного, комерційного персоналу, гарантійному та післягарантійному обслуговуванні, що відображається в економічному зростанні [4].

Японія – країна, яка в повній мірі враховує конкурентні переваги підприємств при відборі переможця конкурсних торгів у мостобудівній галузі. Вона ґрунтується на засадах сталих публічних закупівель, ключовими аспектами та принципами яких є економіка, суспільство та навколишнє середовище. Основні принципи сталих публічних закупівель наведені на рисунку 1.



Рисунок 1 – Основні принципи сталих публічних закупівель.
Figure 1 – Basic principles of sustainable public procurement.

Закупівля здійснюється з досягненням прийнятного балансу між основними трьома елементами сталого розвитку [10]:

Економіка ⟹ економічне зростання;

Навколишнє середовище ⟹ екологічний баланс;

Суспільство ⟹ соціальний прогрес.

Це нова філософія проведення конкурсних торгів, де кожен учасник бере на себе відповідальність за екологічні та соціальні наслідки виробництва та споживання, регулюється Міжнародним Стандартом якості ISO 20400 [10].

Специфіка торгів в Японії проявляється в різноманітності форм їх проведення для різних галузей та проектів з різною вартістю, рівнем взаємозв'язку та відповідальності. Відкриті тендери – це найпоширеніша процедура, яку використовують державні замовники в Японії. Дана процедура передбачає публікацію повідомлення у офіційному віснику «Kanpou» [11] або запрошення закупівельною організацією кваліфікованих постачальників до участі у тендерних процедурах. Контракт укладається з учасником тендеру, який зробив найкращу пропозицію з точки зору тендерної ціни. За бажанням закупівельної організації може бути проведена технічна оцінка проекту у поєднанні з ціною. Аналогічна процедура публічних торгів передбачена і в Україні.

При виконанні масштабних проектів, таких як будівництво або реконструкція мостів, вартістю від 200 млн. до 730млн. Євро в Японії використовують вибіркові торги [12]. При цьому існує декілька методів визначення переможця, а саме:

1). *Публічне запрошення, призначене для конкурсних торгів*. Організація, що вводить в експлуатацію мости, спочатку вирішує для кожного проекту обсяг фірм, від яких вона буде вимагати подання технічної документації, а потім публікує схему проекту та кваліфікацію фірм, від яких суб'єкт господарювання запитує подання технічних документів. Фірми, які зацікавлені в участі в тендерах за проектом, подають свою технічну документацію. Потім суб'єкт господарювання вивчає подані документи та призначає фірми для участі у торгах. Причини того, що конкретна фірма не була обрана для участі у торгах, зазвичай надаються за запитом. Міністерство землі, інфраструктури та транспорту Японії (MLIT) застосовує цей метод для проектів на контрактну суму 200-730 мільйонів євро.

2). *Реєстрація відсотків за проект*, *призначені конкурсні торги*. Під час реєстрації на кваліфікацію для подання тендерних пропозицій замовники просять кожну будівельну компанію вказати, на які типи будівельних проектів вона вважає за краще брати участь у тендерах. Коли настає час проведення торгів за цим методом, суб'єкт господарювання враховує уподобання кожної компанії та просить 10 чи 20 зареєстрованих компаній подати технічні документи ("попередній відбір"). Після вивчення поданих документів відбираються остаточні номінанти для подання тендерних пропозицій. Причини того, що конкретна фірма не була обрана для участі у торгах, зазвичай надаються за запитом.

MLIT зазвичай застосовує цей метод для проектів, вартість контракту яких становить 100-200 мільйонів євро. Багато інших організацій запроваджують цей метод для проектів менших розмірів, ніж ті, що використовують конкурсні торги, призначені для публічних запрошень.

3). *Інші призначені конкурсні торги*. Організація, що вводить в експлуатацію, обирає будівельні компанії, яких вона хоче запросити до участі у торгах, на основі результатів рейтингу будівельних компаній підприємства. Зазвичай відбором займається комісія з відбору при замовнику.

Цей метод торгів широко використовується для невеликих проектів. Наприклад, при реконструкції або ремонту мостів. MLIT зазвичай застосовує цю систему торгів для проектів вартістю менше 100 мільйонів євро. Органи місцевого самоврядування також використовують цей метод для середніх або малих проектів. Крім того, цей метод підходить для будівельних робіт, які вимагають незвичайних типів будівельних технологій.

4). *Технічна пропозиція, інтегрована система оцінювання*. Комітет, що вводить в експлуатацію, закликає учасників подавати технічні пропозиції на додаток до цінових пропозицій. Потім суб'єкт господарювання оцінює пропозицію, враховуючи як ціну, так і технічну пропозицію, переглядаючи такі фактори, як якість, швидкість, дизайн та безпека виконання. Цей тендерний метод оцінює технічну складність у поєднанні з ціною, використовується досить часто, зокрема у випадку тендерів на проектування мостів.

5). *Проектна система побудови торгів*. Цей метод більш поширений за межами Японії. В Японії тендери на проектування, будівництво та реконструкцію мостів зазвичай публікуються окремо і

обробляються різними компаніями. На даний час лише обмежена кількість проектів було подано на конкурс за даним методом.

6). *Система інженерії цінностей (VE*). Система VE була впроваджена як засіб підвищення якості та зниження вартості проекту. Його приймають або на етапі тендеру, або після укладання контракту. На етапі після укладання контракту половина зекономлених коштів, за допомогою використання даного методу, повертається підряднику. MLIT та місцеві корпорації з реконструкції мостів використовували цю систему в деяких проектах, а деякі органи місцевого самоврядування тестують та використовують її при ремонті мостів з використанням інноваційних технологій. Це все ще досить рідкісний метод торгів, але перспективний.[13]

За формами торгів існують ще *лімітовані або обмежені торги,* які використовуються в основному для ІТ галузі; *відкритий лічильник (котирування)* - використовується державними органами для відносно невеликих закупівель.[13] В першу чергу це обмежується придбанням витратних матеріалів або поліграфічних матеріалів; *зворотній (голландський) аукціон* - процедура експериментально використовується суб'єктами державних закупівель з 2010 року і досі дуже рідкісна. Вона передбачає процедуру, коли потенційні постачальники поступово знижують пропозиції в послідовних раундах, поки не залишиться один постачальник; *тендерні процедури, пов'язані з договорами громадських робіт* - через масштаби та складність громадських робіт використовується ряд варіантів торгів.

В Україні використовується дещо відмінна система проведення публічних закупівель. Зокрема, основною формою проведення публічних закупівель є відкриті торги. Вони є обов'язковими у випадку запланованої купівлі, що перевищує:

- 200 000,00 грн. – при закупівлі товарів, послуг;
- 1 500 000,00 грн. – для закупівлі робіт, наприклад мостобудівних.

Конкурентний діалог, це нова форма торгів. Вона запроваджена Законом України «Про публічні закупівлі» у новій редакції[9] і призначена для проведення переговорів із постачальниками перед остаточним визначенням умов тендеру, коли у складних закупівлях замовник не може оптимально прийняти рішення. Дана форма приймається за таких обставин:

- Замовник не може визначити технічні, якісні характеристики робіт чи послуг, що викликає необхідність проведення переговорів з учасниками;
- У випадку, коли предметом закупівлі є консультаційні послуги, розроблення програмних продуктів, здійснення наукових досліджень, виконання дослідно-конструкторських, будівельних робіт і це потребуватиме переговорів.

Переговорна процедура закупівлі використовується у виняткових випадках. Наприклад, якщо замовник двічі відмінив тендер через відсутність учасників. При цьому предмет закупівлі, його якісні і технічні характеристики не повинні відрізнятися від тих, що були визначені попередньо.

Отже Україна намагається переходити до сталих публічних процедур закупівель. Але ключовим критерієм і методом обрання переможця все ще залишається низька ціна проекту. Водночас, якщо предметом договору є, наприклад, «будівництво мосту біля природоохоронного об'єкту», необхідним є також встановлення вимог до впровадження ряду заходів для забезпечення ефективного захисту флори і фауни даного місця в процесі будівництва мосту. А отже, відповідні вимоги повинні бути ключовим критерієм при обранні переможця, і контролюватися належними органами за їх виконання при реалізації інвестиційного проекту.

Запроваджена в Україні нова форма торгів «конкурентний діалог» через неможливість проконтролювати хід домовленостей сторін до безпосередньої участі у торгах, виглядає не дуже прозорою. Але, участь іноземних компаній в загальній системі торгів на загальних умовах знижує можливість перемоги національних компаній. Це пожвавлює рівень конкуренції на українському ринку і робить реальним перехід до міжнародних стандартів якості проведення торгів. Доцільно акцентувати увагу, що в Японії створена окрема система торгів для країн ЄС та Великобританії, в якій містяться об'яви, що підпадають безпосередньо під дію Угоди про ВТО [14].

Порівняльна характеристика проведення публічних закупівель в Україні та Японії наведена у таблиці 1.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика проведення публічних закупівель в Україні та Японії
Table 1 – Comparative characteristics of public procurement in Ukraine and Japan

№	Методи порівняння	Україна	Японія
1	Форма торгів	Відкриті торги, торги з обмеженою участю, конкурентний діалог, переговорна процедура	Відкриті, селективні, лімітовані, котирування, зворотній аукціон (рідко)
2	Кількість публічних об'яв на рік	Приблизно 600000	Понад 1350000
3	Ризик несплати державними установами (низький, середній, високий)	Середній (не поступили гроші з бюджету, зміна пріоритету закупівель)	Низький
4	Умови участі	Існує різниця за розміром та критерієм компанії, має місце договірна система до моменту виходу на торги	Більш рівні умови для компаній великого, середнього та малого бізнесу
5	Пріоритет виграшу	Низька ціна (врахування стандартних критеріїв для даного виду товару, робіт, послуг)	Співвідношення ціни-якості, захист довкілля, охорона здоров'я людини; ін.кваліфікаційні критерії.
6	Прозорість статистичних даних, наявність графіків, таблиць, діаграм за різними параметрами закупівель (низька, середня, прозора)	Прозора (bi.prozorro.org)	Прозора (KANPOU, JETRO)
7	Пріоритет в торгах: Трансфер інноваційних технологій (наявність спеціальних служб)	Немає	Існує (учасники японські компанії, університети, науково-дослідні установи)
8	Участь іноземних компаній (загальна, вибіркова)	загальна (через систему Prozorro для товарів; для послуг, що потребують ліцензій та дозволів - необхідність відкрити дочірнє підприємство в Україні)	Вибіркова (створена система для участі компаній-країн ЄС та Великобританії (JETRO), окремо для місцевих компаній (KANPOU)

Складено автором за джерелами [9,11,12,14].

Наведені в таблиці данні показують, що система торгів України та Японії частково мають загальні характеристики. Але система публічних закупівель Японії розгалужена та широко розвинена і враховує різні конкурентні переваги при виборі переможця. При виборі переможця для проектування, будівництва, реконструкції та ремонту мостів враховуються такі фактори, як ціна, якість, екологічні, соціологічні та технічні характеристики, а при використанні нового методу «системи інженерії цінностей» є висока заінтересованість виконавців у використанні інноваційних технологій та зниження кінцевої вартості проекту, за рахунок повернення половини коштів за договором підряднику. В українській системі торгів не враховується ряд конкурентних переваг майбутнього переможця, зокрема: трансфер інноваційних технологій на основі індексів інновацій, індексів знань, приналежності компаній до технопарків чи інноваційних хабів та інших показників-результатів успішного функціонування трансферу інноваційних технологій.

В Україні при обранні переможця варто розглянути можливість використання додаткових критеріїв відбору, ніж тільки низька ціна. При вирішенні складних питань проектування, будівництва, реконструкції чи ремонту мостів майбутній учасник може запропонувати кращі технічні рішення, швидші строки виконання робіт, ніж запропоновані у тендерній заявці, тобто мати власні конкурентні переваги, що зможуть покращити умови виконання замовлення. Для цього необхідно розробити

двоетапний метод обрання переможця спочатку найкращої технологічної пропозиції на замовлення, а потім серед найкращих обирати переможців у другому етапі торгів вже за нижчою ціною.

Висновки та рекомендації

В результаті дослідження конкурентних переваг при виборі переможця публічних закупівель в мостобудівній галузі України та аналізуючи японський досвід, встановлено, що в Україні при подачі заявки на участь у торгах є набір критеріїв, яким відповідає даний товар, робота чи послуга. Майбутній переможець повинен підпадати під всі встановлені критерії і надати найнижчу ціну. З огляду на те, що світовий ринок потребує новітніх технологій, вважаємо за доцільне розширити набір конкурентних переваг учасників та додати до встановлених критеріїв індекси інноваційності, участі компаній у науковій діяльності, приналежності компаній до технопарків або інших інноваційних хабів. Можливість розглядати більш вигідні комерційні та технологічні пропозиції компаній, шляхом налагодження зворотного зв'язку з потенційними учасниками, використати досвід Японії у наступних питаннях:

- При проектуванні, будівництві, ремонті чи реконструкції мосту, як зворотній зв'язок з майбутніми учасниками, використати японський метод подання заявки «Технічна пропозиція, інтегрована система оцінювання». Цей метод надає можливість учасникам подавати технічні пропозиції на додаток до цінових пропозицій. Потім суб'єкт господарювання оцінює пропозицію, враховуючи як ціну, так і технічну пропозицію, переглядаючи такі фактори, як якість, швидкість, дизайн та безпека виконання.
- Врахувати досвід Японії у методі відбору переможця «Система інженерії цінностей (VE)», яка була впроваджена як засіб підвищення якості та зниження вартості проекту.
- Розглянути можливість виведення торгів мостобудівної галузі України, включаючи товари, роботи та послуги в окремі вибіркові торги, використовуючи різні методи обрання переможця.

Важливим напрямом подальших досліджень конкурентних торгів у мостобудівній галузі України є врахування конкурентних переваг при обранні переможця торгів, з огляду на впровадження інноваційних технологій та на зворотній зв'язок з майбутніми учасниками торгів.

Перелік посилань

1. M. Porter, "Competing Across Locations: Enhancing Competitive Advantage through a Global Strategy" в "Michael Porter on Competition", Harvard Business School// [Електронний ресурс] – Режим досупу: https://books.google.com.sg/books?id=mdvNDwAAQBAJ&pg=PT7&lpg=PT7&dq=M.+Porter,+%22Competing+Across+Locations:+Enhancing+Competitive+Advantage+through+a+Global+Strategy%22+%D0%B2+%22Michael+Porter+on+Competition%22,+Harvard+Business+School&source=bl&ots=TrKE36rhHR&sig=ACfU3U1DPMYfBkTdyGktziCzGECVKVL8pg&hl=ru&sa=X&ved=2ahUKEwiR1suc8tT4AhXKH7cAHVXzAAcQ6AF6BAghEAM#v=onepage&q=M.%20Porter%2C%20%22Competing%20Across%20Locations%3A%20Enhancing%20Competitive%20Advantage%20through%20a%20Global%20Strategy%22%20%D0%B2%20%22Michael%20Porter%20on%20Competition%22%2C%20Harvard%20Business%20School&f=false (дата звернення 25.06.2022).

2. Кривенко М.П. Стратегія формування конкурентних переваг підприємства / М.П. Кривенко // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Економіка. - 2008. - Вип. 99-100. - С. 44-48. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKNU_Ekon_2008_99-100_16.

3. Причепа І.В. Інноваційні пріоритети формування стратегічних конкурентних переваг підприємства. Ефективна економіка. № 3. 2019. С. 25-33.

4. Цюцюпа С.В. (2020). Конкурентні переваги підприємства у ринковому середовищі: формування та забезпечення. Вчені записки Університету «КРОК», (1 (57), 24–31. https://doi.org/10.31732/2663-2209-2020-57-24-31

5. Гальчинський Л.Ю., Гаврілова А.Г. Оцінка функціонування електронної системи «PROZORRO», як інструмента державних закупівель. ORCID ID 0000-0002-3805-1474, [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://ape.fmm.kpi.ua/article/view/102574 (30.06.2022)

6. Здирко Н.Г. Теоретичні підходи до визначення поняття "публічні закупівлі". Ефективна економіка. 2019. № 12. [Електронний ресурс] – Режим доступу:

http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=7558 (дата звернення: 30.06.2022). DOI: 10.32702/2307-2105-2019.12.108

7. Науменко С.М. Система тендерних закупівель: теоретико-методологічні підходи до дефініції і класифікації [Електронний ресурс] / С.М. Науменко // Теоретичні і практичні аспекти економіки та інтелектуальної власності. – 2014. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://journals.uran.ua/index.php/2225-6407/article/view/36419 DOI: https://doi.org/10.31498/2225-6407.10.2014.36419 (30.06.2022).

8. PROZORRO – електронна система публічних закупівель. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://prozorro.gov.ua

9. Закон України «Про публічні закупівлі» чинна редакція від 19.06.2022. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ips.ligazakon.net/document/T150922?an=1 (дата звернення 25.06.2022).

10.International Standard ISO 20400, First edition 2017-04. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://gpp.golocal-ukraine.com/wp-content/uploads/ISO_20400_2017E-Character_PDF_document.pdf (дата звернення 26.06.2022).

11.Official Gazette of Public Procurement of Japan [Electronic resource] – Resource access mode: https://kanpou.npb.go.jp/ (дата звернення 30.06.2022).

12.Офіційний веб-сайт Посольства України в Японії/ Щодо функціонування ринку державних закупівель в Японії від 13.08.2020 [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://japan.mfa.gov.ua/spivrobitnictvo/264-torgovelyno-ekonomichne-spivrobitnictvo/shchodo-funkcionuvannya-rinku-derzhavnih-zakupivel-v-yaponiyi. (30.06.2022)

13. EU-Japane center for industrial cooperation. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.eu-japan.eu/government-procurement/public-procurement-japan-outline/tendering-procedures. (дата звернення 25.06.2022).

14.Офіційний веб-сайт японської організації зовнішньої торгівлі JETRO. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.jetro.go.jp/en/database/procurement/ (30.06.2022)

COMPETITIVE ADVANTAGES AS CRITERIA FOR SELECTION OF THE WINNER OF PUBLIC PROCUREMENT IN THE BRIDGE CONSTRUCTION INDUSTRY OF UKRAINE, BASED ON ADAPTATION OF JAPANESE EXPERIENCE.

Borysenko Yevheniia O., National Transport University, Graduate student graduate student of Department of Finance, Accounting and Auditing, Kyiv, M. Omelyanovycha-Pavlenka str., 1, e-mail: borysenkoevgeniya13@gmail.com, +380442809937; +380688119383, https://orcid.org/0000-0003-4192-1853

Abstract. The article examines the need to expand the possibilities of using the competitive advantages of enterprises of the bridge construction industry of Ukraine in public procurement, based on adaptation to the Japanese experience. It was found that in Ukraine, the main criterion for selecting the winner of public procurement in the bridge construction industry is a low price and a set of standard criteria that the bidding company must have.

The possibilities of the Japanese experience of competitive bidding in the bridge construction industry are considered. During the research, common characteristics with Ukraine and additional opportunities in the use of competitive advantages of companies during public procurement in bridge construction were revealed.

The need to develop feedback with bidders for the implementation of the transfer of innovative technologies in the construction of bridges in Ukraine, based on the Japanese methods of selecting the winner "technical proposal, integrated evaluation system" and "value engineering (VE) system" was established.

The need to introduce competitive bidding in the field of bridge construction in Ukraine into a separate selective form of bidding, with the possibility of using different methods of selecting the winner, based on the Japanese experience, was revealed.

Key words: efficiency and effectiveness of investment projects, competitive advantages, public procurement, winner selection criteria, competitive bidding, bidding forms, winner selection methods, KANPOU, JETRO, tender.

References

1. M. Porter, "Competing Across Locations: Enhancing Competitive Advantage through a Global Strategy" в "Michael Porter on Competition", Harvard Business School// [Elektronniy resurs] – Rezhim dostupu: https://books.google.com.sg/books?id=mdvNDwAAQBAJ&pg=PT7&lpg=PT7&dq=M.+Porter,+%22Competing+Across+Locations:+Enhancing+Competitive+Advantage+through+a+Global+Strategy%22+%D0%B2+%22Michael+Porter+on+Competition%22,+Harvard+Business+School&source=bl&ots=TrKE36rhHR&sig=ACfU3U1DPMYfBkTdyGktziCzGECVKVL8pg&hl=ru&sa=X&ved=2ahUKEwiR1suc8tT4AhXKH7cAHVXzAAcQ6AF6BAghEAM#v=onepage&q=M.%20Porter%2C%20%22Competing%20Across%20Locations%3A%20Enhancing%20Competitive%20Advantage%20through%20a%20Global%20Strategy%22%20%D0%B2%20%22Michael%20Porter%20on%20Competition%22%2C%20Harvard%20Business%20School&f=false (дата звернення 25.06.2022).
2. Kryvenko M.P. Strategiya formuvannya konkurentnih perevag pidpriemstva / M. Krivenko // Visnik Kiyivskogo natsionalnogo universitetu Imeni Tarasa Shevchenka. Ekonomika. - 2008. - Vip. 99-100. - S. 44-48. - Rezhim dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKNU_Ekon_2008_99-100_16. [in Ukrainian].
3. Prichepa I.V. Innovatsiyni prioriteti formuvannya strategichnih konkurentnih perevag pidpriemstva. Efektivna ekonomika. # 3. 2019. S. 25-33. [in Ukrainian].
4. Tsyutsyupa S.V. (2020). Konkurentni perevagi pidpriemstva u rinkovomu seredovischi: formuvannya ta zabezpechennya. Vcheni zapiski Universitetu «KROK», (1 (57), 24–31. https://doi.org/10.31732/2663-2209-2020-57-24-31. [in Ukrainian].
5. Galchinskiy L.Y., Gavrilova A.G. Otsinka funktsionuvannya elektronnoyi sistemi «PROZORRO», yak instrumenta derzhavnih zakupivel. ORCID ID 0000-0002-3805-1474, [Elektronniy resurs] – Rezhim dostupu: http://ape.fmm.kpi.ua/article/view/102574 (30.06.2022)
6. Zdirko N.G. Teoretichni pidhodi do viznachennya ponyattya “publichni zakupivli”. Efektivna ekonomika. 2019. # 12. [Elektronniy resurs] – Rezhim dostupu: http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=7558 (data zvernennya: 30.06.2022). DOI: 10.32702/2307-2105-2019.12.108.
7. Naumenko S.M. Sistema tendernih zakupivel: teoretiko-metodologchni pidhodi do definitsiyi i klasifikatsiyi [Elektronniy resurs] / S. Naumenko // Teoretichni i praktichni aspekti ekonomiki ta intelektualnoyi vlasnosti. – 2014. [Elektronniy resurs] – Rezhim dostupu: http://journals.uran.ua/index.php/2225-6407/article/view/36419 DOI: https://doi.org/10.31498/2225-6407.10.2014.36419 (access date 30.06.2022).
8. PROZORRO - electronic public procurement system. [Electronic resource] - Access mode: https://prozorro.gov.ua (access date 30.06.2022).
9. Zakon Ukrayini «Pro publichni zakupivli» chinna redaktsiya vid 19.06.2022. [Elektronniy resurs] – Rezhim dostupu: https://ips.ligazakon.net/document/T150922?an=1 (data zvernennya 25.06.2022).
10. International Standard ISO 20400, First edition 2017-04. [Electronic resource] - Access mode: https://gpp.golocal-ukraine.com/wp-content/uploads/ISO_20400_2017E-Character_PDF_document.pdf (access date 06/26/2022).
11. Official Gazette of Public Procurement of Japan [Electronic resource] – Resource access mode: https://kanpou.npb.go.jp/ (access date 06/30/2022).
12. Official website of the Embassy of Ukraine in Japan / Regarding the functioning of the public procurement market in Japan dated 13.08.2020 [Electronic resource] - Access mode: https://japan.mfa.gov.ua/spivrobitnictvo/264-torgovelyno-ekonomichne-spivrobitnictvo/shchodo-funkcionuvannya-rinku-derzhavnih-zakupivel-v-yaponiyi. (access date 30/06/2022).
13. EU-Japan center for industrial cooperation. [Electronic resource] - Access mode: https://www.eu-japan.eu/government-procurement/public-procurement-japan-outline/tendering-procedures (access date 06/25/2022).
14. Official website of the Japanese foreign trade organization JETRO. [Electronic resource] - Access mode: https://www.jetro.go.jp/en/database/procurement/ (access date 30.06.2022).

УДК 330.341: 658.589
UDC 330.341: 658.589
DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-285-291

ФОРМУВАННЯ ТА РОЗВИТОК ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КАПІТАЛУ ЯК ПЕРЕДУМОВА ПІДВИЩЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

FORMATION AND DEVELOPMENT OF INTELLECTUAL CAPITAL AS A PREREQUISITE FOR INCREASE OF COMPETITIVENESS POTENTIAL OF THE ENTERPRISE



***Гайдай Ганна Григорівна**, кандидат економічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, доцент кафедри економіки, ania-gy@ukr.net, тел. +380683274543*

https://orcid.org/0000-0002-1731-9056



***Дудка Тамара Вікторівна**, Національний транспортний університет, доцент кафедри економіки, Київ, Україна, Dudkatv255@gmail.com., тел. +380673783603*

https://orcid.org/0000-0001-7365-2403



***Петровська Світлана Іванівна**, кандидат економічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри економіки, Київ, Україна, petrovskayas@ukr.net, тел. +380679523747*

https://orcid.org/0000-0003-3561-5729



***Швець Людмила Василівна**, кандидат економічних наук, доцент Національний транспортний університет, Київ, Україна, професор кафедри економіки, lvshvets202020@gmail.com, тел. +380984497718*

https://orcid.org/0000-0003-4545-4252

Анотація. В статті розглядаються напрями активізації діяльності персоналу як чинника підвищення інноваційної активності підприємств та зростання їх конкурентоспроможності.

Метою статті є окреслення напрямів цілеспрямованого розвитку персоналу підприємств - з використанням інноваційних підходів - для підвищення їх інтелектуальної активності та конкурентоспроможності. Результати отримані внаслідок застосування методів аналізу та синтезу, абстрагування, систематизації, узагальнення та системного підходу. В статті підкреслюється, що в зв'язку із зростанням вимог до освітньо-кваліфікаційного рівня працівників підприємств і організацій підвищення конкурентоспроможності як окремих працівників, так і підприємств, має відбуватись внаслідок розвитку персональних компетенцій окремих працівників паралельно з розвитком корпоративної компетенції персоналу вцілому. Конкурентоспроможні підприємства реалізують програми «безперервного професійного розвитку персоналу». Обгрунтовується, що для активізації персоналу підприємств керівництву доцільно використовувати інноваційні підходи до управління розвитком персоналу та корпоративної культури: інструменти розвитку лідерських компетентностей; новітні ефективні персонал-технології (розвиваючі, навчальні, позикової праці та ін.); холакратичні принципи управління в організаціях із «плоскою ієрархією». Інноваційний та нестандартний підхід до управління розвитком персоналу в корпораціях може бути використаний керівництвом підприємств для поліпшення процесів розвитку персоналу і активізації його інноваційної діяльності.

Ключові слова: конкурентоспроможність підприємства, інтелектуальний капітал, розвиток персоналу, корпоративна культура, лідерські компетентності, персонал-технології, холакратичні принципи управління.

Вступ. Постановка проблеми**.** Ефективний розвиток підприємства в сучасних конкурентних умовах може відбуватися внаслідок розвитку його потенціалу, особливо інноваційного потенціалу, який поєднує в собі внутрішній економічний потенціал і його інноваційну активність, тобто інтенсивність дій щодо інноваційної діяльності. З метою найбільш повної реалізації наявного наукового, технічного та інноваційного потенціалу підприємства в управлінні процесами його розвитку важливе місце посідає система управління інноваційним розвитком (на основі виробленої стратегії), ключовим елементом якої є система управління розвитком персоналу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню проблем розвитку інтелектуально-творчої діяльності персоналу підприємств і організацій приділяли увагу зарубіжні вчені: І. Ансофф, П. Друкер, Дж. Кендрик, А. Кібанов, С. Мілль, Л. Туроу та ін. Серед вітчизняних науковців вагомий внесок у розробку цих питань зробили вчені В. Геєць, О. Грішнова, А. Колот, В. Кремень, Е. Лібанова, Г. Назарова, М. Семикіна, Л. Федулова, О. Ястремська та ін. Однак ряд питань даної проблематики, серед яких пошук шляхів підвищення конкурентоспроможності підприємств на основі активізації інноваційної діяльності персоналу, потребують подальшого дослідження. Актуальність, соціальна і практична значущість та недостатня наукова розробленість обумовили вибір теми та визначили мету і цільову спрямованість статті.

Постановка завдання. Метою дослідження є виявлення та систематизація основних тенденцій в процесах розвитку персоналу та окреслення напрямків активізації діяльності персоналу як результату розвитку персоналу для забезпечення конкурентоспроможності працівників та підприємств (організацій)

Виклад основного матеріалу. Підвищення ефективності діяльності підприємства залежить від розвитку його інноваційного потенціалу. Якісні і кількісні ознаки інноваційного потенціалу підприємства, які поєднуються з інноваційним кліматом, характеризують інноваційну активність суб'єкта господарювання, тобто інтенсивність дій щодо інноваційної діяльності. Інноваційний клімат - це комплекс умов, які залежно від організаційно-управлінського механізму підприємства, сприяють генеруванню інноваційних ідей, створенню та впровадженню інновацій співробітниками. Це рівень корпоративної культури підприємства, яка сприяє стимулюванню креативності і творчості, визнанню і дифузії інноваційних ідей всередині підприємства, довірі до співробітників тощо. Слід мати на увазі, що на формування інноваційного клімату всередині підприємства впливає макроклімат (політико-правові, соціально-культурні, комунікаційні та інші фактори) та зовнішній мікроклімат (рівень конкуренції, взаємовідносини зі споживачами та партнерами тощо). Основні передумови прояву інноваційної активності суб'єкта господарювання тісно пов'язані з його кадровим та управлінським потенціалом а також інтелектуальним капіталом. У складі інтелектуального капіталу більшість науковців виділяють: людський, організаційний (структурний), клієнтський (споживчий) капітали [1]. Людський капітал як головна складова інтелектуального капіталу, уособлює потенціал працівників у вигляді навичок, досвіду, здібностей, які дозволяють генерувати нові ідеї і знання. Тому можна констатувати, що зростання інноваційної активності підприємства в найбільшій мірі залежить від результативності інноваційної діяльності персоналу підприємства, а значить, від його інтелектуальної активності. На відміну від здібностей до простого виконання здатність до творчої праці є важливим чинником зростання потенціалу конкурентоспроможності підприємства. Важливим напрямом забезпечення інноваційної активності підприємств є кадрове забезпечення, ефективність формування і використання якого залежить від розвитку персоналу. Система розвитку персоналу охоплює навчання та підвищення кваліфікації персоналу, його виробничу адаптацію, атестацію та планування трудової кар'єри [1, 2, 3]. До цих складових слід долучити пошук та відбір персоналу *(*оскільки на цьому етапі формуються і реалізуються основні вимоги до претендентів на вакансії), а також вивільнення (звільнення) працівників як завершальний етап кар'єри (окремих працівників на конкретному підприємстві) [4].

У зв'язку з високими темпами впровадження інновацій у різних галузях економіки та підвищення ролі знань суттєво зростають вимоги до освітньо-кваліфікаційного рівня працівників підприємств і організацій. Відповідно до Закону України «Про вищу освіту» найважливішим завданням, яке має вирішувати освітня галузь, є підготовка «конкурентоспроможного людського капіталу» для прискореного інноваційного розвитку країни, «самореалізації особистості, забезпечення потреб суспільства, ринку праці та держави у кваліфікованих фахівцях» [5]. Ідея безперервності освіти

протягом людського життя розвивається в «Інтелектуальному проекті нової цивілізації» [6]. Важливою вимогою сьогодення для кожного працівника стає необхідність постійного самовдосконалення для підвищення рівня своєї конкурентоспроможності. Ряд зарубіжних та вітчизняних підприємств вже накопичили певний досвід формування та реалізації програми «безперервного професійного розвитку персоналу» – відповідно до стратегій прискореного розвитку підприємств та підвищення їх конкурентоспроможності. Так, на Новокраматорському машинобудівному заводі професійне навчання здійснювалось на високому рівні відповідно до вимог сучасного виробництва: програми професійного навчання та розвитку персоналу реалізовувались на базі сучасних учбово-виробничих та організаційно-методичних комплексів, оснащених сучасним обладнанням з використанням нових інформаційних технологій. Підприємство при цьому вирішувало інноваційну задачу – випереджувальної підготовки кадрів - високопрофесійних робітників і спеціалістів, починаючи з профорієнтаційної роботи в загальноосвітніх школах [7].

Поряд з розвитком персональних компетенцій окремих працівників важливим є розвиток корпоративної компетенції персоналу (в межах корпоративної культури) на рівні, необхідному для досягнення підприємством його головних цілей на тривалу перспективу. Корпоративна культура, як основа системи управління і розвитку персоналу, об’єднуючи персонал організації та сприяючи підвищенню рівня компетентності окремих працівників, впливає на досягнення цілей організації і підвищує вартість організації. Будучи складною багатоаспектною системою, вона охоплює функціонально відокремлені підсистеми (ціннісну, символічну, нормативну, комунікативно-управлінську, ідентифікаційну), які реалізують відповідні функції пов'язані з розвитком персоналу підприємства. Поряд з формуванням місії, сенсу існування компанії корпоративна культура сприяє адаптації і соціалізації нових співробітників, регулюванню та контролю, здійсненню внутрішніх комунікацій - і тим самим забезпечує конкурентоспроможність працівників та сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємства. Багатоаспектність корпоративної культури проявляється у її властивостях, таких як системність, соціальність, об'єктивність, динамічність, унікальність, адаптивність, неоднорідність, економічний та об'єднувальний характер [8]. Кожна властивість характеризує окрему сторону корпоративної культури. Так, економічний характер визначає ціль корпоративної культури - підвищення ефективності і конкурентоспроможності підприємства, а адаптивність характеризує можливість підприємства пристосовуватись до змін у бізнес-середовищі, створюючи умови для підвищення його конкурентоспроможності. Корпоративну культуру вважають одним із найважливіших інструментів стратегічного управління підприємством оскільки вона впливає на ефективність діяльності усіх суб'єктів господарювання. Роль і значення корпоративної культури найкраще розкривається у функціях (зовнішніх і внутрішніх), які вона виконує. Зовнішні функції (адаптаційна, іміджева, маркетингова) розкривають взаємозв'язок підприємства із зовнішнім середовищем. Внутрішні функції (ціннісна, інтеграційна, пізнавально-інформаційна, мотиваційна, інноваційна, контрольно-регулятивна, економічна) покликані впливати на ефективність управління підприємством. Реалізація економічної функції (в комплексі з рештою функцій) забезпечує довгострокову економічну ефективність, сталий розвиток, а отже, досягнення цілей підприємства. Інноваційна функція, як одна з найбільш важливих, стимулює пошук нових моделей професійної діяльності, вдосконалення методів управління, створення виробничої системи нового покоління, зменшення опору нововведенням, що сприяє розвитку потенціалу конкурентоспроможності підприємства. Отже функції корпоративної культури реалізуються шляхом активізації діяльності персоналу. При цьому міжособистісна взаємодія членів колективу підсилюється внаслідок цілестрямованого впливу керівників організації. На ефективно працюючих підприємствах проводиться постійна і планомірна робота керівництва щодо формування і розвитку корпоративної культури в напрямку, важливому для підприємства. Нестабільні умови зовнішнього середовища впливають на роботу втчизняних підприємств, що призводить до ускладнення внутрішніх фірмових відносин та вимагає від керівників гнучкості та прийняття оригінальних, творчих рішень. Тому невід’ємним чинником ефективного менеджменту на підприємствах виступає лідерство. Лідери організації, розуміючи об'єктивний характер корпоративної культури, повинні свідомо впливати на її формування відповідно до стратегії організації та враховуючи вплив зовнішнього середовища. Грамотне управління процесом розвитку корпоративної культури дозволяє підприємству одержувати конкурентні переваги, отже сприяє підвищенню потенціалу конкурентоспроможності. Підприємства займаються розвитком лідерських форм поведінки як окремим напрямом розвитку персоналу, адже використання працівниками лідерських властивостей у робочому процесі призводить до підвищення активності і результативності їх діяльності, тобто зростання продуктивності праці. Особливо затребуваним цей

напрямок роботи стає в ІТ-підприємствах. Вітчизняні науковці доводять, що для переорієнтації з «аутсорсингової» на «продуктову» модель бізнесу на українських ІТ-підприємствах лідерство і прийняття рішень мають бути розподілені між усіма членами колективу. Такий інноваційний, «прокомандний підхід» створення продуктів програмного забезпечення передбачає необхідність розвитку лідерських компетентностей усіх членів команди, а не лише менеджерів. Управління розробкою програмного забезпечення для власних високотехнологічних продуктів а не для іноземних замовників (за аутсорсинговою моделлю) можуть здійснювати високопотенційні неформальні лідери колективів працівників. Тому в колективах необхідно цілеспрямовано розвивати лідерські форми поведінки з характеристиками ініціативності, високої відповідальності, продуктовим баченням. Критеріями лідерської поведінки доцільно вважати: рівень впливу (на послідовників), масштаб відповідальності, пріоритетність командних цілей (над індивідуальними цілями), рівень ініціативи, якість виконання проектних завдань [9]. В успішних ІТ-командах компетентності командної роботи характеризуються довірою, взаємною підтримкою, можливістю розробників впливати на прийняття рішень. Виконання командних завдань в таких групах відзначається сформованістю наступних командних компетентностей: спільне бачення, зворотній зв'язок, командна оцінка, визнання особистих досягнень. В той же час у поведінці більшості працівників ІТ-підприємств наявні антикомпетентності (тобто стопери лідерства), які негативно впливають на результати управлінських дій та успішність ІТ-проектів: блокування персонального розвитку, невміння відпочивати, зневага до командного прийняття рішень, відсутність зворотного зв'язку з колегами та інші [9]. Слід враховувати, що вплив антикомпетентностей може бути послаблений внаслідок взаємонавчання ІТ-фахівців на робочих місцях та під час командних зустрічей. Як засвідчив багатокритеріальний аналіз залежності успішності ІТ-проектів від застосовуваних інструментів розвитку лідерських компетентностей, найбільш значущими є комунікаційні інструменти (відео-канали, чати в соцмережах) та інструменти розвитку на робочому місці (ускладнюючі завдання, ротація, баддінг); менш значущими виявились командні методи розвитку (взаємонавчання, командні зустрічі) та традиційні методи (тренінги, вебінари, інструктаж, конференції, сертифікація, квести); найменшу значущість дістали коефіцієни, що характеризують інструменти розвитку через наставництво (коучинг, менторінг) [9]. Оскільки задачі розвитку лідерства вирішуються кожним ІТ-підприємством в межах своєї унікальної корпоративної культури, доцільно зробити наступний висновок: для підвищення результативності діяльності ІТ-підприємств слід використовувати різноманітні прикладні інструменти розвитку лідерства: як індивідуального, так і командного розвитку, - пріоритетність яких може уточнюватись у відповідності до рівня розвитку та стадії життєвого циклу корпоративної культури.

Для найефективнішого використання кадрового потенціалу підприємства служби управління персоналом використовують певні способи впливу - у вигляді набору процедур і операцій – відповідно до технологій управління персоналом, або персонал-технології. Використання персонал-технологій укріплює механізм взаємодії керівників усіх рівнів управління зі своїм персоналом сприяючи підвищенню ефективності його діяльності. Персонал-технології можна згрупувати, враховуючи напрямки їх використання: підвищення ефективності роботи персоналу та контроль; позикова праця, підбір та найм персоналу; інформаційні та навчальні персонал-технології [10].

Сучасний етап розвитку трудових відносин у світі характеризується поширенням нетрадиційних форм зайнятості населення, які одержали назву аут-технологій позикової праці. Враховуючи певні відмінності, вчені-економісти поділяють ці технології на дві групи: аутсорсинг (передача окремих функцій спеціалізованим компаніям) і аутстафінг та/або лізинг персоналу (передача спеціалізованій компанії працівників підприємства). Використання технології аутсорсингу прискорює одержання грамотних результатів з непрофільних напрямків діяльності від досвідчених професіоналів. Але в той же час існують ризики виникнення конфліктних ситуацій між працівниками підприємства та аутсорсинговим працівником а також небезпека втрати конфіденційної інформації підприємства. Надання персоналу в тимчасову оренду сторонньою організацією - лізинг персоналу - дає змогу вирішити проблеми підприємства в умовах зміни пріоритетних напрямів діяльності, коли необхідно зменшити витрати на персонал, хоча потреба в ньому залишається. Це характерно для компаній, бізнес яких пов'язаний із сезонними коливаннями ринку: будівельні та сільськогосподарські організації, а також туристичні фірми. Використання технології лізингу персоналу надає лізингоодержувачу можливості звільнення кадрових працівників від багатьох рутинних адміністративно-паперових робіт та найму персоналу потрібної кваліфікації. Управлінська технологія аутстафінг персоналу на відміну від лізингу та аутсорсингу, - це переведення свого працівника у штат іншого підприємства з подальшим використанням його праці за угодою. Як і при лізингу, це передбачає можливість

використання праці працівника за спеціальністю, не врахованою у штатному розкладі. Але поряд з цим виникає проблема відповідальності роботодавця та соціальної захищеності працівника, який бере участь у цьому процесі. Послуги тимчасового персоналу використовують біля 90% компаній країн Західної Європи та США. В Україні також ця послуга набуває поширення.

Найпоширеніші персонал-технології підбору та найму персоналу - це скринінг, рекрутинг та хедхантинг. Хедхантинг дозволяє задовольнити потребу в кандидатах на позиції топ-менеджерів та фахівців вищої ланки; скринінг, або «поверхневий підбір», застосовується для пошуку та найму необхідного допоміжного та обслуговуючого персоналу нижньої ланки; рекрутинг, або «поглиблений підбір», використовується для пошуку кваліфікованих фахівців середньої ланки. Якщо для скринінгу достатньо одержання формальних характеристик освіти, досвіду роботи, статі та віку, то для рекрутингу необхідний аналіз особистісних характеристик а також ділових якостей претендентів (на основі наявних баз кандидатів).

Важливим напрямом роботи кадрової служби будь-якого підприємства є організація виробничої адаптації та підтримки прийнятого в організацію працівника. Тому на підприємствах поширені такі напрямки навчання та підготовки персоналу як баддінг та коучинг. На відміну від наставництва, як обміну досвідом, та баддінгу, як сукупності прийомів щодо підтримки працівників, коучинг використовується для вироблення у працівників навичок самостійного пошуку способів вирішення проблем. Коучинг, як нова форма розвивальної підтримки, відбувається в результаті повсякденного ділового спілкування між підлеглими і керівниками, консультування під час нарад та поточного контролю. Це освітня технологія, яка допомагає людям працювати набагато ефективніше, розкриваючи свій потенціал та використовуючи приховані ресурси і в результаті змінюватись, тобто розвиватись. Отже застосування цієї персонал-технології сприяє не тільки підвищенню ефективності діяльності, але й розвитку людини. Особливо популярний коучинг серед програм професійної підготовки керівників-лідерів.

Серед навчальних та розвиваючих персонал-технологій слід виділити бізнес-технологію гейміфікацію, в програмних інструментах якої застосовуються елементи комп'ютерних ігор. Ця новітня персонал-технологія використовується в реальних бізнес-процесах: для поліпшення взаємодії працівників в колективі та зі споживачами; для мотивації, управління персоналом та вироблення управлінських навичок; для підвищення залученості і лояльності споживачів а також для інших цілей (в освітній галузі - при вивченні іноземних мов). Застосування цієї персонал-технології сприяє підвищенню продуктивності праці персоналу та заощадженню коштів для компаній.

Як вже підкреслювалось, ефективна діяльність підприємств і організацій залежить від персоналу та нових підходів до управління ним, фокусуючись на людях та їх талантах як головній конкурентній перевазі. Сучасні тренди у розвитку технологій управління персоналом характеризуються новими орієнтирами у комунікаціях та груповій роботі персоналу. Акценти в управлінні персоналом робляться на емоційному інтелекті та креативності. Інноваційний та нестандартний підхід до менеджменту в корпораціях впроваджується в межах холакратичних мережевих організацій - із запровадженням холакратичних принципів управління, сутністю яких є вища якість комунікацій через внутрішню і командну взаємодію. Автором нової концепції побудови системи управління вважають Б.Робертсона, який в 2010 р. склав «Конституцію холакратії». В холакратії відбувається перехід від директивного управління до лідерського, до філософії прийняття на себе відповідальності та уміння вибудовувати новий тип комунікацій. Влада прийняття рішень розподілена між командами, що самоорганізуються, а не надається відповідно до управлінської ієрархії. Замість традиційного підходу до управління (з відповідною вертикальною ієрархією) застосовується пласка структура. Партнери об’єднуються в кола за ролями. при цьому вони можуть одночасно бути учасниками декількох кіл. Тобто передбачається інтегроване прийняття рішень - для внесення пропозицій про зміни в управлінні. Це сприяє підвищенню залученості учасників, зростанню почуття власної значимості для компанії та відповідальності за результати роботи кожного, мотивує брати на себе ініціативу та стимулює до генерування і втілення ідей. Впровадження холакратичних принципів в управління персоналом дозволяє підвищити гнучкість, ефективність, прозорість прийнятих управлінських рішень та активізувати інноваційну діяльність працівників. Отже з'являється більше можливостей для компетентісного розвитку персоналу.

Слід враховувати, що перехід до холакратичних принципів управління можливий в тих організаціях, де працівники компанії усвідомлюють свою роль і призначення, готові брати на себе відповідальність за самостійні рішення та працювати в команді. Крім того, мають існувати механізми зворотного зв’язку, впроваджена справедлива система винагородження, використовуватись

автоматизована система управління бізнес-процесами та управлінським обліком тощо. Незважаючи на те, що поки-що незначна кількість вітчизняних підприємств впроваджують перераховані напрямки управління персоналом, все очевиднішою стає необхідність поширення вже відомих управлінських технологій та пошуку нових підходів до управління розвитком персоналу як важливої умови успішного функціонування підприємств. Не викликає сумнівів, що у найближчій перспективі на ринку управлінських послуг будуть з'являтись нові нестандартні продукти і рішення, використання яких сприятиме активізації діяльності персоналу та підвищенню конкурентоспроможності підприємств.

Висновки

Інноваційна активність суб'єкта господарювання тісно пов'язана з його кадровим та управлінським потенціалом а також інтелектуальним капіталом. Оскільки людський капітал являється головною складовою інтелектуального капіталу, уособлюючи потенціал працівників (його навички, досвід, здібності, які дозволяють генерувати нові ідеї і знання), слід вважати, що зростання інноваційної активності підприємства в найбільшій мірі залежить від інтелектуальної активності персоналу.

Високі темпи впровадження інновацій у різних галузях економіки й зростання ролі знань сприяють підвищенню вимог до освітньо-кваліфікаційного рівня працівників підприємств і організацій і формуванню основної вимоги для кожного працівника - необхідності постійного самовдосконалення для підвищення рівня своєї конкурентоспроможності. Успішні підприємства реалізують програми «безперервного професійного розвитку персоналу». Розвиток персональних компетенцій окремих працівників відбувається паралельно з розвитком корпоративної компетенції персоналу (в межах корпоративної культури), що сприяє досягненню підприємствами головних цілей на тривалу перспективу.

Функціонування в умовах конкуренції і вплив чинників НТП урізноманітнюють і ускладнюють економічні відносини та спонукають підприємства впроваджувати нові підходи до забезпечення стійких конкурентних переваг, пов'зані з активізацією розвитку персоналу. Активізація діяльності персоналу успішних підприємств відбувається внаслідок впливу керівництва на його розвиток за напрямками: навчання персоналу, розвиток лідерських компетентностей, використання новітніх персонал-технологій, розширення сфери відповідальності та делегування повноважень при застосуванні холакратичних принципів управління. Використання новітніх технологій управління персоналом на вітчизняних підприємствах має розширюватись для підвищення їх конкурентоспроможності.

Перелік посилань

1.Гідна праця: імперативи, українські реалії, механізми забезпечення: монографія / [А.М. Колот, В.М. Данюк, О.О. Герасименко та ін.]; за наук. ред. д.е.н., проф. А. М. Колота. — К.: КНЕУ, 2017. — 500 с.

2.Морозов О. Ф., Гончар В. О. Система управлінням розвитку персоналу підприємства. *Ефективна економіка*. 2017. №1. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2017_1_3 (дата доступу 20.02.2021 р.)

3.Міждисциплінарний словник з менеджменту: навчальний посібник / М. В. Петровський та ін.; за ред. Д.М. Черваньова, О. І. Жилінської. Київ: Нічлава, 2011. 624 с.

4.Швець Л. В. Сучасні тенденції розвитку персоналу. *Економіка та управління на транспорті*. 2018. Вип.6. С.149 -151.

5.Про вищу освіту: Закон України від 01.07.14 р. №1556-YII. База даних «Законодавство України» / ВР України. URL:https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18 (дата доступу 20.02.2021 р.)

6.Кремень В. Г., Ткаченко В. М. Синергетика в освіті: контекст людиноцентризму: [монографія] Київ: Педагогічна думка, 2012. 368с.

7.Суков Г.С, Тупик И.Я., Управление развитием персонала на машиностроительном заводе. Теория и практика: [Монография]. К.: КНЕУ, 2008. 232 с. [in Russian].

8. Харчишина О.В. Формування організаційної культури в системі менеджменту підприємств харчової промисловості:[монографія]. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І.Франка, 2011. 290 с.

9.Чорний А.В. Розвиток лідерських компетентностей персоналу ІТ-підприємств: автореф.дис.канд.екон.наук:08.00.04. Київ, 2019. 20 с.

10. Гавриш О. А. Технології управління персоналом [Електронний ресурс]: [монографія] / О. А. Гавриш, Л. Є. Довгань, І. М. Крейдич, Н. В. Семенченко. Київ: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського, 2017. 534 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19480 (дата доступу 20.02.2021 р.)

FORMATION AND DEVELOPMENT OF INTELLECTUAL CAPITAL AS A PREREQUISITE FOR INCREASE OF COMPETITIVENESS POTENTIAL OF THE ENTERPRISE

Haidai Hanna H., candidate of economic sciences, National Transport University, Kyiv, Ukraine, associate professor of the Department of Economics, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0002-1731-9056
Dudka Tamara V., National Transport University, associate professor of the department of economics, Kyiv, Ukraine, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-7365-2403
Petrovska Svitlana I., candidate of economic sciences, National Transport University, associate professor of the department of economics, Kyiv, Ukraine, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-3561-5729
Shvets Lyudmila V., candidate of economic sciences, associate professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine, professor of the department of economics, ORCID ID: https://orcid.org/0000-0003-4545-4252

Abstract. The article considers the directions of intensification of personnel activity as a factor of increase of innovative activity of enterprises and growth of their competitiveness.
The purpose of the article is to outline the areas of purposeful development of enterprise personnel - using innovative approaches - to increase their intellectual activity and competitiveness. The results are obtained due to the application of methods of analysis and synthesis, abstraction, systematization, generalization and systems approach. The article emphasizes that due to the growing requirements for the educational and qualification level of employees of enterprises and organizations, increasing the competitiveness of both individual employees and enterprises should occur due to the development of personal competencies of individual employees in parallel with the development of corporate competence of staff as a whole.
Competitive enterprises implement programs of "continuous professional development of staff". It is substantiated that in order to activate the personnel of enterprises, the management should use innovative approaches to the management of personnel development and corporate culture: tools for the development of leadership competencies; the latest effective personnel technologies (development, training, loan work, etc.); holacratic principles of management in organizations with a "flat hierarchy". An innovative and non-standard approach to personnel development management in corporations can be used by the management of enterprises to improve the processes of personnel development and intensify its innovative activities.

Key words: competitiveness of the enterprise, intellectual capital, personnel development, corporate culture, leadership competencies, technology staff, cholocratic management principles.

References

1.Pretty work: imperatives, Ukrainian realities, mechanisms of provision: monograph / [AM Kolot, VM Danyuk, O.O. Gerasimenko, etc.]; for science. ed. D.N., prof. AM Kolota. - K.: KNEU, 2017. - 500 p. [in Ukrainian].

2.Morozov O. F., Gonchar V.O. System of managing the personnel of the enterprise. Effective economy. 2017. №1. URL: http://nbuv.gov.ua/ujrn/efek_2017_1_3 (access date 20.02.2021). [in Ukrainian].

3.Iddisciplinary Dictionary from Management: Tutorial / MV Petrovsky and others; ed. DM Chervagnev, O. I. Lilyn. Kyiv: Natlava, 2011. 624 p. [in Ukrainian].

4. L.V. Modern trends in personnel development. Economics and management of transport. 2018. Vip.6. C.149 -151. [in Ukrainian].

5.On Higher Education: Law of Ukraine dated 01.07.14 No. 1556-YII. Database "Legislation of Ukraine" / Verkhovna Rada of Ukraine. URL: https: //zakon.rada.gov.ua/Laws/show/1556-18 (access date 20.02.2021)

6.Kremen V. G., Tkachenko V.M. Synergetics in education: Context of man-centeredism: [Monograph] Kiev: Pedagogical Thought, 2012. 368C. [in Ukrainian].

7.Sukov GS, Tupik I.Ya., Management Development of staff on a machine-building plant. Theory and Practice: [Monograph]. K.: KNEU, 2008. 232 p.

8.Kharchina O.V. Formation of organizational culture in the management system of food industry enterprises: [monograph]. Zhytomyr: View of the same man. I.Iphranca, 2011. 290 p. [in Ukrainian].

9.Chorne AV Development of leadership competencies of personnel of IT enterprises: Author's abstract. DIS.KAND.SON.NAK: 08.00.04. Kyiv, 2019. 20 p. [in Ukrainian].

10.Gavrysh O. A. Technologies of personnel management [Electronic resource]: [Monograph] / O. A. Gavrish, L. E. Dovgan, I. M. Kreydich, NV Semenchenko. Kyiv: NTUU "KPI named after Igor Sikorsky, 2017. 534 p. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/19480 (access date 20.02.2021). [in Ukrainian].

УДК 338.47/4 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-292-297**
UDC 338.47/4

ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА ЯК МІКРОЕКОНОМІЧНОЇ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

FEATURES OF THE FUNCTIONING OF THE TRANSPORT ENTERPRISE AS A MICROECONOMIC SOCIO-ECONOMIC SYSTEM UNDER THE CONDITIONS OF THE STATE OF WAR



Гречан Алла Павлівна., *доктор економічних наук, професор кафедри економіки, Національний транспортний університет, Київ, Україна, Grechan.ap@gmail.com, tel. +380674494014, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1*

https://orcid.org/0000-0003-3984-9952

Анотація. У статті визначено та охарактеризовано особливості функціонування підприємства транспортного сектору з позиції системного підходу в умовах воєнного стану. Обґрунтовано положення, що підприємство, як відкрита економічна система, є визначальною основою національної економічної системи. Запропоновано сучасний підхід щодо узагальнення особливостей функціонування транспортних підприємств в умовах воєнної агресії проти України з позиції теорії мікроекономіки, що є надзвичайно важливим і актуальним в сучасних реаліях. Встановлено, що саме підприємства транспорту забезпечують потреби Збройних сил України, інших утворених військових формувань відповідно до законів України. Вони встановлюють зв'язки між бізнесом та секторами національної економіки, населенням, виконуючи надзвичайно важливі функції.. Зазначено, що оперативність та оптимізація транспортування – це життєва складова для нашої перемоги і функціонування економіки. Тому важливим завданням для транспортних підприємств є не тільки виживання в умовах соціальної, гуманітарної і економічної кризи сьогодення, а й створення й активне використання здатності до розвитку. Здійснено аналіз сучасного стану зовнішнього середовища підприємства транспорту за всіма його функціональними сферами (державного, соціального, правового, політичного, економічного, технологічного, ресурсного середовищ). Відмічено, що всі без винятку середовища зазнали кардинальних змін. Акцентовано, що всі трансформації в діяльності пов'язані із переорієнтацією всієї системи національної економіки в єдиному напрямку – надати відсіч ворогу. Водночас, створюються умови для відновлення України після війни, відкриваються нові можливості для побудови високотехнологічної економіки, але їх реалізація залежить від багатьох факторів, безпосередній вплив яких підлягає подальшому науковому обґрунтуванню.

Ключові слова: транспорт, підприємство, мікроекономіка, соціально-економічна система, зовнішнє середовище підприємства.

Вступ. Постановка проблеми. Здійснення російської агресії нанесла нашій державі колосальні втрати: тільки за перші місяці війни економіка втратила 30-50% виробничих потужностей, переважно на Сході України, зростають людські втрати (вбиті та поранені), значно пошкоджені і зруйновано фабрики й заводи, порти, залізниці, елеватори, склади, логістичні центри, лінії електропостачання та телекомунікацій. Внаслідок евакуації переміщені близько 30% працівників (включно з професіоналами, такими як лікарі, інженери, механіки тощо), загалом, економічна активність знизилася більше, ніж на 60%. [1]

Відновлення економіки, реконструкція України, її модернізація потребує кардинальних змін на всіх ієрархічних рівнях, в тому числі і у діяльності підприємств, оскільки на всіх етапах розвитку суспільства підприємство, як складна відкрита виробничо-господарська і соціальна система, відігравало визначальну роль у забезпеченні майбутнього національної економіки.

Особливого значення при цьому набувають заходи щодо перебудови діяльності підприємств транспортного сектору, які забезпечують можливість об'єднання всіх зусиль щодо подолання ворога та усунення катастрофічних наслідків і сприяють реконструкції країни. За результатами опитування керівників підприємств [1] головними перешкодами для бізнесу зараз є саме логістичні складнощі.

Метою даної наукової статті є обґрунтування сучасного підходу щодо узагальнення особливостей функціонування транспортних підприємств в умовах воєнної агресії проти України з позиції теорії мікроекономіки, що є надзвичайно важливим і актуальним в сучасних реаліях.

Виклад основного матеріалу. В сучасних умовах воєнного стану в Україні функціонування економічних систем всіх рівнів характеризуються системною нестабільністю, хоча деякі позитивні зрушення й спостерігаються. Так, якщо на початку війни, згідно з дослідженням, яке проводив аналітичний центр кадрового порталу grc.ua, [2], лише 40,2% компаній зберегли комерційну діяльність, та ще 8,8% працювали частково, то через два місяці кількість підприємств та організацій, які працюють в умовах війни, збільшилася. Більше половини (54,2%) опитаних зазначили, що їх компанія працює. Ще 16% повідомили, що бізнес працює, але лише в безпечних регіонах. Проте, постійно росте непередбачуваність процесів на рівні макроекономічних структур на фоні стресового відновлюваного процесу національної економіки. Вагоме значення у забезпеченні відсічі російським загарбникам, і перемоги над ворогом, а також у відновленні і реконструкції національної економіки відіграє транспорт та транспортна інфраструктура. Саме підприємства транспорту забезпечують потреби Збройних сил України, інших утворених військових формувань відповідно до законів України, встановлюють зв'язки між бізнесом та секторами національної економіки, населенням. Оперативність та оптимізація транспортування – це життєва складова для нашої перемоги і функціонування економіки. Тому важливим завданням для транспортних підприємств є не тільки виживання в умовах соціальної, гуманітарної і економічної кризи сьогодення, а й створення й активне використання здатності до розвитку.

За переконанням фахівців з економіки, кризові явища, які проявляються у крайньому загостренні соціально-економічної системи і створюють загрозу її життєстійкості в навколишньому середовищі, становлять загрозу стійкості всієї системи. Але, разом з тим, в таких умовах саме і створюються можливості для її радикального оновлення, що потребує проведення аналізу та діагностики стану, структурування факторів впливу на формування нового стану та оптимізації діяльності в нових умовах.

З позиції системного підходу, ринок транспортних послуг є макроекономічною моделлю, основою якої є соціально-економічні структури, що безпосередньо створюють такі споживчі цінності, які затребувані у зовнішньому середовищі, і які, враховуючи сформований господарський механізм, регулюють відносини між елементами системи на макрорівні.

Формалізуючи структуру транспортного підприємства з позиції функціонального підходу, важливо трактувати природу даної економічної системи на основі виявлення її спрямованості, особливостей взаємодії з навколишнім середовищем та механізму вирішення основних нагальних проблем господарської життєдіяльності суспільства. Зараз, як ніколи, підприємства, здійснюючі певні процеси на даному етапі життєвого циклу, перш за все реагують на зміну зовнішнього середовища і самостійно забезпечують свій розвиток (використовують можливість самоорганізації). Ключові фактори успіху підприємства знаходяться у двох сферах: у зовнішній (з якої вона одержує всі види ресурсів, включаючи інформацію) і у внутрішній (сильні та слабкі сторони якої створюють ті чи інші передумови для перетворення ресурсів у транспортні послуги).

Враховуючи, що зовнішнє середовище підприємства являє собою сукупність господарських суб'єктів, економічних, суспільних і природних умов, національних та міждержавних взаємин і чинників, що діють у глобальному оточенні, його розглядають як сукупність впливів двох сфер: макро- та мікросередовища. [3]. Якщо макросередовище складається з елементів, які не знаходяться у зв'язку з підприємством постійно, але опосередковано впливають на формування загальної атмосфери бізнесу, тобто це середовище непрямих контактів підприємства, то мікросередовище - це середовище, елементи якого прямо і постійно впливають на діяльність підприємства. Характеризуючи сучасний стан зовнішнього середовища підприємства транспорту, необхідно відмітити на кардинальні зміни всіх його функціональних сфер (державного, соціального, правового, політичного, економічного, технологічного, ресурсного середовищ).

Держава в економіці за теоретичними положеннями може відігравати три різні ролі: невтручання держави в процеси економіки (вільний ринок); радикальне втручання в економіку (соціалізм і комунізм); прагматичне втручання, тобто узгодження політичних поглядів, індивідуальної ініціативи,

прибуткової мотивації, ринкових сил (ринок, що регулюється) [4]. Але сучасний стан є особливим. Відповідно до Закону України [5] воєнний стан - це особливий правовий режим, що вводиться в Україні або в окремих її місцевостях у разі збройної агресії чи загрози нападу, небезпеки державній незалежності України, її територіальній цілісності та передбачає надання відповідним органам державної влади, військовому командуванню, військовим адміністраціям та органам місцевого самоврядування повноважень, необхідних для відвернення загрози, відсічі збройної агресії та забезпечення національної безпеки, усунення загрози небезпеки державній незалежності України, її територіальній цілісності, а також тимчасове, зумовлене загрозою, обмеження конституційних прав і свобод людини і громадянина та прав і законних інтересів юридичних осіб із зазначенням строку дії цих обмежень. На відміну від звичайного стану, коли здійсненні державою транспортної політики передбачає діяльність із управління єдиним транспортним комплексом, окремими підгалузями транспорту і транспортними підприємствами органів державної влади та місцевого самоврядування, які наділені господарською компетенцією, як правило через розробку, прийняття та реалізацію довгострокових програм і планів [6, С.7], на сьогодні держава має повний прямий вплив на діяльність усіх суб'єктів господарювання і всі її дії мають оперативний характер і спрямовані на виживання та перемогу над ворогом.

Соціальне середовище, відповідно його визначення [3], охоплює зростання населення, розвиток культури, освіти визначає характер зростаючого потенційного ринку; вимірювання потреби в кількості та якості благ, які споживаються (продуктів, житла, комфорту), зміна стилю життя призводить до трансформації понять зайнятості та відпочинку, здорового способу життя, комфорту житла, а все разом - мотивація для зміни виробництва благ і послуг. Війна підняла більшість населення зі своїх місць діяльності і проживання, змусила масово мігрувати по країні і закордон. Діяльність підприємств транспорту була спрямована на забезпечення евакуації величезного потоку переселенців. Це стало першим викликом: адже міграція, мобілізація і воєнні дії вже зруйнували налагоджені транспортні ланцюги. Водночас, маючи ресурси для транспортування, підприємства зайняли першу лінію гуманітарного фронту: значні ресурси були зосереджені на безоплатну допомогу, направлену в постраждалі регіони, ЗСУ і суміжним органам оборони, внутрішньопереміщеним особам. Переорієнтація діяльності транспортних підприємств потребувала кардинальних змін у забезпеченні необхідними ресурсами (матеріальними, трудовими, фінансовими) і забезпечила виконання поставлених завдань і утримання бізнесу.

Правове середовище транспортного підприємства має надзвичайно динамічний характер розвитку законів, контрактного, митного права, захист споживачів, але всі бізнес-організації в умовах військового стану працюють в юридичних рамках, норми права регулюють поведінку бізнес-організацій і вирішують спори, конфлікти між ними і суспільством у цілому. Так, спрощено порядок перетину державного кордону України: військовозобов'язаним водіям, як і працівникам підприємств залізничного транспорту, віком від 18 до 60 років, які здійснюють вантажні перевезення для потреб ЗСУ, інших утворених відповідно до законів України військових формувань, а також медичних вантажів та вантажів гуманітарної допомоги, надається відтермінування від призову на військову службу під час мобілізації. Для забезпечення підвищення інтенсивності використання автомобільного транспорту і забезпечення максимально оперативного надходження гуманітарної допомоги 14 європейських країн запровадили бездозвільний проїзд до України для перевізників гуманітарних вантажів.

Війна внесла кардинальні зміни і у політичне середовище, яке також є дуже важливим у складі зовнішнього середовища підприємств. Зовнішній і внутрішній ринок знаходиться під впливом політичних подій і рішень, аналогічно цьому політичні фактори можуть значно впливати на операції у сфері транспорту. Захист європейських цінностей та ідеалів – демократії, верховенства права, поваги до прав і свобод людини згуртував та об'єднав усіх. Фактично зник поділ на соціальні верстви, політичні сили, професійні об'єднання і групи за інтересами. Всі, за рідкісним винятком, в єдиному пориві працюють на досягнення спільної мети – викинути ворога за межі України. Всі намагаються бути дотичним до різноманітних процесів, які будують майбутнє української нації. [7]

Діяльність підприємств завжди знаходиться в безпосередньому зв´язку з економічним середовищем: рівнем зайнятості, платіжним балансом, темпами економічного росту. Від російської агресії економіка України вже зазнала колосальних збитків, й наразі ці втрати продовжуються. За різними прогнозами ВВП України може впасти на 30-50%, а за припущенням Міжнародного

валютного фонду економіка України цього року через війну скоротиться на 35%. Історичною подією, що матиме далекосяжні наслідки для економічного розвитку України стало надання Україні статусу кандидата на членство в ЄС. Окрім очевидної важливості цієї події як політичного сигналу щодо підтримки України у війні проти рф та переходу стосунків між Україною та ЄС на новий рівень (від політики сусідства до політики розширення) надання статусу кандидата також матиме як короткострокові так і довгострокові результати для економічного розвитку України [8]. Дані події прискорили підписання між Україною та Євросоюзом Угоди про вантажні перевезення автомобільним транспортом, так званий транспортний безвіз. [9]. Відтепер українським перевізникам не потрібні відповідні дозволи для здійснення двосторонніх та транзитних перевезень у держави ЄС. Також угода дозволяє уникнути зупинки експорту української продукції через автомобільні пункти пропуску. Підписаний документ також спрощує визнання водійських документів. Відтепер Україна та ЄС звільняють власників посвідчень водіїв, виданих однією зі сторін, від вимоги мати міжнародне посвідчення водія.

Отже, сучасна національна економіка з одного боку, формує механізм оперативної ефективної економічної підтримки збройних сил, цивільного населення, бізнесу, а з іншого - започатковує також цілу низку важливих позитивних змін стратегічного характеру щодо більш активної інтеграції в європейську та світову транспортну мережу.

Технологічне та ресурсне середовища транспортного підприємства на сучасному етапі також зазнало кардинальних змін. Враховуючи, що майже повністю стала неможливою діяльність портів і авіатранспорту через блокування і високу ризикованість, всі види перевезень здійснюються автомобільним та залізничним транспортами. Але їх можливості значно обмежені, оскільки знищені і пошкоджені промислові приміщення, зруйновані дороги і транспортна інфраструктура, власне і самі транспортні засоби, у тому числі важковаговики, вантажівки, якими здійснювалися перевезення. З метою пришвидшення процесу розширення парку автотранспортних засобів відповідно до прийнятого Закону України [10] з 1 квітня 2022 р. скасовано ввізне мито, акциз та податок на додану вартість, що мали сплачуватися фізичними особами під час ввезення на митну територію України автомобільних транспортних засобів згідно з визначеним переліком, а також встановлено особливості пільгового розмитнення для юридичних осіб. Протягом двох місяців дії зазначеного закону в Україну завезено майже 30 тис машин [11]. Із них більше половини – це машини вартістю до 100 тисяч грн., тобто, недорогі, вживані машини за 1,5 - 3 тис. доларів, які йдуть у великій кількості на потреби армії, територіальної оборони, або замість втраченої машини на сім'ю. Далі – майже 37% - машини вартістю від 100 до 500 тис. грн., які в основному спрямовано на забезпечення потреб армії.

Збільшення на декілька тисяч автомобільних транспортних засобів відбулося шляхом їх завезення на територію України як гуманітарну допомогу для потреб військового спрямування. Також Державна митна служба на потреби оборони передала понад одну тисячу конфіскованих автомобілів. Такі заходи дозволили значно збільшити ресурсний потенціал та сприяли новим можливостям щодо забезпечення транспортними послугами потреби збройних сил України, населення та бізнесу.

Висновки і пропозиції. Отже, дослідження і аналіз структурних факторів зовнішнього середовища транспортного підприємства як мікроекономічної системи, що впливають на втримання бізнесу в умовах війни в Україні, засвідчують їх кардинальну зміну, що, перш за все, пов'язано із переорієнтацією всієї системи національної економіки в єдиному напрямку – надати відсіч ворогу. Непередбачувані перетворення відбуваються у всіх сферах макро і мікросередовища - державній, соціальній, правовій, політичній, економічній, технологічній, ресурсній. Водночас, створюються умови для відновлення України після війни, відкриваються нові можливості для побудови високотехнологічної економіки, але їх реалізація залежить від багатьох факторів, безпосередній вплив яких підлягає подальшому науковому обґрунтуванню.

Перелік посилань

1.Нарис про відбудову України. CEPR PRESS Centre for Economic Policy Research. URL: https://cepr.org/sites/default/ (Дата звернення 25.06.2022р.)

2. Вплив війни на український бізнес. URL: https://grc.ua/article/30173 (Дата звернення 25.06.2022р.)

3. Щебликіна І.О. , Грибова Д.В. Основи менеджменту. навчальний посібник. Мелітополь : ВБ. «ММД», 2015. 479 с.

4. Осовська Г.В., Осовський О.А. Мікроекономіка. Навчальний посібник. К.: «Кондор», 2008. - 664 с. URL: http://megalib.com.ua/content/2511_44_Zovnishne_ seredovishe_organizacii.html (Дата звернення 25.06.2022р.)

5.Закон України «Про правовий режим воєнного стану» № 766-VIII від 10.11.2015 (зі змінами) URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19#Text (Дата звернення 25.06.2022р.)

6. Пруненко Д. О. Економіка транспорту. Х.: ХНАМГ, 2012. 117 с.

7. Кондратьєва Г.В. Організація управління розвитком територій під час військових дій в Україні. URL: https://www.prostir.ua/?library=orhanizatsiya-upravlinnya-rozvytkom-terytorij-pid-chas-vijskovyh-dij-v-ukrajini/ (Дата звернення 25.06.2022р.)

8. Данилишин Б. Європрорив: як це відображається на ситуації в економіці та на фінансових ринках. URL: https://lb.ua/blog/bogdan_danylysyn/521704_ievroproriv_yak_tse_vidobrazhaietsya.html/ (Дата звернення 25.06.2022р.)

9. Украина подписала соглашение о "транспортном безвизе" с Европейским Союзом. https://meta.ua/news/economics/49556-ukraina-podpisala-soglashenie-o-transportnom-bezvize-s-evropeiskim-soyuzom, (Дата звернення 25.06.2022р.)

10.Закон України «Про внесення змін до Податкового кодексу України та інших законодавчих актів України щодо вдосконалення законодавства на період воєнного стану» від 24.03.2022р. №2142-IX.

11.Скільки і яких автомобілів було завезено за нульовим розмитненням. Статистика. URL: http://autoconsulting.ua/article.php?sid=51145 (Дата звернення 25.06.2022р.)

FEATURES OF THE FUNCTIONING OF THE TRANSPORT ENTERPRISE AS A MICROECONOMIC SOCIO-ECONOMIC SYSTEM UNDER THE CONDITIONS OF THE STATE OF WAR

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

Abstract. The article defines and characterizes the peculiarities of the functioning of the transport sector enterprise from the standpoint of a systemic approach in the conditions of martial law. The proposition that the enterprise, as an open economic system, is the determining basis of the national economic system is substantiated. A modern approach to the generalization of the functioning of transport enterprises in the conditions of military aggression against Ukraine from the standpoint of microeconomic theory is proposed, which is extremely important and relevant in modern realities. It has been established that transport enterprises provide the needs of the Armed Forces of Ukraine and other established military formations in accordance with the laws of Ukraine. They establish connections between business and sectors of the national economy, the population, performing extremely important functions. It is noted that the efficiency and optimization of transportation is a vital component for our victory and the functioning of the economy. Therefore, an important task for transport enterprises is not only survival in the conditions of today's social, humanitarian and economic crisis, but also the creation and active use of the ability to develop. An analysis of the current state of the external environment of the transport enterprise was carried out in all its functional areas (state, social, legal, political, economic, technological, resource environment). It was noted that all environments, without exception, underwent drastic changes. It was emphasized that all transformations in activity are related to the reorientation of the entire system of the national economy in a single direction - to repel the enemy. At the same time, conditions are being created for the recovery of Ukraine after the war, new opportunities for building a high-tech economy are opening up, but their implementation depends on many factors, the direct influence of which is subject to further scientific justification.

Key words: transport, enterprise, microeconomics, socio-economic system, external environment of the enterprise

References

1.Narys pro vidbudovu Ukrayiny. CEPR PRESS Centre for Economic Policy Research. URL: https://cepr.org/sites/default/ [in Ukrainian] (Last accessed: 25.06.2022)

2. Vplyv viyny na ukrayins′kyy biznes.URL: https://grc.ua/article/30173 [in Ukrainian] (Last accessed: 25.06.2022

3. Shcheblykina I.O. , Hrybova D.V. Osnovy menedzhmentu: navchal′nyy posibnyk. Melitopol′ : VB. «MMD»,2015. 479 c. [in Ukrainian]

4.Osovs′ka H.V., Osovs′kyy O.A. Mikroekonomika. Navchal′nyy posibnyk. - K.: «Kondor», 2008. 664 c. URL: http://megalib.com.ua/content/2511_44_Zovnishne_seredovishe_organizacii.html [in Ukrainian] (Last accessed: 25.06.2022)

5. Zakon Ukrayiny «Pro pravovyy rezhym voyennoho stanu»№ 766-VIII від 10.11.2015 (зі змінами) URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19#Text [in Ukrainian] (Last accessed: 25.06.2022)

6. Prunenko D. O. Ekonomika transportu. KH.: KHNAMH, 2012. 117 c. [in Ukrainian].

7. Kondrat′yeva H.V. Orhanizatsiya upravlinnya rozvytkom terytoriy pid chas viys′kovykh diy v Ukrayini. URL: https://www.prostir.ua/?library=orhanizatsiya-upravlinnya-rozvytkom-terytorij-pid-chas-vijskovyh-dij-v-ukrajini/ [in Ukrainian] (Last accessed: 25.06.2022)

8. Danylyshyn B. Yevroproryv: yak tse vidobrazhayet′sya na sytuatsiyi v ekonomitsi ta na finansovykh rynkakh. URL: https://lb.ua/blog/bogdan_danylysyn/521704_ievroproriv_yak_tse_vidobrazhaietsya.html / [in Ukrainian] (Last accessed: 25.06.2022)

9. Ukraina podpisala soglasheniye o "transportnom bezvize" s Yevropeyskim Soyuzom. https://meta.ua/news/economics/49556-ukraina-podpisala-soglashenie-o-transportnom-bezvize-s-evropeiskim-soyuzom/ [in Ukrainian] (Last accessed: 25.06.2022)

10. Zakon Ukrayiny «Pro vnesennya zmin do Podatkovoho kodeksu Ukrayiny ta inshykh zakonodavchykh aktiv Ukrayiny shchodo vdoskonalennya zakonodavstva na period voyennoho stanu» vid 24.03.2022r. №2142-IX. [in Ukrainian]

11. Skil′ky i yakykh avtomobiliv bulo zavezeno za nul′ovym rozmytnennyam. Statystyka.URL: http://autoconsulting.ua/article.php?sid=51145 [in Ukrainian] (Last accessed: 25.06.2022)

УДК 658.3:338.1 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-298-309**
UDC 658.3:338.1

«ЗЕЛЕНИЙ» ТРЕНД СТРУКТУРНИХ ЗМІН ТА БІЗНЕС-ІНІЦІАТИВИ ЩОДО СТАЛОГО РОЗВИТКУ ЕКОНОМІКИ НА ГЛОБАЛЬНОМУ ТА НАЦІОНАЛЬНОМУ РІВНЯХ

GREEN TREND OF STRUCTURAL CHANGES AND BUSINESS INITIATIVES FOR THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE ECONOMY AT THE GLOBAL AND NATIONAL LEVELS



***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 зміст й особливості «зеленої» економіки. Проаналізовано принципи забезпечення сестейнового розвитку та формування «зеленої» економіки. Обґрунтовано наукові основи забезпечення сестейнового розвитку та «зеленого» тренду структурних змін. Досліджено бізнес-ініціативи щодо сталого розвитку економіки на глобальному та національному рівнях. Сформовано основні засади впровадження моделі «зеленої» економіки в Україні.

Метою політики «зеленого» зростання є створення доданої вартості з незначними втратами для довкілля, а також умов для інновацій та інвестицій, спроможних задіяти нові джерела економічного зростання.

Інструментом «зеленої» економіки є здійснення реформ, спрямованих на запровадження найбільш ефективних принципів, механізмів та моделей управління соціально-економічними процесами в країнах світу. При цьому безумовним імперативом суспільства має стати практична реалізація моделі сталого розвитку, що забезпечує інтегральне поєднання економічної ефективності, соціальної справедливості, ресурсної збалансованості та екобезпеки.

Сталий розвиток передбачає синергію трьох компонентів – економічного, соціального та екологічного. Концепція «зеленої» економіки покликана забезпечити більш гармонійне узгодження між цими компонентами, перш за все за рахунок ресурсо- та енергоефективності, а також участі бізнес-сектору.

Визначення та активна реалізація пріоритетів інноваційного розвитку України в «зеленому» форматі мають сприяти зміцненню на світовому та європейському рівнях іміджу України як держави зі значним науковим та освітнім потенціалом, здатної створювати високотехнологічну продукцію. Успіх інноваційної політики України на глобальному ринку повинен визначатися не лише обсягами інвестицій, які вона отримує зовні, а й з внутрішніх джерел для розвитку високотехнологічного виробництва, динамікою зростання частки експорту, підвищенням зацікавленості зарубіжних компаній та висококваліфікованих фахівців співпрацювати з українськими підприємствами.

Ключові слова: сталий розвиток, «зелена» економіка, бізнес-стратегії, підприємства, ефективність, національна економіка, інвестиції, інноваційний розвиток, глобальний індекс інновацій, міжнародна науково-технічна кооперація.

Вступ. В умовах сьогодення сталий розвиток став міжнародним трендом, універсальною стратегією для національного та міжнародного рівнів. Хоча багато країн прийняли стратегії сталого розвитку, однак сучасні світові тенденції визначають подальшу траєкторію їх удосконалення, оскільки визначальною домінантою є ідея інтегрального підходу до розв'язання економічних, соціальних та екологічних проблем. Саме на тлі цього наукового фундаменту і виникла теорія «зеленої» економіки.

Сталий розвиток належить до суспільної парадигми, у рамках якої використання ресурсних можливостей спрямоване на задоволення людських потреб, з одночасним забезпеченням сталості природних систем та навколишнього середовища не лише для сучасного, а й для майбутніх поколінь. Щоб розвиток був сталим, варто зважати не тільки на економічні, а й соціальні, екологічні та культурологічні чинники в довготривалій перспективі. Під сталим розвитком розуміється розвиток, що дозволяє на довготривалій основі забезпечувати стабільне економічне зростання, яке не призводить до деградаційних змін у природі та дозволяє розраховувати на задоволення потреб як сьогоднішніх, так і майбутніх поколінь, не відкидаючи тези про реальні обмеження ресурсно-природного потенціалу.

Спостерігаються тенденції до глибокого перетворення світового господарства і міжнародних економічних відносин під впливом усвідомлення глобальних проблем, серед яких однією з найгостріших стала екологічна проблема, адже саме вона визначає перспективи виживання людства. Як результат – зростання актуальності й необхідності формування докорінно зміненої, революційної стратегії розвитку як для окремої країни, так і для світового співтовариства загалом.

Ініціатива із «зеленої» економіки, упроваджувана UNEP (Програма ООН з охорони довкілля), націлена на допомогу урядам у формуванні й зосередженні політики та процесів інвестування на «зелених» секторах розвитку, зокрема «чистих» технологіях, відновлюваній енергетиці, водопостачанні, транспорті, управлінні відходами, «зеленому» будівництві, органічному сільському господарстві. Водночас вона концентрує зусилля й на стимулюванні економічного розвитку, створенні робочих місць і подоланні бідності, скороченні викидів парникових газів, ощадливішому використанні природних ресурсів і зменшенні обсягів відходів. Розвиток сільського господарства є одним з наріжних каменів концепції «зеленої» економіки, оскільки впливає на різні, пов'язані зі сталим розвитком, сфери життя. Нова економічна стратегія, запропонована ООН, передбачає докорінну трансформацію природокористування, промисловості та свідомості людей, виходячи поза межі постіндустріальної економіки.

Сьогодні в Україні інституційні засади «зеленого» зростання ще остаточно не сформовано, тому важливим є визначення пріоритетних напрямів інноваційного розвитку державної політики, в основі якої – пріоритетність упровадження міжнародних та європейських стандартів, що дозволить використати досвід та досягнення розвинутих країн в «озелененні» національної економіки. Україні необхідно сформувати систему довгострокових дій, що деталізує ресурсні можливості, обґрунтування вагомості екологізації суспільного розвитку для забезпечення економічного зростання країни та формування сприятливого бізнес-середовища як на державному, так і регіональному рівнях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значний внесок у дослідження теоретичних та практичних аспектів «зеленої» економіки зробили такі вчені: Є. Барбієр, Б. Буркинський, Т. Галушкіна, А. Камерон, А. Марканді, Л. Мусіна, Д. Піарс, К. Стюарт та ін. Крім того, розробкою та впровадженням концепції «зеленої» економіки займаються міжнародні інституції, зокрема, Програма ООН з навколишнього середовища, Організація економічного співробітництва та розвитку, Генеральний директорат Європейської Комісії з питань довкілля. Проте невирішеними залишаються проблеми впровадження концепції «зеленої» економіки в контексті сталого соціально-економічного розвитку України. Розвиток «зеленої» економіки потребує розв'язання суперечностей екологізації виробництва, посилення ролі держави в стимулюванні зелених інвестицій та інновацій, створення умов для підвищення конкурентоспроможності національних виробників зеленої продукції та формування нового ставлення населення до навколишнього середовища.

Постановка завдання. Основними цілями статті є: дослідження змісту й особливостей «зеленої» економіки; аналіз принципів забезпечення сестейнового розвитку і формування «зеленої» економіки; обґрунтування наукових основ забезпечення сестейнового розвитку та «зеленого» тренду структурних змін; дослідження бізнес-ініціатив щодо сталого розвитку економіки на глобальному та

національному рівнях; формування основних засад впровадження моделі «зеленої» економіки в Україні.

Виклад основного матеріалу дослідження. ООН та ОЕСР розглядають «зелену» економіку як подальшу трансформацію та уточнення концепції сталого розвитку, що ґрунтується на принципах взаємодії суспільства і природи та передбачає гармонізацію економічного, соціального розвитку та збереження довкілля. Конференція ООН зі сталого розвитку, яка відбулася 10–11 січня 2011 року в Нью-Йорку, розглянула питання зв'язку між концепціями «зелена економіка» та «сталий розвиток» та дійшла висновку, що «зелена економіка – це орієнтована на результат концепція, спрямована на досягнення конвергенції між трьома складовими сталого розвитку», однак стратегії переходу до «зеленої» економіки потребують більш ґрунтовного розроблення економічних важелів на рівні як національних економік, так і окремих секторів.

Сучасне трактування теоретичних засад «зеленої» економіки розроблено також всесвітнім об'єднанням вчених Інституту «зеленої» економіки (Велика Британія). Так, на думку директора цього інституту М. Кеннета, «зелена» економіка повертає науку з виключно кількісних вимірів «людини економічної» і розширює межі мейнстріму через використання комплексних і міждисциплінарних методів та інструментів. По суті, при обґрунтуванні економічної політики пропонується використовувати абсолютно нові підходи. Пріоритетом «зеленої» економіки також визначається добробут усіх людей, збереження біорізноманіття [1].

Сестейнізація являє собою процес формування цілісної системи, яка б обумовлювала постійне відтворення процесів трансформації економічної системи з метою сестейнового розвитку основних виробничих факторів, зокрема матеріальної основи, технічних засобів і трудових ресурсів, а також методів управління ними (рис. 1).

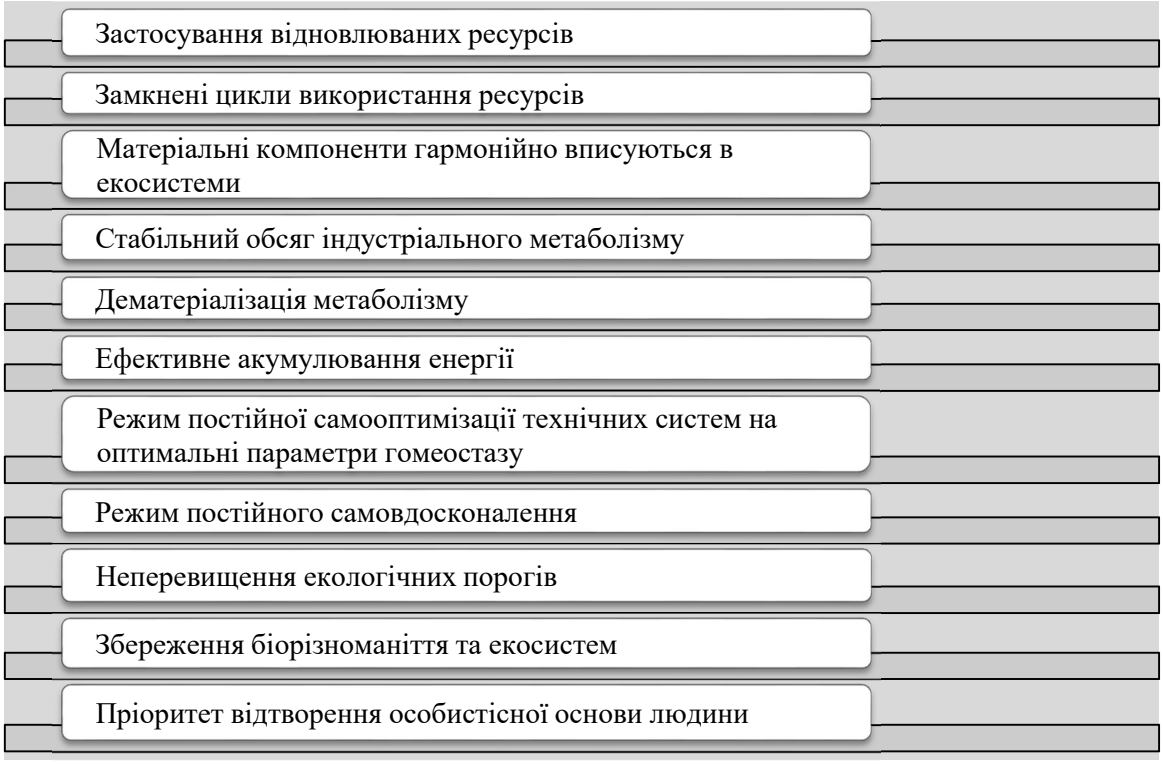


Рисунок 1 – Основні характеристики «сестейнової» («зеленої») економіки
Figure 1 – The main characteristics of a sustainable (green) economy

До основних принципів «зеленої» економіки належать:
– рівність і справедливість у межах одного покоління і між поколіннями;
– відповідність принципам сталого розвитку;
– обережність щодо соціальних наслідків і впливу на навколишнє середовище;

– розуміння високої цінності природного й соціального капіталу, наприклад, за рахунок інтерналізації зовнішніх екологічних витрат, «зеленого» обліку, оцінки витрат за період усього життєвого циклу продукту та поліпшення управління;

– ефективність використання ресурсів, стійке споживання і виробництво.

Незважаючи на глобальність «зеленого» мислення, «зелена» економіка орієнтує на розвиток локального виробництва для місцевих потреб, а також на вторинне використання, скорочення ремонт, перероблення, а не розширення глобальної експансії корпорацій (табл. 1) [2].

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика особливостей традиційної та «зеленої» економік
Table 1 – Comparative characteristics of traditional and green economies

Характеристика	Вид економіки	
	традиційна	«зелена»
Основний вид ресурсів і джерела енергії	Невідновлюваний	Відновлюваний
Основна база розвитку	Посилення матеріально-енергетичних факторів	Удосконалення інформаційних та синергетичних факторів
Основне завдання виробництва	Тиражування виробів та послуг	Генерування конструкторських і технологічних ідей та інновацій
Цільова еколого-економічна політика	Економічні цілі з екологічними обмеженнями	Екологічні цілі з економічними обмеженнями
Тип природокористування	Споживання компонентів природного середовища	Використання функцій інтегрального природно-ресурсного потенціалу
Тип природоперетворення	Трансформація природних субстанцій; застосування техногенних процесів	Використання природних субстанцій, процесів і відтворювальних циклів
Тип формування селітебної території	Індустріально-центричний: в центрі – промисловий об’єкт, помешкання – на периферії	Природоцентричний: у центрі помешкання – природний об’єкт (ліс, озеро, парк), промислове середовище – на периферії
Пріоритетний тип споживання	Матеріальні блага для забезпечення біологічної природи людини	Інформаційні блага для розвиту особистісного начала людини
Ступінь уніфікації потреб	Конвергенція (уніфікація) потреб	Дивергенція (збільшення ступеня різноманіття) потреб
Пріоритетний тип транспортування	Транспортування матеріальних мас та енергії	Передача інформації з її матеріалізацією на місцях

Експертами визначено такі ключові переваги «зеленої економіки»:

1) спрямованість на забезпечення потреб усіх людей у всьому світі, захист біологічних видів, збереження природного середовища;

2) ґрунтованість на соціальній та екологічній справедливості, толерантності, створенні високої якості життя для сучасних і майбутніх поколінь, поєднанні інтересів літніх людей і молоді;

3) забезпечення дотримання прав біологічних видів на існування і збереження біорізноманіття;

4) націленість на ненасильницьке розв’язання проблем і забезпечення інклюзивності добробуту, зокрема для осіб з обмеженими можливостями;

5) забезпечення рівного доступу до прийняття рішень (управління) і ресурсів;

6) забезпечення гендерної рівності в усіх сферах діяльності;

7) припинення зростання масового споживання й нераціонального використання ресурсів;

8) передбачення переходу на відновлювані джерела енергії; створення нової моделі економіки для подолання поточної невизначеності та спаду [1].

«Зелене» зростання спрямоване на виявлення більш екологічно чистих джерел зростання, включаючи можливості розвитку нових екологічно орієнтованих галузей, створення робочих місць і технологій та водночас управління структурними змінами для переходу до більш «зеленої» економіки для забезпечення таких завдань:

– трансформувати неефективні виробничі структури шляхом реформування податково-бюджетних інструментів сприяння зеленому зростанню, зменшення бар'єрів та зміцнення ринків для зелених товарів, послуг і технологій;

– побудувати екоефективну інфраструктуру;

– змінити поведінку споживачів, забезпечивши для них правильні середньострокові та довгострокові орієнтири;

– сприяти інноваціям і більш чистим технологіям на підтримку зеленого зростання.

Однією з ключових характеристик «зеленого» зростання є явище так званого «розмежування», коли тиск на довкілля менший від показників економічного зростання за певний період часу. При цьому пропонується використовувати категорію «природний капітал» замість категорії «природні ресурси», що віддзеркалює зміну ролі природи в економіці – від пасивної до активної ролі як джерела вартості [3].

Варто зазначити, що сталий розвиток передбачає синергію трьох компонентів – економічного, соціального та екологічного. Концепція «зеленої» економіки покликана забезпечити більш гармонійне узгодження між цими компонентами, перш за все за рахунок ресурсо- та енергоефективності, а також участі бізнес-сектору.

Відмінними рисами «зеленої» економіки є такі:

– економічне зростання має забезпечуватися при менш інтенсивному споживанні сировини та енергії в усіх секторах економіки за принципом «створювати більше вартості за меншого впливу»;

– головну роль у переході на засади «зеленої» економіки відіграє державна політика стимулювання розвитку «зелених» видів діяльності, обмеження субсидій на підтримку забруднювальних довкілля «коричневих» виробництв, упровадження більш жорстких екологічних стандартів та відповідальності виробників і споживачів, продуманої системи державного регулювання та інвестицій;

– упровадження більш чистих технологій відкриває нові можливості зростання в «зелених» напрямах, компенсуючи втрату робочих місць у коричневих секторах;

– активізація інвестування в підвищення енергоефективності, відновлювальну енергетику та управління відходами створює базис для розгортання підприємництва, інновацій та росту зайнятості.

Метою політики «зеленого» зростання є створення доданої вартості з незначними втратами для довкілля, а також умов для інновацій та інвестицій, спроможних задіяти нові джерела економічного зростання. Політика «зеленого» зростання передбачає податкову реформу на основі реальної оцінки природного капіталу, розвиток екоефективної інфраструктури та «озеленення» національної економіки з метою формування сталого споживання.

«Зелене» зростання передбачає стимулювання економічного розвитку, забезпечуючи при цьому збереження й відтворення природних активів, які продовжують надавати ресурси та екологічні послуги для забезпечення добробуту суспільства. Для цього таке зростання має стати каталізатором інвестицій та інновацій, що будуть основою сталого розвитку і сприятимуть виникненню нових економічних можливостей. Для здійснення стратегії «зеленого» зростання потрібен інструментарій, пов'язаний з такими спектрами політичних заходів: рамкові умови, які забезпечують економічне зростання і збереження природного капіталу – ключові фінансові та регулятивні дії, такі як податкова і конкурентна політика; політичні заходи, спрямовані на стимулювання ефективного використання природних ресурсів і збільшення ціни забруднення, регулювання цін тощо.

Стратегія «зеленого» зростання ґрунтується на взаємопов'язаних аспектах економічної та екологічної політики, що враховують усю цінність природного капіталу як фактора виробництва та його роль у зростанні. За визначенням ЮНЕП, «зелена» економіка – це економіка з низькими обсягами викидів вуглецевих сполук, яка ефективно використовує ресурси та відповідає інтересам усього суспільства.

До необхідних рис сестейнової економіки можна віднести такі:

– ресурсовідновлюваність – принциповою основою «зеленої» економіки повинні стати відновлювані ресурси;

– дематеріалізація – кардинальне зниження матеріаломісткості, енергоємності та природоємності;

– трансформаційність – постійне просування в бік удосконалення через прогресивні трансформації;

– інноваційність – сприйнятливість до швидкого впровадження прогресивних інновацій;

– натуралізація – наближення форми задіяних матеріалів, видів енергії і технологічних процесів до тих, що існують у природі;

– соціальна орієнтованість – домінантною метою є перехід від пріоритету економічних цілей до пріоритету цілей соціального розвитку людини;

– інформаційна спрямованість – пріоритетним є інформатизація сфер виробництва і споживання продукції;

– етизація та гуманізація економіки – реалізація етичних принципів сестейнової справедливості;

– синергетизація – об'єднання окремих економічних суб'єктів у цілісні системи, які можуть набувати масштабів локальних, регіональних, континентальних або глобальних мереж;

– децентралізація – збільшення свободи окремих економічних суб'єктів у прийнятті рішень;

– самоорганізованість – підвищення ступеня самоорганізації систем [2].

Впливаючи один на одного, зазначені характеристики формують складну багатофакторну систему функціональних властивостей соціально-економічної системи, здатної здійснити перехід до сестейнового розвитку (рис. 2). При цьому кожна з характеристик виступає одночасно і як мета реалізації певного напряму, і як засіб реалізації інших характеристик. Зокрема, дематеріалізація суспільного виробництва може бути досягнута лише через ресурсовідновлюваність, постійну прогресивну трансформацію господарських систем, їх інноваційне оновлення, натуралізацію та відтворення інших зазначених характеристик, включаючи соціальну орієнтованість. У той самий час сама дематеріалізація виробництва та споживання продукції, що забезпечує істотне здешевлення та екологізацію процесів задоволення потреб, у свою чергу, є необхідним засобом переходу до соціально орієнтованого розвитку.

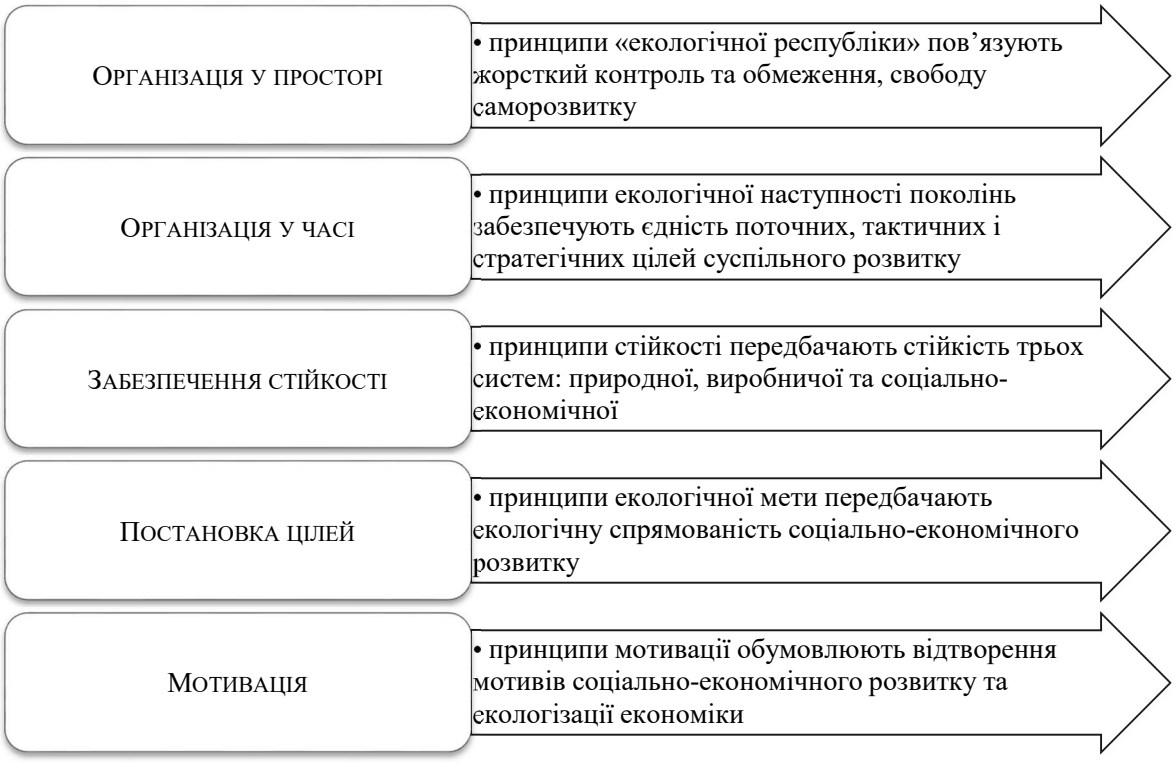


Рисунок 2 – Групи принципів реалізації сестейнового розвитку
Figure 2 – Groups of principles of implementation of sustainable development

Зниженню ресурсоємності сприяє і всебічне впровадження енергоощадних технологій на виробництві та в побуті. Можна виділити кілька напрямів розвитку економічних систем, що забезпечують зниження ресурсоємності їх функціонування: заходи щодо масштабного ресурсозбереження; використання ресурсоощадних технологій; використання ефективних

ресурсоощадних режимів роботи; використання природозбережних технологій, що знижують екологічні наслідки і пов'язані з цим витрати [4].

Одним з істотних компонентів реалізації «зеленої» економіки є формування сестейнового попиту, тобто попиту на товари та послуги, що сприяють досягненню цілей сестейнового розвитку. Тут мова йде передусім про інформаційні товари, що створюють умови для розвитку особистісного начала людини (послуги освіти й охорони здоров'я, вироби і послуги культури і мистецтва, туризм, наукова діяльність тощо). Їх частка в структурі споживчого попиту повинна неухильно зростати. Це значною мірою сприятиме і зниженню екологічного навантаження на природне середовище. Адже у зазначених секторах при виробництві продукції частка інформації, яка виступає у ролі вихідного ресурсу, як правило, значно перевищує частку матеріалів та енергії.

Сьогодні в країнах ЄС для стимулювання процесів сестейнізації економіки використовуються такі провідні групи інструментів:

1) адміністративно-командні інструменти («жорстке право») – накази та директиви, заборони, обмеження, процедури ліцензування;

2) економічні інструменти – «зелене» оподаткування, екологічні платежі, сертифікати, «зелені» субсидії та схеми просування, а також скасування тих субсидій, які завдають шкоди навколишньому середовищу;

3) добровільні інструменти («м'яке право») – інформація, системи управління, періодичний обмін досвідом або добровільні угоди між державними структурами й асоціаціями приватних підприємців («зелені» договори або союзи) [1].

Також у країнах ЄС широко застосовуються заходи економічного стимулювання розвитку сестейнової («зеленої») економіки. Стратегія ЄС передбачає інтеграцію елементів «зеленої» економіки в стратегії з економіки та зайнятості. Концепція «зеленої» економіки пов'язується євроінститутами з реалізацією Дорожньої карти щодо переходу до конкурентоспроможної низьковуглецевої економіки ЄС до 2050 року.

Тому підприємствам доцільно ухвалити бізнес-стратегії, спрямовані на максимально ефективне використання ресурсів і «чисте» виробництво, тобто стратегії відповідно до «трьох R» (Reduce, Recycle, Reuse) – «скорочення, перероблення, повторне використання». Для цього необхідно максимально підвищити ефективність використання енергії та сировини, запровадити стратегії «чистих» виробництв, запобігання забрудненням, «зеленого» виробництва тощо.

Варто зауважити, що в сучасних умовах транспорт є ключовою ланкою, що зв'язує діяльність окремих економічних суб'єктів, зокрема, виробників та споживачів продукції, а також окремих виробників та споживачів між собою. Саме за допомогою транспорту реалізується значна частина трансакцій, при яких товари переміщаються від одних власників до інших. Транспорт бере активну участь і у внутрішньогосподарській діяльності окремих суб'єктів. Нарешті, послугами транспорту щодня користуються мільярди жителів Землі, використовуючи їх як кінцеве споживче благо, що забезпечує соціальні комунікації людей. Усе це обумовлює колосальне значення підвищення економічної та екологічної ефективності реалізації транспортних процесів, що передбачає їх значну де матеріалізацію – зниження матеріаломісткості та енергоємності [5].

Досягнення третьої і четвертої промислових революцій відкривають нові перспективи екологічно обумовленої трансформації і сестейнізації транспортних систем. До ключових напрямків сестейнізації транспорту можна віднести:

– електрифікацію транспорту;
– використання нових джерел енергії, передусім водню;
– використання нових видів транспортних засобів та їх гібридизацію;
– роботизацію транспортних засобів;
– заміщення матеріальних переміщень на інформаційні;
– удосконалення транспортної логістики.

Розрахунки Всесвітньої бізнес-ради із сталого розвитку, здійснені в рамках проєкту «Бачення–2050», доводять, що традиційний шлях розвитку світової економіки за «звичайною бізнес-стратегією» вимагатиме у 2050 році споживання природних ресурсів в обсязі, еквівалентному 2,3 сьогоднішнього обсягу ресурсів планети. У зв'язку з цим глобальним викликом міжнародні організації докладають зусиль щодо впровадження ідеології «зеленого» зростання шляхом упровадження нових ресурсоефективних та більш чистих технологій; збільшення ефективності сільського та лісового

господарства; покращання екологічної інфраструктури; корекції суспільних цінностей та екологізованої поведінки людей; пошуку рішень щодо кліматичної політики; створення зелених робочих місць.

Створення в деяких країнах таких інституційних структур, як національні ради зі сталого розвитку або міжміністерські комісії, зіграло позитивну роль у досягненні консенсусу у формуванні національних стратегій сталого розвитку. Важливе значення при цьому займає міжнародна технічна допомога. Міжнародний досвід свідчить, що хвиля зеленої революції істотно змінює економічне середовище та фінансові ринки в індустріально розвинених країнах, спонукає уряди та бізнес здійснювати перерозподіл фінансових потоків у перспективні екологічно чисті сектори економіки [2].

«Зелений перехід», що потребує обґрунтованих системних рішень, урахування національного контексту та відкритості, повинен стимулюватися інструментами державної політики, яка має бути націлена на підтримку зелених реформ за такими напрямами: формування стратегічних засад політики та проведення реформ, пов'язаних з екологізацією економічної діяльності; інтеграція стратегічних екологічних оцінок у систему розроблення планів і програм розвитку країн на національному, місцевому та галузевому рівнях; реалізація демонстраційних проєктів, спрямованих на поширення принципів, бізнес-практики та технологій ресурсоефективного і більш чистого виробництва [1].

Для вдосконалення розвитку екологічного партнерства одним з визначальних чинників є участь бізнесу. При цьому, якщо говорити про державну підтримку та заохочення громадських організацій та бізнес-сектору, то доцільно використовувати такий сценарій: створювати дискусійні групи на ранніх стадіях розроблення проєктів екологічного партнерства; забезпечувати прозорість у співпраці з громадськістю та бізнесом під час розгляду й реалізації проєктів екологічного партнерства; посилювати комунікації та підтримувати двосторонній зв'язок.

Слід додати, що бізнес може розвиватися за рахунок більш економічних витрат природних ресурсів та переходу на більш екологічні технології і продукцію, знизити екологічне навантаження на довкілля. До того ж заохочення внеску капіталу в розвиток екологічного бізнесу дає можливість підприємцям шукати нові джерела ресурсів, розробляти ресурсозберігаючі технології, внаслідок чого є можливість отримувати конкурентні переваги на ринку.

«Зелений» бізнес – це у першу чергу комерційна діяльність, спрямована на отримання прибутків. У короткостроковому періоді створення доданої вартості завжди буде мати більший пріоритет порівняно з пріоритетами зменшення впливу на довкілля та оптимізації використання ресурсів за інших рівних умов. Проте бажання зберігати та зміцнювати конкурентні позиції на ринках спонукає компанії до вибору довгострокових стратегій, які враховують перспективи розширення ринків для екологічних товарів та послуг, можливості впровадження та здешевлення новітніх екоефективних технологій, зменшення цін на енергоресурси з відновлюваних та альтернативних джерел. У стимулюванні цих процесів важливу роль відіграє державна екологічна політика країн, національні уряди яких через впровадження відповідних стандартів та регуляторних актів, розширення обсягів фінансових ресурсів на дослідження, розвиток і демонстрацію переваг нових технологій, зменшення субсидій на постачання і використання викопного палива як основного джерела забруднень забезпечують прогрес на шляху просування «зелених» реформ [6].

Впровадження «зеленого» бізнесу в Україні сприятиме вирішенню багатьох еколого-економічних проблем, що стримують економічне зростання в Україні. Становлення цього напряму діяльності може забезпечити низку економічних вигод, зокрема, створення нових робочих місць; збільшення надходжень до бюджету за рахунок зростання кількості підприємств та обсягів виробництва; вихід на нові світові ринки збуту, де ще не сформувалися конкурентні відносини, тощо. До того ж впровадження «зеленого» бізнесу сприятиме надходженню іноземного капіталу в національну економіку.

Успіх України в майбутньому багато в чому визначатиметься темпами здійснення економічної модернізації суспільства, ураховуючи, що питома вага інноваційної продукції в Україні не перевищує 1 % (цей показник для Фінляндії становить більш ніж 30 %, Італії, Португалії, Іспанії – 10–20 %) від загального обсягу. Україна повинна мати чітку стратегічну лінію свого надійного позиціювання на глобальному та європейському рівнях, яка кореспондуватиметься зі змінами у світовій економіці.

Визначення та активна реалізація пріоритетів інноваційного розвитку України в «зеленому» форматі мають сприяти зміцненню на світовому та європейському рівнях іміджу України як держави зі значним науковим та освітнім потенціалом, здатної створювати високотехнологічну продукцію. Успіх інноваційної політики України на глобальному ринку повинен визначатися не лише обсягами

інвестицій, які вона отримує зовні, а й з внутрішніх джерел для розвитку вітчизняного високотехнологічного виробництва, динамікою зростання частки експорту, підвищенням зацікавленості зарубіжних компаній та висококваліфікованих фахівців співпрацювати з українськими підприємствами.

Водночас, незважаючи на певну позитивну динаміку, в Україні показники інноваційного розвитку відстають від аналогічних світових значень (табл. 2). Так, у провідних країнах – США, Японії, Німеччині й Франції – частка інноваційно-активних підприємств коливається в межах 70–80 %; у країнах ЄС частка підприємств, що впроваджують інновації, учетверо більша ніж в Україні.

Таблиця 2 – Рейтинг країн світу за глобальним індексом інновацій, 2021 рік
Table 2 – Ranking of the countries of the world according to the global innovation index, 2021

Рейтинг	Економіка	Індекс
1	Швейцарія	65.5
2	Швеція	63.1
3	США	61.3
4	Велика Британія	59.8
5	Республіка Корея	59.3
47	Греція	36.3
48	Румунія	35.6
49	*Україна*	*35.6*
50	Чорногорія	35.4
51	Філіппіни	35.3
131	Ємен	15.4
132	Ангола	15.0

Аналіз субіндексів глобального індексу інновацій свідчить, що основними недоліками, які заважають інноваційному розвитку України, є недостатня ефективність державного управління і регуляторного контролю, низька якість верховенства права, несприятливе бізнес-середовище, ускладнений режим сплати податків та банкрутства підприємств, недостатня енергоефективність та екологічність виробництв, низькі темпи формування капіталів, недостатній рівень конкуренції на внутрішньому ринку, низький рівень розвитку кластерів тощо. За оцінками експертів, інноваційна діяльність в Україні потребує міжгалузевого технологічного обміну, зміцнення зв'язків компаній з університетами та науково-дослідними інститутами, розвитку міжнародної науково-технічної кооперації, венчурного інвестування в нові прогресивні розробки, створення інноваційної інфраструктури, широкого застосування інформаційних технологій. Усе вищезазначене свідчить про курс України на інноваційну спроможність та нарощування інноваційного потенціалу за сприяння та активізації бізнес-середовища.

Сьогодні притаманна загальна спрямованість державної стратегії переходу на засади сталого розвитку, що передбачає екологізацію інфраструктури, управління охороною довкілля, раціональним використанням природних ресурсів та безпекою життєдіяльності суспільства. Значущість цих постулатів зростає в умовах децентралізації управління та підвищення ролі соціально-економічного розвитку регіонів [7].

«Зелена» політика є основною домінантою на шляху до сталого зростання, а «зелена» модернізація являє собою систему взаємопов'язаних заходів з реалізації планів, політик, програм, що орієнтовані на розвиток технологій, процесів та видів продуктивної діяльності, які є ощадливими для довкілля, безпечними для людини та ефективними для економіки. Нормативно-правова база «зеленої» модернізації потребує вдосконалення та розвитку на засадах підвищення ефективності діяльності, яка пов'язана з визначенням конкретних кроків і заходів з поглиблення впровадження технологій та засобів, що сприяють переходу до «зеленого» зростання та формують конкретні умови реалізації «зеленої» економіки – інституційні, організаційні, кредитно-фінансові, регулятивні тощо.

Варто підкреслити, що «зелена» модернізація як механізм «зеленого» зростання економіки передбачає: суспільну та глобальну рівність і справедливість у розподілі ресурсів; обмеження негативних соціальних наслідків і впливу на навколишнє середовище; розуміння високої цінності

природного і соціального капіталу, зокрема, відповідальне ставлення до виробництва і споживання в межах життєвого циклу продукції; ефективне використання ресурсів; соціально-відповідальне й екологічно безпечне споживання та виробництво; створення «зелених» робочих місць [8].

Інструментом «зеленої» економіки є здійснення реформ, спрямованих на запровадження найбільш ефективних принципів, механізмів та моделей управління соціально-економічними процесами в країнах світу. При цьому безумовним імперативом суспільства має стати практична реалізація моделі сталого розвитку, що забезпечує інтегральне поєднання економічної ефективності, соціальної справедливості, ресурсної збалансованості та екобезпеки.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напряму. Таким чином, інструментом «зеленої» економіки є здійснення цілої низки реформ, спрямованих на запровадження найбільш ефективних принципів, механізмів та моделей управління соціально-економічними процесами в країнах світу. При цьому безумовним імперативом суспільства має стати практична реалізація моделі сталого розвитку, що забезпечує інтегральне поєднання економічної ефективності, соціальної справедливості, ресурсної збалансованості та екобезпеки.

Слід додати, що головні нововведення концепцій «зеленої» економіки та «зеленого» зростання полягають у запровадженні стимулів для підвищення ефективності використання ресурсів, енергоспоживання, скорочення та перероблення відходів; створенні умов для інновацій і нових технічних рішень у процесах виробництва та споживання ресурсів, розвитку і впровадження більш чистих технологій; забезпеченні структурних зрушень щодо розширення «зелених» видів діяльності з одночасним скороченням частки традиційних коричневих секторів; створенні ринків для «зелених» технологій, товарів та послуг, «зеленої» зайнятості; розвитку зеленого бізнесу; формуванні фінансових інституцій та механізмів інвестування у сферу екологічної інфраструктури.

Крім того, перехід до «зеленої» економіки стимулює зростання, доходи та зайнятість, а проблема подолання суперечностей і знаходження компромісу між економічним зростанням та екологічною стабільністю є наслідком недостатньо якісного державного управління. Курс на «зелений» розвиток повинен слугувати каталізатором інвестицій та інновацій, які ляжуть в основу сталого зростання та сприятимуть виникненню нових економічних можливостей.

Перелік посилань

1. Мельник Л.Г. «Зелена» економіка (досвід ЄС і практика України у світлі III і IV промислових революцій): підручник. Суми: Університетська книга, 2018. 463 с.

2. Основні засади впровадження моделі «зеленої» економіки в Україні: навч. посіб. / Т.П. Галушкіна, Л.А. Мусіна, В.Г. Потапенко та ін. Київ: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 154 с.

3. Боровик Ю.Т., Єлагін Ю.В., Полякова О.М. «Зелена економіка»: сутність, принципи, перспективи для України // Вісник економіки транспорту і промисловості. 2020. № 69. С. 75–83.

4. Горянська Т.В. «Зелена економіка» як чинник розвитку зовнішньоторговельних відносин // Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». 2014. № 11. С. 67–71.

5. Козак Л.С., Федорук О.В. Стратегічна фінансова підтримка ЄС програм соціально-економічного розвитку в Україні // Вісник Національного транспортного університету. 2019. № 2 (44): Серія «Економічні науки». С. 90–100.

6. Рогожин О.Г., Хлобистов Є.В., Трофимчук В.О. «Зелена економіка» природокористування та напрями її інформаційно-аналітичного забезпечення в Україні // Математичне моделювання в економіці. 2015. Вип. 1. С. 73–86.

7. Гура А.О., Гуцан Т.Г. «Зелена економіка»: сутність, чинники та перспективи розвитку в Україні // Збірник наукових праць Харківського національного педагогічного університету імені Г.С. Сковороди. Економіка. 2017. Вип. 17. С. 42–52.

8. Галушкіна Т.П., Мусіна Л.О., Серницький В.В. Екологоорієнтований бізнес як рушійна сила «зеленої» економіки // Економічні інновації. 2014. Вип. 58. С. 64–74.

GREEN TREND OF STRUCTURAL CHANGES AND BUSINESS INITIATIVES FOR THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE ECONOMY AT THE GLOBAL AND NATIONAL LEVELS

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 content and features of the green economy. The principles of sustainable development and the formation of a green economy are analyzed. The scientific foundations of ensuring sustainable development and the green trend of structural changes are substantiated. Business initiatives related to the sustainable development of the economy at the global and national levels have been studied. The basic principles of the implementation of the green economy model in Ukraine have been formed.

The goal of the green growth policy is to create added value with little loss to the environment, as well as conditions for innovation and investment capable of tapping into new sources of economic growth.

The tool of the green economy is the implementation of reforms aimed at introducing the most effective principles, mechanisms and models of management of socio-economic processes in the countries of the world. At the same time, the practical implementation of the model of sustainable development, which provides an integral combination of economic efficiency, social justice, resource balance and eco-safety, should become an unconditional imperative of society.

Sustainable development involves the synergy of three components – economic, social and environmental. The concept of the green economy is designed to ensure a more harmonious coordination between these components, primarily due to resource and energy efficiency, as well as the participation of the business sector.

The identification and active implementation of Ukraine's innovative development priorities in the green format should contribute to strengthening the image of Ukraine at the global and European levels as a country with significant scientific and educational potential, capable of creating high-tech products. The success of Ukraine's innovation policy on the global market should be determined not only by the amount of investment it receives from outside, but also from internal sources for the development of high-tech production, the dynamics of the growth of the export share, and the increase in the interest of foreign companies and highly qualified specialists to cooperate with Ukrainian enterprises.

Key words: sustainable development, green economy, business strategies, enterprises, efficiency, national economy, investment, innovative development, global innovation index, international scientific and technical cooperation.

References

1. Melnyk L.H. «Zelena» ekonomika (dosvid YeS i praktyka Ukrainy u svitli III i IV promyslovykh revoliutsii) [Green economy (the experience of the EU and the practice of Ukraine in the light of the III and IV industrial revolutions)]. Sumy, Universytetska knyha Publ., 2018. 463 p.

2. Halushkina T.P., Musina L.A., Potapenko V.H. et al. Osnovni zasady vprovadzhennia modeli «zelenoi» ekonomiky v Ukraini [Basic principles of implementation of the green economy model in Ukraine]. Kyiv, Instytut ekolohichnoho upravlinnia ta zbalansovanoho pryrodokorystuvannia Publ., 2017. 154 p.

3. Borovyk Yu.T., Yelahin Yu.V., Poliakova O.M. «Zelena ekonomika»: sutnist, pryntsypy, perspektyvy dlia Ukrainy [Green economy: essence, principles, prospects for Ukraine]. Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti [The bulletin of transport and industry economics], 2020, № 69, pp. 75–83.

4. Horianska T.V. «Zelena ekonomika» yak chynnyk rozvytku zovnishnotorhovelnykh vidnosyn [Green economy as a factor in the development of foreign trade relations]. Ekonomichnyi visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu Ukrainy «Kyivskyi politekhnichnyi instytut» [Economic bulletin of National technical university of Ukraine «Kyiv polytechnical institute»], 2014, № 11, pp. 67–71.

5. Kozak L.S., Fedoruk O.V. Stratehichna finansova pidtrymka YeS prohram sotsialno-ekonomichnoho rozvytku v Ukraini [Strategic financial support of EU programs of socio-economic development in Ukraine].

Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu [The National Transport University Bulletin], 2019, № 2 (44), pp. 90–100.

6. Rohozhyn O.H., Khlobystov Ye.V., Trofymchuk V.O. «Zelena ekonomika» pryrodokorystuvannia ta napriamy yii informatsiino-analitychnoho zabezpechennia v Ukraini [Green economy of nature use and directions of its information and analytical support in Ukraine]. Matematychne modeliuvannia v ekonomitsi [Mathematical modeling in economics], 2015, issue 1, pp. 73–86.

7. Hura A.O., Hutsan T.H. «Zelena ekonomika»: sutnist, chynnyky ta perspektyvy rozvytku v Ukraini [Green economy: essence, factors and prospects of development in Ukraine]. Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni H.S. Skovorody. Ekonomika [Collection of scientific works of H.S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University. Economy], 2017, issue 17, pp. 42–52.

8. Halushkina T.P., Musina L.O., Sernytskyi V.V. Ekolohooriientovanyi biznes yak rushiina syla «zelenoi» ekonomiky [Environmentally oriented business as a driving force of the green economy]. Ekonomichni innovatsii [Economic innovations], 2014, issue 58, pp. 64–74.

УДК 657.471 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-310-316**
UDC 657.471

ФОРМУВАННЯ ВАРТОСТІ ВИТРАТ ЗА ВИДАМИ ДОРОЖНІХ РОБІТ

FORMATION OF THE COST OF EXPENSES BY TYPES OF ROAD WORKS



Лук`яненко Катерина Олександрівна, *Національний транспортний університет, аспірант кафедри фінансів, обліку і аудиту, e-mail: lukyasha14@gmail.com, тел. +380661840173*

https://orcid.org/0000-0003-3884-2652

Анотація. У статті розглянуто порядок формування витрат підприємства за видами дорожніх робіт, який передбачає групування витрат залежно від їх призначення та місця виникнення. Цей процес є визначальним у калькулюванні собівартості окремих видів дорожніх робіт, здійсненні контролю за дотриманням встановлених норм витрат, аналізі складу та структури витрат, визначенні впливу факторів на їх зміну, прийнятті різноманітних управлінських рішень щодо скорочення витрат, а також зміні обсягів виробництва окремих видів дорожніх робіт. Для більш ефективного витрачання коштів, що виділяються на будівництво доріг в Україні, необхідно запровадити вимірювані цільові критерії для відстеження ефективності дорожніх витрат, створити умови для посилення конкуренції серед підрядників, які виконують проектні, ремонтно-будівельні та інші роботи на українських дорогах.

Ключові слова: витрати, формування витрат, види дорожніх робіт, експлуатаційне утримання, договірна ціна, вартість дорожніх робіт.

Вступ. Забезпечення розвитку мережі автомобільних доріг та поліпшення їх транспортно-експлуатаційного стану є необхідною умовою для подальшого соціально-економічного розвитку держави і суспільства. Рівень аварійності на автомобільних дорогах залишається високим порівняно з європейськими країнами. Таким чином, транспортно-експлуатаційний стан автомобільних доріг не сприяє створенню необхідних умов для подальшого соціально-економічного розвитку держави, зміцненню її обороноздатності і забезпеченню економічної безпеки, крім того, залишаються незбалансованими повноваження і відповідальність центральних та місцевих органів виконавчої влади за стан автомобільних доріг.

Для вирішення поставлених проблем необхідно знайти нові шляхи підвищення ефективності управління витратами дорожнім господарством, посилення контролю за ефективним використанням коштів державного бюджету та інших джерел, визначення резервів збільшення джерел фінансування дорожнього господарства, і головне, підвищення конкурентоспроможності на ринку робіт з будівництва, ремонту та обслуговування автомобільних доріг. Як економічна категорія витрати виробництва характеризують ефективність здійснення управління ними та відображають пошук можливості їх оптимізації.

Актуальність обраної тематики дослідження підтверджено значною кількістю наукових праць вітчизняних й зарубіжних вчених в сфері управління витратами, зокрема: Ю.В. Архипової, Ю.М. Великого, Г.А. Макухіна, Ю.С. Погорелова, В.В. Прохорової, І.А. Шапіро та ін.

Мета і методи. Метою дослідження є проведення аналізу формування вартості витрат за видами дорожніх робіт.

Об'єктом дослідження є ДП Вінницький облавтодор, ДП Житомирський облавтодор та ДП Рівненський облавтодор.

В роботі використано наступні методи: аналізу та узагальнення літературних джерел, абстрактно-логічний метод (для узагальнення, формулювання висновків і рекомендацій).

Результати і пояснення. Одним з методів визначення вартості при будівництві, ремонті та експлуатації автомобільних доріг є нормативний метод [1].

Вибір нормативного методу формування витрат в дорожньому господарстві зумовлений безпосереднім зв`язком економічних результатів діяльності підприємства з інженерними оцінками і розрахунками, прогнозним споживанням виробничих ресурсів, визначенням трудових операцій. Крім того, нормативи витрат, що базуються на результатах таких оцінок, повинні враховувати якість використаної сировини та матеріалів, устаткування, рівня кваліфікації робочих тощо.

До головних переваг нормативного методу можна віднести можливість оцінки діяльності як окремих працівників і підрозділів, так і системи управління в цілому, а також наявність умов для прогнозування доходів підприємства у звітному періоді.

Дорожнє будівництво підпорядковується основним законам і правилам, що діють у цій галузі. Основними нормативними актами, що регламентують діяльність будівельного виробництва в Україні, є П(С)БО 9 «Запаси», П(С)БО 16 «Витрати» [2], П(С)БО 18 «Будівельні контракти». Ці положення встановлюють загальні принципи формування витрат будівельних підприємств і організацій при визначенні вартості будівельно-монтажних робіт (БМР).

Усі галузеві особливості будівництва враховуються у рекомендаціях і роз'ясненнях відповідних міністерств та відомств [3].

Розглянемо розподіл витрат за видами дорожніх робіт у 2021 році (рисунок 1).

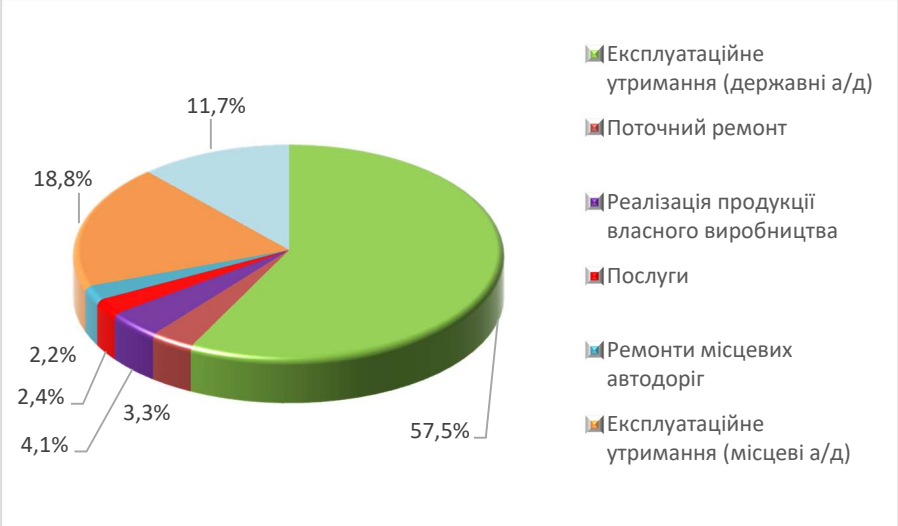


Рисунок 1 – Розподіл витрат за видами дорожніх робіт у 2021 році
Figure 1 – Distribution of costs by type of road work in 2021

З рисунку 1 видно, що вагому частку (57,5%) у всіх видах робіт в 2021 році займають витрати на експлуатаційне утримання державних автомобільних доріг.

Особливості технології будівельного виробництва із залученням бюджетних коштів або засобів державних підприємств враховано у галузевих документах «Правила визначення вартості будівництва» ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 [1] та СОУ (Стандарт Організації України) 42.1-37641918-085:2018 Автомобільні дороги. Правила визначення вартості робіт з поточного ремонту та експлуатаційного утримання

Відповідно до ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 [1] система ціноутворення в будівництві базується на нормативно-розрахункових показниках і поточних цінах трудових та матеріально-технічних ресурсів.

Нормативними показниками є ресурсні елементні кошторисні норми. На підставі цих норм і поточних цін на трудові та матеріально-технічні ресурси визначаються прямі витрати у вартості будівництва.

Ресурсні елементні кошторисні норми призначені для визначення кількості ресурсів, необхідних для виконання різних видів будівельних робіт, робіт з монтажу устаткування, ремонтно-будівельних, реставраційно-відновлювальних і пусконалагоджувальних робіт, використовуються також для визначення прямих витрат у вартості будівництва.

Кошторисні норми поділяються на такі види документів:

- державні стандарти України (державні кошторисні норми);

- стандарти організацій України (у тому числі галузеві кошторисні норми);
- індивідуальні ресурсні елементні кошторисні норми.

Державні кошторисні норми застосовуються всіма організаціями, установами і підприємствами незалежно від їх відомчої належності і форм власності при визначенні вартості будівництва будинків, будівель, споруд будь-якого призначення, лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури, будівництво яких здійснюється із залученням державних коштів.

До стандартів організацій України (в тому числі до галузевих кошторисних норм) належать кошторисні норми, які розробляються для виконання спеціальних видів робіт за відсутності відповідних норм у чинних збірниках ресурсних елементних кошторисних норм [4, 5, 6].

Норми застосовуються в тій організації або галузі, для якої вони розроблені. Ці норми можуть застосовуватися іншими організаціями за умови, що технологія та організація робіт здійснюється згідно з проектними рішеннями, крім того, витрати трудових та матеріально-технічних ресурсів не відрізняються від прийнятих значень у відповідних нормах, передбачених стандартами організації України.

Стандарти організації України (в тому числі галузеві кошторисні норми) не повинні суперечити державним стандартам або дублювати їх. Індивідуальні ресурсні елементні кошторисні норми розробляються у складі інвесторської кошторисної документації на окремі конструкції та роботи, передбачені в проектній документації на стадіях проект (далі - П) та робочий проект (далі - РП), за відсутності відповідних норм у чинних збірниках ресурсних елементних кошторисних норм.

Прямі витрати у вартості будівництва визначаються за ДСТУ-Н Б Д.1.1-2. Решта витрат, які враховуються у вартості будівництва, визначаються розрахунково. До таких витрат належать [1, 7]:

- загальновиробничі витрати;
- витрати на зведення та розбирання титульних тимчасових будівель і споруд або пристосування та використання існуючих та новозбудованих будинків, будівель і споруд сталого типу;
- витрати на виконання будівельних робіт у зимовий період;
- витрати на виконання будівельних робіт у літній період;
- інші витрати замовника і підрядних будівельних організацій, пов'язані із здійсненням будівництва;
- витрати на утримання служби замовника;
- витрати на підготовку експлуатаційних кадрів;
- витрати на проектно-вишукувальні роботи та авторський нагляд;
- кошторисний прибуток;
- адміністративні витрати будівельних організацій;
- ризики всіх учасників будівництва;
- витрати, пов'язані з інфляційними процесами.

Вартість будівництва визначається:

- на стадії проектування - в складі інвесторської кошторисної документації;
- на стадії визначення виконавця робіт (проведення процедури закупівлі) - в ціні пропозиції учасника конкурсних торгів (договірній ціні, яка може встановлюватися твердою або приблизною (динамічною));
- на стадії проведення взаєморозрахунків - шляхом уточнення окремих вартісних показників, визначених на попередніх стадіях, залежно від виду договірної ціни в порядку, обумовленому в договорі підряду.

Вихідною позицією при формуванні договірної ціни експлуатації автомобільних доріг є об'єктивна система кошторисних норм і правил, що розробляється науковими установами, підпорядкованими Міністерству інфраструктури України, зокрема Державним дорожнім науково-дослідним інститутом імені М.П. Шульгіна (ДерждорНДІ), який є провідною організацією з питань ціноутворення у дорожньому господарстві.

Договірна ціна є кошторисом вартості підрядних робіт, який узгоджений замовником, і використовується при проведенні взаєморозрахунків.

Розглянемо порівняльний аналіз складових вартості дорожніх робіт ДП Вінницький облавтодор, ДП Житомирський облавтодор, ДП Рівненський облавтодор за 2021 рік, що включаються до складу витрат від операційної діяльності підприємства за напрямом експлуатаційне утримання. Аналіз

проводився на основі розрахунків договірної ціни (Ф-КБ2) та за даними бухгалтерського обліку за кожним облавтодором окремо (таблиця 1).

При визначенні вартості виконаних обсягів робіт і проведенні взаєморозрахунків за виконані роботи по об'єктах будівництва, зведення яких здійснюється за рахунок державних коштів, застосовуються примірні форми первинних облікових документів «Акт приймання виконаних будівельних робіт» (примірна форма № КБ-2в) і «Довідка про вартість виконаних будівельних робіт та витрати» (примірна форма № КБ-3). Відхилення між встановленими розмірами матеріальних витрат зумовлені змінами цін на сировину та матеріали. Економія витрат відбулася переважно за статтями «Тимчасові будівлі та споруди», «Перевезення працівників».

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз складових вартості дорожніх робіт за напрямом експлуатаційне утримання ДП Вінницький облавтодор, ДП Житомирський облавтодор, ДП Рівненський облавтодор за 2021 рік, тис. грн. [8]

Table 1 – Comparative analysis of the components of the cost of road works by the direction of operational maintenance of SE Vinnytsia Oblavtodor, SE Zhytomyr Oblavtodor, SE Rivne Oblavtodor for the year 2021, UAH thousand [8]

Обл-авто-дор	Вартість дорожніх робіт	Матеріали	Зарплата робітників	Експлуата-ція машин та механізмів	Загально виробничі витрати	Тимчасові будівлі та споруди	Перевезення працівників	Рухомий характер робіт	Відрядження	Кошторис-ний прибуток	Адміністра-тивні витрати	Всього
ДП Вінницький облавтодор	Згідно розрахунків (Договірна ціна, Ф-КБ2в)	242500,9	44902,1	66835,0	65907,5	0	965,1	26,7	11,6	17218	5691,8	44058,7
	За даними бухгалтерсь-кого обліку	242500,9	47534,7	67126,2	77105,4	0	965,1	26,7	11,6	0	10751,5	446022,1
	Відхилення	0	-2632,6	-291,2	-11197,9	0	0	0	0	17218	-5059,7	-1963,4
ДП Житомирський облавтодор	Згідно розрахунків (Договірна ціна, Ф-КБ2в)	16725,8	6777,9	23857	16329,5	24,8	0	155,6	82,5	3852,4	2056,0	69861,5
	За даними бухгалтерсь-кого обліку	17554,1	7412,4	26429	25706,8	24,8	0	148,1	81,8	0	1900,0	79257,0
	Відхилення	-828,3	-634,5	-2572	-9377,3	0	0	7,5	0,7	3852,4	156,0	-9395,5
ДП Рівненський облавтодор	Згідно розрахунків (Договірна ціна, Ф-КБ2в)	38832,3	13356,4	29361,4	22774,3	1189,0	1152,1	120,3	2,1	6228,9	1436,8	114453,6
	За даними бухгалтерсь-кого обліку	38487,3	11924,5	28274,9	24105,2	1189,0	1138,7	120,3	2,1	0	4073,9	109315,9
	Відхилення	345	1431,9	1086,5	-1330,9	0	13,4	0	0	6228,9	-2637,1	5137,7

Щодо детального аналізу елементів операційних витрат дорожніх підприємств (таблиця 2), то слід окремо проаналізувати динаміку їх зміни з метою пошуку резервів оптимізації.

Аналіз структури витрат Облавтодорів (таблиця 2) свідчить про значні обсяги матеріальних витрат, які становлять більшу частину витрат. Протягом 2019-2021 рр. на підприємствах спостерігається збільшення операційних витрат.

Таблиця 2 – Елементи операційних витрат Облавтодорів у 2019-2021 рр., тис.грн. [8]
Table 2 – Elements of operational vitrates of Oblavtodoriv in 2019-2021, ths. UAH [8]

Показник	Рік, тис.грн						Темп зміни,%	
	2019	Питома вага, %	2020	Питома вага, %	2021	Питома вага, %	2020/2019	2021/2020
ДП Житомирський облавтодор								
Матеріальні затрати	77592,0	59,04	103277,0	61,48	291163,0	80,82	133,10	281,92

Продовження таблиці 2

Витрати на оплату праці	33852,0	25,76	44546,0	26,52	47590,0	13,21	131,59	106,83
Відрахування на соціальні заходи	7481,0	5,69	10632,0	6,33	10010,0	2,78	142,12	94,15
Амортизація	3394,0	2,58	3005,0	1,79	2917,0	0,81	88,54	97,07
Інші операційні витрати	9099,0	6,92	6531,0	3,89	8597,0	2,39	71,78	131,63
Разом	131 418,0	100	167991,0	100	360277,0	100	127,83	214,46
ДП Рівненський облавтодор								
Матеріальні затрати	60 764,0	56,15	78584,0	51,83	95059,0	50,68	129,33	120,96
Витрати на оплату праці	28 606,0	26,43	45048,0	29,71	58471,0	31,18	157,48	129,80
Відрахування на соціальні заходи	6 270,0	5,79	9710,0	6,40	12404,0	6,61	154,86	127,74
Амортизація	3 652,0	3,37	4249,0	2,80	5056,0	2,70	116,35	118,99
Інші операційні витрати	8 926,0	8,25	14025,0	9,25	16561,0	8,83	157,13	118,08
Разом	108 218,0	100	151616,0	100	187551,0	100	140,10	123,70
ДП Вінницький облавтодор								
Матеріальні затрати	227 465,0	74,92	295718,0	70,21	956895,0	83,47	130,01	323,58
Витрати на оплату праці	51393,0	16,93	90520,0	21,49	136653,0	11,92	176,13	150,96
Відрахування на соціальні заходи	11454,0	3,77	19425,0	4,61	29080,0	2,54	169,59	149,70
Амортизація	3957,0	1,30	4235,0	1,01	5261,0	0,46	107,03	124,23
Інші операційні витрати	9341,0	3,08	11298,0	2,68	18516,0	1,62	120,95	163,89
Разом	303 610,0	100	421196,0	100	1146 405,0	100	138,73	272,18

Процедура аналізу передбачає розгляд складових вартості згідно розрахунків договірної ціни (Ф-КБ2в), як за даними бухгалтерського обліку, так і в цілому по підприємству. Аналіз витрат за напрямами будівельно-монтажних робіт на замовлення Служби автомобільних доріг (поточний ремонт та експлуатаційне утримання) показав, що більша частина витрат пов'язана із виконанням робіт з експлуатаційного утримання автомобільних доріг.

Порівняльний аналіз складових вартості дорожніх робіт ДП Житомирський облавтодор, ДП Рівненський облавтодор і ДП «Вінницький облавтодор» у 2019-2021 рр. показав, що витрати від операційної діяльності підприємств складалися переважно з витрат на поточний ремонт і експлуатаційне утримання.

Висновки та рекомендації

На основі проведеного аналізу визначено, що для удосконалення обліку витрат виробництва дорожніх підприємств необхідно відносити витрати на об'єкти калькулювання за центрами витрат або застосовувати різні бази розподілу для різних складових витрат. Запропоновані рекомендації дають можливість фіксувати господарські операції за центрами витрат після чого формувати управлінську звітність. Проведене дослідження дозволило узагальнити та відобразити витрати дорожньо-будівельних підприємств, систематизувавши їх пропозиції щодо удосконалення управлінського

обліку. У подальших дослідженнях буде проведено детальний аналіз номенклатури витрат підприємств з врахуванням організаційно-технологічної складової дорожньої галузі. Для формулювання детальних рекомендацій необхідно проаналізувати інформаційне та аналітичне забезпечення управлінського процесу на досліджуваних підприємствах і потрібно особливо ретельно дослідити специфіку прийняття управлінських рішень у сфері управління витратами.

Перелік посилань

1. ДСТУ Б Д.1.1-1:2013 Правила визначення вартості будівництва. Київ, 2013. 93 с. (Інформація та документація). URL : https://dbn.at.ua/_ld/11/1113___.1.1-1-2013.pdf.

2. Положення (стандарт) бухгалтерського обліку 16 «Витрати» від 31 грудня 1999. URL : https://zakon.help/documents/z0027-00 (дата звернення: 01.09.2022).

3. Про затвердження нової редакції Методичних рекомендацій з формування собівартості будівельно-монтажних робіт. Наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва № 573 від 31 грудня 2010 р. URL : http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FIN61608.html (дата звернення: 01.09.2022).

4. Грещак М.Г., Коцюба О.С. Управління витратами : навч.-метод. посіб. Київ, 2002. 131 с. ISBN 966–574–390–2.

5. Турило А.М., Кравчук Ю.Б., Турило А.А. Управління витратами підприємства : навч. посіб. Київ, 2006. 120 с.

6. Задорожний З.-М.В., Крупка Я.Д., Омецінська І.Я. Стан і перспективи розвитку вітчизняної системи обліку : монографія. Тернопіль, 2013. 294 с.

7. Гольтерова Т.А., Німков Д.О., Обухова Н.В., Жилякова Г.С. Щодо деяких проблемних питань ціноутворення в будівництві. Науковий вісник будівництва. 2021. Т. 103, № 1. С. 300-304.

8. Казначейство. Звітність. URL : https://www.treasury.gov.ua/ua/file-storage/vikonannya-derzhavnogo-byudzhetu (дата звернення: 01.09.2022).

FORMATION OF THE COST OF EXPENSES BY TYPES OF ROAD WORKS

Lukyanenko Kateryna O., Postgraduate, Department of Finance, Accounting and Auditing, National Transport University e-mail: lukyasha14@gmail.com, тел. +380661840173, https://orcid.org/0000-0003-3884-2652

Abstract. The article examines the procedure for the formation of enterprise costs by types of road works, which provides for the grouping of costs depending on their destination and place of origin. This process is decisive in calculating the cost of certain types of road works, monitoring compliance with established cost norms, analyzing the composition and structure of costs, determining the influence of factors on their change, making various management decisions regarding cost reduction, as well as changing the production volumes of certain types of road works . For more efficient spending of funds allocated for road construction in Ukraine, it is necessary to introduce measurable target criteria for tracking the effectiveness of road costs, to create conditions for increased competition among contractors who perform design, repair and construction and other works on Ukrainian roads.

Key words: costs, formation of costs, types of road works, operational maintenance, contractual price, cost of road works.

References

1. DSTU B D.1.1-1:2013 Pravyla vyznachennia vartosti budivnytstva (DSTU B D.1.1-1:2013 Rules for determining the cost of construction). URL : https://dbn.at.ua/_ld/11/1113___.1.1-1-2013.pdf. (Last accessed: 01.09.2022) [in Ukrainian].

2. Polozhennia (standart) bukhhalterskoho obliku 16 «Vytraty» vid 31 hrudnia 1999 (Regulation (standard) of accounting 16 "Expenses" dated December 31, 1999) URL : https://zakon.help/documents/z0027-00. (Last accessed: 01.09.2022) [in Ukrainian].

3. Pro zatverdzhennia novoi redaktsii Metodychnykh rekomendatsii z formuvannia sobivartosti budivelno-montazhnykh robit. (On the approval of the new version of the Methodological recommendations on the formation of the cost of construction and assembly works). Order of the Ministry of Regional

Development and Construction No. 573 dated December 31, 2010. URL : http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/FIN61608.html (Last accessed: 01.09.2022) [in Ukrainian].

4. Hreshchak M.H., Kotsiuba O.S. Upravlinnia vytratamy : navch.-metod. posib. (Cost management). Kyiv, 2002. 131 s. [in Ukrainian].

5. Turylo A.M., Kravchuk Yu.B., Turylo A.A. Upravlinnia vytratamy pidpryiemstva : navch. posib. (Enterprise cost management). Kyiv, 2006. 120 s. [in Ukrainian].

6. Zadorozhnyi Z.-M.V., Krupka Ya.D., Ometsinska I.Ia. Stan i perspektyvy rozvytku vitchyznianoi systemy obliku : monohrafiia (The state and prospects for the development of the domestic accounting system). Ternopil, 2013. 294 s. [in Ukrainian].

7. Holterova T.A., Nimkov D.O., Obukhova N.V., Zhyliakova H.S. Shchodo deiakykh problemnykh pytan tsinoutvorennia v budivnytstvi (Regarding some problematic issues of pricing in construction). Scientific bulletin of construction. 2021. Vol. 103, No. 1. S. 300-304 [in Ukrainian].

8. Kaznacheistvo. Zvitnist (Treasury. Reporting) URL : https://www.treasury.gov.ua/ua/file-storage/vikonannya-derzhavnogo-byudzhetu (Last accessed: 01.09.2022) [in Ukrainian].

УДК 338.47 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-317-324**
UDC 338.47

ПРОБЛЕМИ КОМЕРЦІАЛІЗАЦІЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ТА ТРАНСФЕРУ ТЕХНОЛОГІЙ У РОЗВИТКУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ІННОВАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

PROBLEMS OF COMMERCIALIZATION OF INTELLECTUAL PROPERTY AND TRANSFER OF TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF THE NATIONAL INNOVATION SYSTEM



Спіцина Ангеліна Євгенівна, *кандидат педагогічних наук, доцент кафедри економіки, Національний транспортний університет, Київ, Україна, angel7a@ukr.net, tel. +380679053181, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1*

https://orcid.org/0000-0001-9730-6249

Анотація. У статті визначені основні проблеми комерціалізації інтелектуальної власності, розкрито роль та стратегічне значення комерціалізації, важливість розвитку процесів комерціалізації у сучасному суспільстві. Доведено, що комерціалізація є важливим елементом інноваційної діяльності, оскільки представляє собою процес перетворення результатів науково-технічної діяльності на послуги, товар і подальшу ефективну реалізацію в промислових масштабах.

Розглянуто суть і зміст процесу комерціалізації інноваційної діяльності. Узагальнено поняття «комерціалізація» та запропоновано її трактування. Визначено основні фактори впливу на успіх комерціалізації інноваційної діяльності за рівнем сприятливості. Представлено основні способи комерціалізації й етапи її реалізації. Проаналізовано основних суб'єктів комерціалізації інновацій, що визначають її складність і прибутковість, рівень взаємодії в межах виробництва і соціальної сфери, швидкість просування результатів науково-технічних досліджень до споживача, можливість її вживання за різними сферами застосування.

Розглянуто методологію трансферу технологій з позиції організаційно-економічного змісту у сфері інтелектуальної власності. Зазначено, що досі немає єдиного визначення трансферу технологій, оскільки науковці різних галузей трактують його через особливості різних сфер діяльності. На загальному рівні розглянуто сферу технології як створення технологій, їх видів та зрілості, що є об'єктами трансферу, з урахуванням особливостей державного регулювання у сфері трансферу.

При просуванні до нової економіки, яка спирається на впровадження досягнень науково-технічного прогресу та інноваційних методів господарювання, інтелектуалізацію людського капіталу, використання передових новітніх технологій у наукомістких галузях національної економіки, надання пріоритету виробництву знань, послуг та становлення менталітету творчого, ефективного, раціонального бізнесу, де особливого значення для розвитку сфери інтелектуальної власності набуває трансфер технологій.

Ключові слова: комерціалізація, інновація, інтелектуальна власність, технологія, комерціалізація технологій, трансфер технологій, інноваційна продукція.

Вступ. В умовах переходу розвинених країн світу від економіки індустріального типу до постіндустріальної економіки інноваційного розвитку сфера інтелектуальної власності виділилась як самостійний сектор на шляху до нової економіки, де здійснюється сукупність різноманітних видів творчої, інтелектуальної діяльності людини, унаслідок чого створюються об'єкти інтелектуальної власності, права на які охороняються чинним законодавством, що стало предметом підсилення економіки та одночасно за різними напрямами поштовхом поширення її впливу на всі інші сектори економіки, до яких віднесено виробництво та технології, міжнародні зв'язки та взаємовідносини, економіку інформації та її діджиталізації, економіку знань, ринок капіталів, менеджмент і технологічні процеси.

Переваги інноваційного типу розвитку національної системи полягають у формуванні стійкого та динамічного зростання економіки України, зміцненні конкурентоспроможності суб'єктів

господарювання на основі використання інтелектуального капіталу, метою якого є забезпечення ефективності виробництва за рахунок підвищення рівня модернізації виробничої інфраструктури, роботизації технологічних процесів, забезпечення зростання показників якості продукції та стабільності фінансового стану.

Процес комерціалізації як суттєва складова інноваційного розвитку вимагає значних інтелектуальних зусиль для перетворення початкової інноваційної ідеї в реальний продукт. Це враховує використання бізнес-менеджменту та маркетингу для виявлення потреб ринку, їх аналізу, врахування обмежень, що зумовленні впливом різноманітних факторів. Тому забезпечення вдалої комерціалізації об'єктів інтелектуальної власності підприємницького сектору, зростання його прибутковості, мінімізація ризиків, які можуть загрожувати фінансовій стійкості, є актуальною проблемою.

Окремі аспекти особливостей комерціалізації інтелектуальної власності досліджені у працях таких вчених як Базилевич В.Д., Бутко М.П., Ілляшенко С.М., Косенко О.П., Ляшенко ОМ. та інші. Питання пов'язані з комерціалізацією інтелектуальних продуктів є актуальними й перебувають в полі зору суспільства, урядів, парламентів, приватного бізнесу, самих науковців - оскільки саме вона визначає конкурентоздатність послуг, товарів і, в остаточному підсумку, рівень життя населення.

Метою статті є формування обґрунтованої послідовності комерціалізації інноваційної продукції підприємств, визначення змісту, форм та етапів здійснення трансферу технологій для розвитку національної інноваційної системи.

Постановка задачі. У ході вивчення проблеми увага надається вирішенню наступних питанньь:

- розкрити теоретичні засади процесу комерціалізації інтелектуальної власності;
- виявити складові організаційно-економічного механізму комерціалізації інтелектуальної власності та обґрунтувати необхідність його формування в Україні;
- дослідити сучасні методи комерціалізації науково-технічних розробок, зокрема трансфер технологій;
- обґрунтувати роль трансферу технологій у розвитку національної інноваційної системи.

Виклад основного матеріалу.

Актуалізація наукових знань, людського інтелекту, високого рівня освіченості населення визначають рівень розвитку країни, її конкурентоспроможність та виступають передумовою структурних зрушень і перебудови ринку праці, внаслідок зростання масштабів невиробничих секторів, сфери послуг, зростання значення знання як чинника виробництва.

У сучасному світі потенціал працівників визначається не лише набутими вміннями та отриманими знаннями, але й нестандартними підходами до вирішення проблемних питань. Набуття креативних, інноваційних навичок зумовлене високими темпами розвитку ринку та новітніх технологій, жорсткою конкуренцією тощо. Тому керівники компаній цінують творчу ініціативу підлеглих, їх здатність швидко адаптовуватися до змінного невизначеного середовища, вміння шукати нестандартні шляхи вирішення проблем, виявляти причинно-наслідкові зв'язки[9].

За таких умов забезпечення конкурентних переваг в умовах глобалізації досягається на основі розвитку інтелектуального капіталу, науки та техніки, інтенсивного впровадження наукових досліджень, розробок, інновацій у виробництво, тобто за рахунок високого рівня інноваційної активності як індивідів, так і суб'єктів господарювання, яка впливає на всі аспекти соціально-економічного та інвестиційно-інноваційного розвитку та визначає місце країни у світовому господарстві і міжнародних рейтингах.

Вчений Бутко М.П вважає, що інноваційну діяльність слід розглядати як діяльність, що спрямована на використання і комерціалізацію результатів наукових досліджень та розробок, випуск на ринок нових конкурентоспроможних товарів і послуг. Вона може здійснюватися у двох основних напрямах - через підприємницький (організація нового виробництва; випуск нової продукції; організація сервісної підтримки) та науково-дослідницький (пошук і розробка ідеї для здійснення НДДКР; проведення цілеспрямованої НДР; розроблення технологічного процесу) інноваційні проекти за допомогою процесу комерціалізації [1, с.10]. Тобто комерціалізація виступає важливим «посередником» між науково-технічною розробкою й об'єктом купівлі продажу та являється дієвим важелем (двигуном) завдяки якому новостворена інноваційна розробка приносить прибуток. Вона є своєрідною посередницькою діяльністю, що сполучає науково-технічну та комерційну діяльності.

Комерціалізація інтелектуальних продуктів дає досить широкий спектр стратегічних підходів та

можливостей щодо особливого поводження з об'єктами права інтелектуальної власності. А саме: право на отримання патенту, know-how; трансфер технології – know-why; право на обладнання, яке використається в процесі Дослідження + Розвиток (R & D); гарантії, що патент або інші об'єкти права інтелектуальної власності не порушують права третіх осіб; право представляти свої наукові дослідження у випадку якщо патент має наукові результати, та/або пов'язаний із іншими видами діяльності, які можуть бути комерціалізованими, або ж набувати права інтелектуальної власності[5].

Однією з основних причин низького рівня комерціалізації інтелектуальних продуктів в Україні є відсутність послідовної політики у області оцінки об'єктів інтелектуальної власності, що негативно впливає при пошуку інвесторів для виведення на ринок нових інтелектуальних продуктів, так як для комерціалізації підприємства змушені залучати великих інвесторів як приватних так і державних, яким необхідно подати інформацію про вартість об'єкта інтелектуальної вартості. В цих умовах для здійснення комерційної реалізації інтелектуального продукту важливо щоб творці цього продукту і його можливі покупці розуміли один одного і оцінювали інтелектуальний продукт з єдиних позицій[7, с. 20].

Таблиця 1– Підходи до трактування поняття «комерціалізація» в науковій літературі
Table 1– Approaches to the interpretation of the concept of "commercialization" in scientific literature

Визначення	Автор, рік	Вид застосування
Процес переміщення технології або інноваційної концепції від стадії ідеї до ринку.	Бендеріен Р., 2007.	Розвиток інноваційної діяльності
Об'єктивний та історично обумовлений ринковий процес, який пояснює формування і розвиток нових ринків та інститутів.	Бутко М.П., Попело О.В., 2015.	Процес формування і розвитку нових ринків та інститутів
Процес підпорядкування діяльності підприємства, установи або організації меті отримання прибутку через розширення комерційних засад в економіці та збільшення кількості комерційних організацій.	Гаврилишин Б.Д., 2000.	Процес поширення комерційних відносин в економіці.
Широке використання комерційних засад в економіці, зростання кількості комерційних структур.	Загородній А.Г., Вознюк Г.Л, 2005.	Розвиток ринкового середовища
Визначається як скоординовані технічний та бізнесовий процеси прийняття рішень (і в результаті дії), необхідних для успішної трансформації нового продукту або послуги від концепції до ринку.	Маккой Е.П., Бадінелі Р., Коебель К.Т., Табет В., 2008.	Розвиток кооперації та трансформація результатів науково-технічних досліджень в готову продукцію
Стратегічно значущий процес для економіки України та її суб'єктів господарювання, що забезпечує їх конкурентоспроможність та інтенсивність соціально-економічного розвитку.	Калиниченко М. П., 2012.	Стратегічно значимий процес для національної економіки

Інноваційна продукція може бути створена за допомогою відповідної технології та стає об'єктом інтелектуальної власності у випадку оформлення права власності на неї. Етапи комерціалізації інтелектуальної власності Г.Л. Ступнікер подає у вигляді набору процесів та відповідних отриманих результатів. Першим етапом є оформлення правового статусу і, як наслідок, отримання інтелектуальної власності. Після поставлення на облік інтелектуальна власність стає нематеріальним активом підприємства. Останнім етапом є використання нематеріальних активів в економічній діяльності та набуття ними статусу технологічного капіталу підприємства [15, с.165]. Необхідно зауважити, що для комерціалізації інноваційної продукції необхідно додати етапи, які відповідають за доцільність та економічну ефективність здійснення цього процесу. Процес комерціалізації передбачає передачу власником винаходу (результату науково-технічної діяльності) іншому суб'єкту, тобто здійснюється комерційна операція щодо інновації, внаслідок чого нововведення проникають в різні галузі діяльності та знаходять усе більше споживачів. Відповідно основним призначенням комерціалізації є виведення продукту на ринок з метою поширення інновації та отримання прибутку[12, с. 42].

Оскільки комерціалізація призначена для отримання економічної вигоди, то найчастіше дане поняття зустрічається в комерційній діяльності, а саме тоді, коли мова йде про купівлю чи продаж. Саме з метою більш повного та ширшого розуміння категорії «комерціалізація» розглянемо як висвітлюють її різні науковці (табл. 1).

Окремі науковці вважають, що комерціалізація є процесом трансформації та модернізації. У своїх працях вчені зауважують, що комерціалізація є своєрідною формою взаємодії науки та промислових підприємств переважно в тих наукових пропозиціях, які на ринку мають платоспроможний попит, тобто мають принести прибуток. Майже всі вони звертають увагу на те, що комерціалізація є набором певних відносин та дій в процесі перетворення наукових досліджень на послуги, товар, що сприяє формуванню прав власності та розвитку ринкових відносин[1, 10,11].

Основним завданням комерціалізації є отримання прибутку за рахунок використання права на об'єкти інтелектуальної власності у власному виробництві або продаж чи передача прав на їх використання іншим юридичним чи фізичним особам.

Основні фактори, які впливають на успіх комерціалізації інноваційної діяльності представлено на рис. 1 [8].

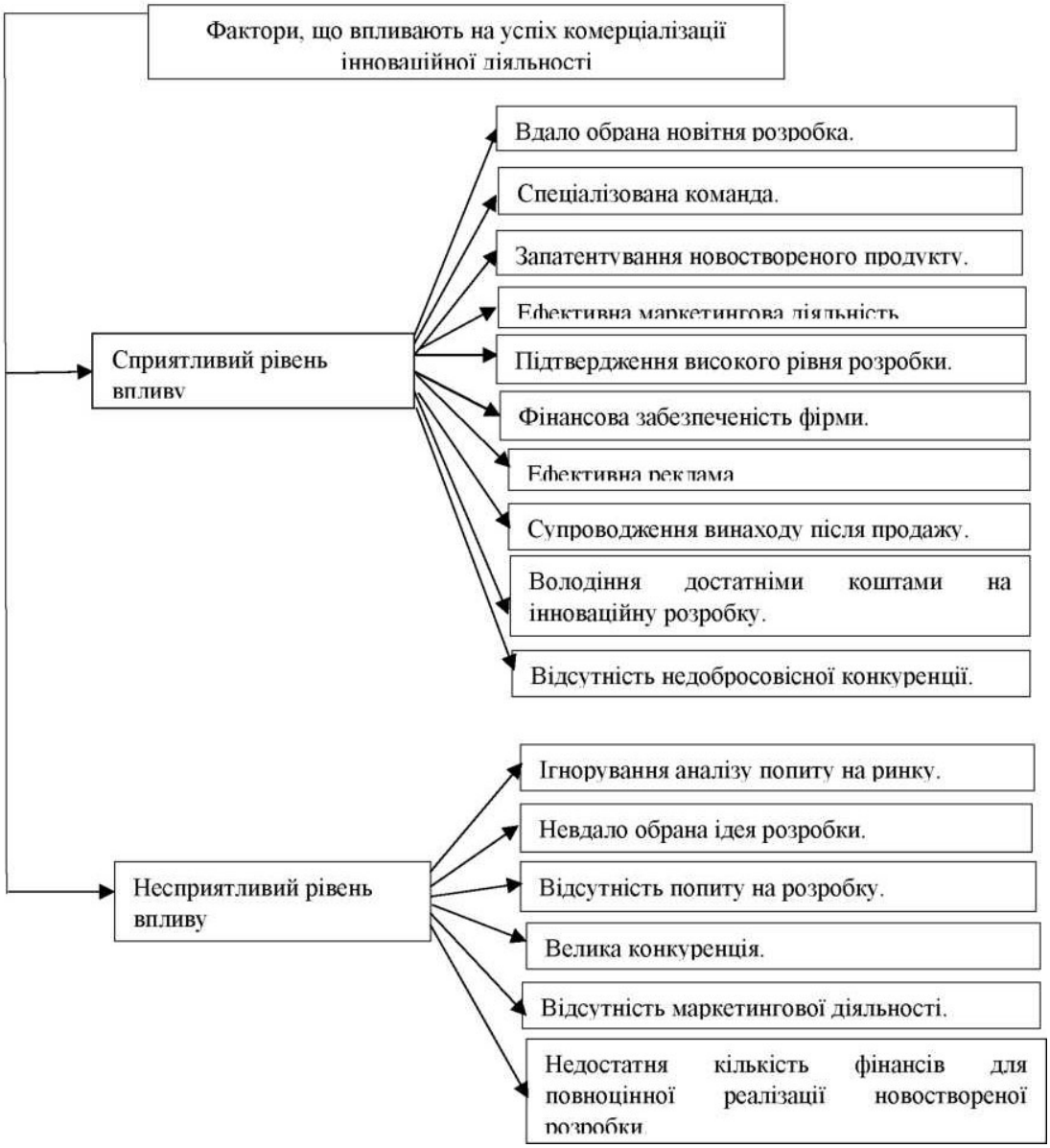


Рисунок 1 – Фактори впливу на успіх комерціалізації інноваційної діяльності [8].
Figure 1 – Factors influencing the success of commercialization of innovative activity [8].

Дослідження факторів впливу дає уявлення про те, у якому напрямку необхідно здійснювати реформи в економіці. Фактори, які впливають на комерціалізацію інновацій можна поділити на групи, а саме: фактори безпосереднього впливу (законодавчі зміни; зміни які виникли у податковій чи бюджетній системах; зростання корупції тощо) та опосередковані фактори (загострення політичної чи військової ситуацій; екологічні та стихійні лиха тощо). Зокрема, низький (або мало визначений) попит на інновації, низька (або занадто велика) конкуренція на ринку, відсутність креативних ідей або можливостей для інновацій, труднощі в отриманні державної допомоги для інновацій, відсутність коштів та інвестицій, недостатня чисельність кваліфікованих працівників все це є основними факторами, що спричиняють обмежене поширення процесів комерціалізації[8].

Нажаль сьогодні на розвиток інноваційного підприємництва в Україні ще впливає низка чинників. Зокрема, це законодавча база, стан реальної економіки, інвестиційний клімат в державі та довготривала та непередбачена пандемія COVID - 19.

При просуванні до нової економіки, яка спирається на впровадження досягнень науково-технічного прогресу та інноваційних методів господарювання, інтелектуалізацію людського капіталу, використання передових новітніх технологій у наукомістких галузях національної економіки, надання пріоритету виробництву знань, послуг та становлення менталітету творчого, ефективного, раціонального бізнесу, де особливого значення для розвитку сфери інтелектуальної власності набуває трансфер технологій[9, с. 21].

Намагаючись з'ясувати суть поняття «трансфер технологій», необхідно зважати на схожі категорії: трансфер знань, науково-технічний трансфер, комерціалізація технологій, технологічний трансфер, які вживаються для опису одного й того ж судження з урахуванням особливості сфери діяльності.

Так, найбільш поширеним визначенням трансферу знань є офіційне визначення Єврокомісії, згідно з яким трансфер знань - це низка активностей, метою яких є залучити знання, як явні (патенти), так і неявні (ноу-хау, навички чи компетенції), від тих, хто їх створює, до тих, хто перетворить їх на результати. Трансфер знань включає як комерційну, так і некомерційну діяльність: спільні дослідження, консультації, ліцензування, створення спін-оф та спін-аут компаній, мобільність дослідників та публікації в наукових статтях [3].

Відмінність між трансфером і комерціалізацією полягає в такому [13]:

- комерціалізація технології передбачає обов'язкове одержання прибутку й не обов'язково пов'язане з підключенням третіх осіб (крім джерела технології та кінцевого користувача);

- трансфер технології передбачає обов'язкове передавання технології реципієнтові, який і здійснює її промислове освоєння, але це не обов'язково пов'язано з отриманням прибутку як джерелом технології, так і її реципієнтом (зокрема це стосується екологічних технологій).

Україна – перша серед країн СНГ прийняла Закон «Про державне регулювання діяльності у сфері трансферу технологій». Цей Закон визначає такий перелік договорів, які опосередковують передавання технологій: договір про поставку промислової технології; договір технічно-промислової кооперації; договір про надання технічних послуг; договір інжинірингу; договір про створення спільних підприємств; договір про надання в оренду або лізинг складових технологій, обладнання; договір комерційної концесії (франчайзингу). У Законі трансфер визначається як передавання технології, яка оформляється шляхом укладення двостороннього або багатостороннього договору між фізичними та/або юридичними особами, котрим установлюються, змінюються або припиняються майнові права й обов'язки щодо технології та/або її складових [14].

З позиції економістів *трансфер технологій - це комплекс економічних відносин,* які виникають у сфері використання та передачі нових знань про виробництво продукції, про застосування процесу чи надання послуги між її власником і замовником - резидентами, тобто особами, які постійно проживають на території однієї країни, а в разі міжнародного трансферу технологій - резидентами та нерезидентами, тобто особами, які постійно проживають за кордоном. Як вважає О. М. Ляшенко, трансфер технологій - це система взаємовідносин між агентами суспільного обміну з приводу передавання економічно вигідних, валоризованих нових знань, захищених правом інтелектуальної власності, що використовують реципієнти з метою отримання вигоди [10].

В Україні створено Українську інтегральну систему трансферу технологій та Національну мережу трансферу технологій. Принципи та завдання роботи цих мереж майже ідентичні, оскільки вони побудовані за зразком Європейської мережі підтримки підприємництва та інновацій (Enterprise Europe Network - EEN) Україна також приєдналась до Європейської Мережі підприємництва EEN

шляхом створення консорціуму EEN-Україна, до якого увійшли наукові організації, представники бізнесу та державних установ.

У той же час доводиться констатувати, що для України характерним залишається низький рівень взаємодії між наукою та бізнесом, а трансфер технологій не набув належного розвитку. [10]

Трансфер технологій - це процес, через який ідея вченого або винахідника в будь-якій сфері діяльності перетворюється на успіх як для автора, так і всього суспільства, паралельно залучаючи і інноваційні центри, інші інфраструктурні суб'єкти та об'єкти, зокрема юристів, інвесторів, банки, і допоміжні виробництва.

Визначаємо трансфер технологій як послідовність дій, в ході яких нові знання, отримані в результаті фундаментальних та прикладних досліджень в університетах та науково-дослідних інституціях, вільно розповсюджуються, передаються через надання науково-технічних послуг або купуються підприємствами для впровадження в якості продукції чи технології.

Ефективність трансферу технологій залежить від його організаційного, правового та фінансового забезпечення. Механізми передачі інноваційних ідей у різних країнах мають певні відмінності, які значною мірою обумовлюють особливості національних інноваційних систем.

Висновки. Визначено, що комерціалізація технології характеризується успішною трансформацією нового продукту, послуги від концепції до ринку, забезпеченням реальних умов для перетворення всіх суб'єктів у вільних та ефективних виробників, формуванням раціонального конкурентного середовища, пожвавленням трудової, господарської і підприємницької діяльності.

Наявність ефективного механізму передачі наукових розробок є запорукою розвитку національної інноваційної системи. Тому необхідно і надалі створювати в Україні сприятливі умови для побудови мережі трансферу технологій.

У ланцюгу адаптації підприємств до умов глобалізації особливу актуальність має досягнення підприємствами інноваційного типу розвитку. Одним із ефективних підходів для переходу підприємства на інноваційний шлях є трансфер технологій. Комерціалізація технологій дає змогу підприємствам вийти на принципово новий рівень розвитку, забезпечуючи отримання конкурентних переваг на міжнародному рівні. Усі дії мають бути узгодженні згідно з нормативно-правовими актами та охороною інтелектуальної власності. Подальші дослідження можуть бути зосереджені на оцінюванні потенціалу трансферних технологій з їх економічною оцінкою.

Перелік посилань

1.Бутко М. П. Комерціалізація результатів науково-технічної діяльності в умовах поглиблення інтеграційних процесів / М. П. Бутко, О. В. Попело // *Проблеми і перспективи економіки та управління*. - 2015. - № 1. С. 7-20.

2.Bandarian R. Evaluation of commercial potential of a new technology at the early stage of development with fuzzy logic / R. Bandarian // *Journal of Technology Management and Innovation*. - 2007. - Volume 2, Issue 4. - С. 73-85.

3.Communication From the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions «*Improving knowledge transfer between research institutions and industry across Europe*: Embracing Open Innovation - Implementing the Lisbon agenda», Brussels, 4.4.2007, COM2007) 182 final.

4.Економічна енциклопедія: в 3-х т. / гол. ред. ради Б. Д. Гаврилишин. - К.: Видавничий центр «Академія», 2000. - Т. 1: А (абандон) - К (концентрація виробництва) / Редкол.: Б.Д. Гаврилишин, відп. ред. С.В. Мочерний, заст. відп. ред. О.А. Устенко та ін. - 2000. - 864 с.

5.Зубко О. В. Теоретичні аспекти комерціалізації інновацій в умовах глобалізації / О. В. Зубко// *Економіка. Управління. Інновації. Електронне наукове фахове видання*. - 2010. - №2 (4). [Елек.ресурс].Режим доступу:http://www.nbuv.gov.ua/e-j oumals/eui/2010_2/10zoviug .pdf

6.Калиниченко М. П. Маркетинг комерціалізації результатів інноваційної діяльності в промисловості / М. П. Калиниченко // *Маркетинг менеджмент інновацій*. - Суми : Університетська книга, 2012. - № 4. С. 43-50.

7.Косенко О. П. Комерціалізація інтелектуально-інноваційних технологій: монографія / О. П. Косенко. - Х. : НТУ «ХПІ», 2015. 599 с.

8.Карпенко А.В., Кононенко Ю.С. Стратегічне значення комерціалізації для інноваційного розвитку національної економіки / *Економіка і організація управління* №1 2017. С.191-201

9.Козик В., Мр ихіна О., Жураковська М. Центри трансферу технологій. Еволюція моделей, світовий досвід, шляхи розвитку в Україні. Вид – во «Кондор». 2021. 128 с.

10.Ляшенко О.М. Комерціалізація та трансфер технологій: категорії та методи інноваційної діяльності / О.М. Ляшенко // [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.nbuv.gov.ua/portal/SocGum/inek/5/8.pdf

11.Мешко Н. П. Комерціалізація результатів науково-технічної діяльності у сфері міжнародного науково-технічного обміну / Н. П. Мешко, П. В. Робота // *Економічний простір.* - 2008. - № 12/1. - С. 40-46.

12.Мокій А. І. Бабець І. Г., Полякова Ю. В. Комерціалізація технологій та об'єктів патентного права: навчальний посібник. Львів: ЛКА. 2010. 416 с.

13. Падучак Б.М. Класифікація договорів у сфері трансферу технологій / Б.М. Падучак [Електронний ресурс]. - Режим доступу : http://kul.kiev.ua/images/chasop/_2/189.pdf.

14.Про державне регулювання діяльності у сфері трансферу технологій : Закон України від 14 вересня 2006 р. [Електронний ресурс]. - Режим доступу : http://zakon.rada.gov.ua.

15. Ступнікер Г. Л. Комерціалізація інтелектуальної власності як інструменту управління інтелектуальним капіталом / Г. Л. Ступнікер // *Економічний простір*. - 2008. - № 15. - С. 163170.

PROBLEMS OF COMMERCIALIZATION OF INTELLECTUAL PROPERTY AND TRANSFER OF TECHNOLOGIES IN THE DEVELOPMENT OF THE NATIONAL INNOVATION SYSTEM

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. The article identifies the main problems of commercialization of intellectual property, reveals the role and strategic importance of commercialization, the importance of the development of commercialization processes in modern society. It has been proven that commercialization is an important element of innovative activity, as it represents the process of transforming the results of scientific and technical activities into services, goods and their further effective implementation on an industrial scale.

The essence and content of the process of commercialization of innovative activity are considered. The concept of "commercialization" is generalized and its interpretation is proposed. The main factors of influence on the success of commercialization of innovative activity according to the level of favorability are determined. The main methods of commercialization and the stages of its implementation are presented. The main subjects of the commercialization of innovations, which determine its complexity and profitability, the level of interaction within material production and the social sphere, the speed of advancing the results of scientific and technical research to the consumer, and the possibility of its use in various fields of application are analyzed.

The methodology of technology transfer is considered from the standpoint of organizational and economic content in the field of intellectual property. It is noted that there is still no single definition of technology transfer, as scientists of various fields interpret it due to the peculiarities of their field of activity. At the general level, the field of technology is considered as the birth of technologies, their types and maturity, which are the objects of transfer, taking into account the peculiarities of state regulation in the field of transfer.

When moving towards a new economy, which is based on the implementation of achievements of scientific and technical progress and innovative methods of management, intellectualization of human capital, the use of advanced new technologies in science-intensive sectors of the national economy, giving priority to the production of knowledge, services and the formation of a creative, efficient, rational business mentality, where the transfer of technologies acquires special importance for the development of the sphere of intellectual property.

Keywords: commercialization, innovation, intellectual property, technology, technology commercialization, technology transfer, innovative products.

References

1. Butko M. P. Commercialization of the results of scientific and technical activities in the conditions of deepening integration processes / M. P. Butko, O. V. Popelo // *Problems and prospects of economics and management.* - 2015. - No. 1. - P. 7-20. [in Ukrainian].

2. Bandarian R. Evaluation of commercial potential of a new technology at the early stage of development with fuzzy logic / R. Bandarian // *Journal of Technology Management and Innovation*. - 2007. - Volume 2, Issue 4. - P. 73-85. [in English].

3. Communication From the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions "Improving knowledge transfer between research institutions and industry across Europe: Embracing Open Innovation - Implementing the Lisbon agenda", Brussels, 4.4.2007, COM2007) 182 final. [in English].

4. Economic encyclopedia: in 3 vols. ed. B.D. Gavrylyshyn council. - K.: Publishing center "Akademiya", 2000. - T. 1: A (abandonment) - K (concentration of production) / Editor: B.D. Gavrylyshyn, resp. ed. S.V. Mochernyi, assistant resp. ed. O.A. Ustenko and others. - 2000. - 864 p. [in Ukrainian].

5. Zubko O. V. Theoretical aspects of commercialization of innovations in the conditions of globalization / O. V. Zubko// *Economics. Management. Innovations. Electronic scientific publication*. - 2010. - No. 2 (4). [Elec. resource]. Access mode: http://www.nbuv.gov.ua/e-j oumals/eui/2010_2/10zoviug .pdf

6. Kalinichenko M. P. Marketing of commercialization of the results of innovative activity in industry / M. P. Kalinichenko // *Marketing management of innovations*. - Sumy: University Book, 2012. - No. 4. - P. 43-50. [in Ukrainian].

7. Kosenko O. P. Commercialization of intellectual and innovative technologies: monograph / O. P. Kosenko. - Kh.: NTU "KhPI", 2015. - 599 p. [in Ukrainian].

8. Karpenko A.V., Kononenko Yu.S., The strategic importance of commercialization for the innovative development of the national economy / *Economics and management organization* No. 1 2017. P.191-201. [in Ukrainian].

9. Kozyk V., Mrikhina O., Zhurakovska M. Technology transfer centers. Evolution of models, world experience, ways of development in Ukraine. The view is in "Condor". 2021. 128 p. [in Ukrainian].

10. Lyashenko O.M. Commercialization and technology transfer: categories and methods of innovative activity / O.M. Lyashenko // [Electronic resource]. - Access mode: http://www.nbuv.gov.ua/portal/Soc Gum/inek/5/8.pdf

11. Meshko N. P. Commercialization of the results of scientific and technical activity in the sphere of international scientific and technical exchange / N. P. Meshko, P. V. Robota // *Economic space.* - 2008. - No. 12/1. - P. 40-46. [in Ukrainian].

12. Mokii A. I. Babets I. G., Polyakova Yu. V. Commercialization of technologies and objects of patent law: study guide. Lviv: LKA. 2010. 416 p. [in Ukrainian].

13. Paduchak B.M. Classification of contracts in the field of technology transfer / B.M. Paduchak [Electronic resource]. - Access mode: http://kul.kiev.ua/images/chasop/_2/189.pdf.

14. On state regulation of activities in the field of technology transfer: Law of Ukraine dated September 14, 2006 [Electronic resource]. - Access mode: http://zakon.rada.gov.ua.

15. Stupniker G. L. Commercialization of intellectual property as a tool for intellectual capital management / G. L. Stupniker // *Economic space*. - 2008. - No. 15. - P. 163¬170. [in Ukrainian].

УДК 656.1/.5
UDC 656.1/.5
DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-325-335

УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ МОБІЛЬНІСТЮ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL MOBILITY IN THE ORGANIZATION OF CITY PASSENGER TRANSPORTATION



***Гребельник Микола Миколайович**, старший викладач кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омельяновича-Павленка, 1, к. 242, e-mail: niknik0229@gmail.com,*

https://orcid.org/0000-0001-8385-8261



***Дехтяренко Дмитро Павлович**, Національний транспортний університет, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омельяновича-Павленка, 1, к. 242, e-mail: mr.dima 2304@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0003-3902-5996



***Порфіренко Володимир Іванович**, кандидат економічних наук, Національний транспортний університет, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омельяновича-Павленка, 1, к. 242, e-mail: porfirenko@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0003-0329-6217

Анотація. Стаття присвячена дослідженню завантаженості міських доріг в Україні, яка суттєво збільшилась. Особливу увагу приділено міському автобусному транспорту. Розвиток екологічного громадського транспорту є найдієвішим методом боротьби зі шкідливими викидами. На сьогодні такими вважаються гібридні, водневі, електричні технології на автомобільному транспорті.

Об'єкт дослідження – рівень завантаженості міських доріг в Україні та їх оцінка.

Мета роботи – моделювання зниження рівня заторів та розвиток екологічного транспорту у мегаполюсах України.

Методи дослідження – статистичні методи, математичне моделювання.

Проведено аналіз рівня завантаженості доріг найбільших міст України. Проведений аналіз тенденцій розвитку міського пасажирського транспорту. Проведено аналіз рівня трафіку міст України. Проведено порівняльний аналіз основних переваг та недоліків електрокарів над автомобілями, які працюють на бензині та дизпаливі. Проведено аналіз шляхів розвитку та використання електробусів в великих містах розвинутих державах світу. На основі проаналізованих даних рівня заторів в містах-мегаполісах України, запропоновано провести оптимізацію маршрутів та структури рухомого складу під час лінійної експлуатації у різні пори року, дні тижня та години доби з використанням модульного типу електробусів: електротягача та салонів – електропричепів різної довжини та місткості: маленьких, середніх та великих.

Ключові слова: завантаженість міських доріг, рівень трафіку, екологічний громадський транспорт, забруднення атмосферного повітря, електробуси.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

За даними сайту TomTom, завантаженість міських доріг в Україні станом на 2021 р суттєво підвищилась. Так, у Києві трафік становив 56 %, що на 5 % більше, ніж у 2020 р, та опинився на 3 сходинці у рейтингу з індексу міст, де найпроблемніше дістатися до пункту призначення власним автомобілем. Трафік Одеси склав 51 %, що на 7 % більше, ніж у 2020 р, і перебуває на 6 місці. У Харкові стало пересуватися трошки гірше, всього на 3 %, в порівнянні з 2021 р. Тут трафік складає 46 % і це 12 місце серед міст світу. Дніпро на 25 сходинці з трафіком 40 %, що на 2 % більше, ніж у 2020 р.

Відобразимо рівень завантаженості доріг міста Києва у таблиці 1.

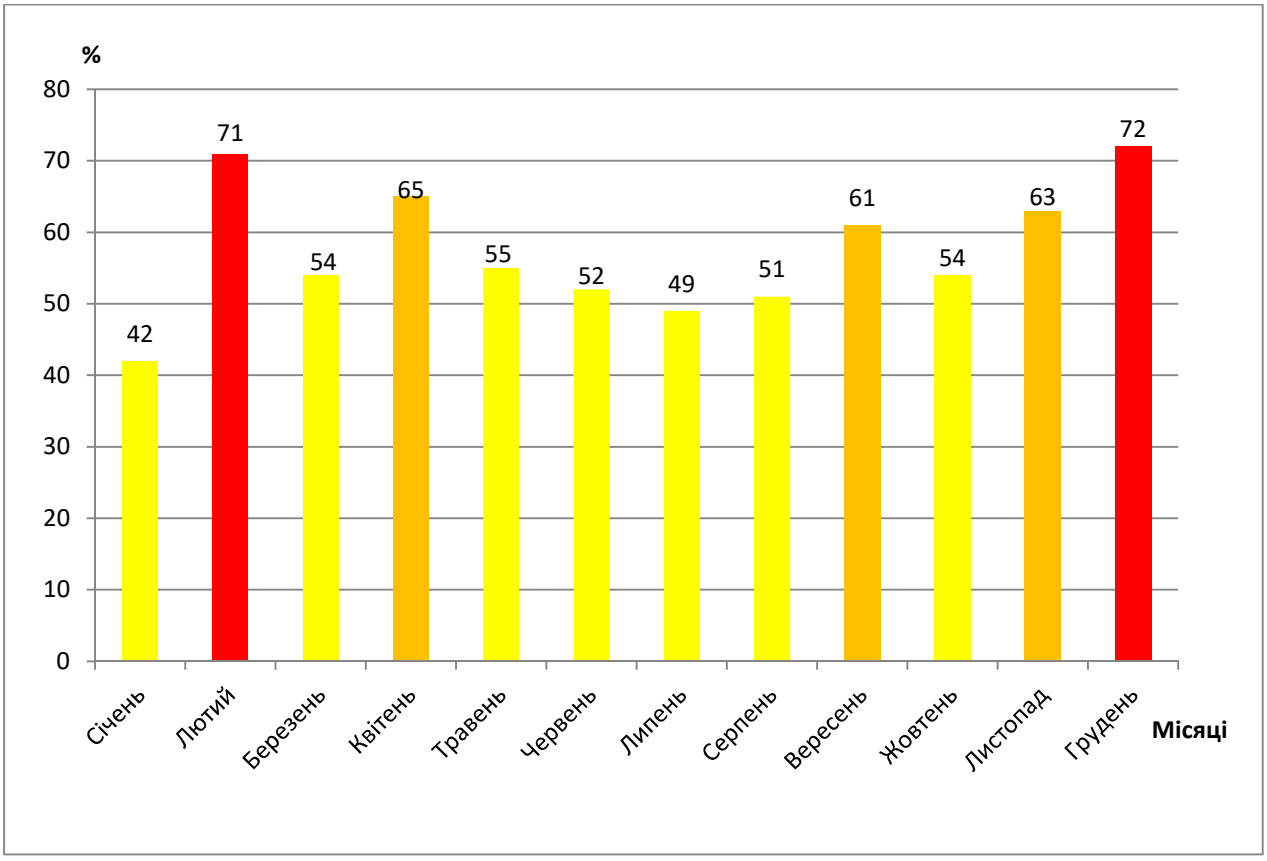
Таблиця 1 – Рівень трафіку м. Києва у середньому за 2021 р, %, за даними сайту TomTom

Table 1 – Average traffic level of Kyiv in 2021, %, according to data from the TomTom website

День тижня / Час	НД	ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ
0:00	6	3	3	3	3	4	7
	5	2	2	2	2	3	5
2:00	3	2	2	2	2	3	4
	3	2	2	2	2	3	3
4:00	2	1	1	1	1	2	1
	0	0	0	0	0	1	1
6:00	0	11	12	12	11	11	4
	2	65	67	66	62	59	10
8:00	5	98	101	97	93	85	16
	10	82	91	84	83	75	25
10:00	15	62	77	72	74	67	35
	22	52	70	67	69	67	46
12:00	28	49	66	66	68	69	54
	31	50	66	66	68	72	57
14:00	32	49	65	65	68	73	56
	31	49	65	65	68	77	50
16:00	29	54	69	70	73	92	43
	29	75	92	93	95	103	38
18:00	28	90	108	108	110	98	33
	25	63	78	77	80	69	27
20:00	21	35	43	43	45	42	22
	18	20	23	24	25	27	18
22:00	11	11	13	13	15	17	13
	6	6	7	7	8	11	9

Згідно таблиці, найбільші затори у місті утворювалися у вечірній піковий період четверга, у проміжку між 18 та 19 годинами, і досягали 110 %. Подібна ситуація відбувалася у вівторок та середу, 108 % завантаженості. У п'ятницю пікове навантаження на дороги, 103%, припадало на проміжок між 16 до 18 годинами, коли люди поверталися з роботи та прямували за місто. Єдиний ранковий піковий період утворення заторів відбувався у вівторок між 8 та 9 годинами та досягав 101%. Аналіз даних показав, що в середньому автомобілісти витрачали на дорогу на 17 хв. більше, за умови, якщо їх поїздка тривала в середньому до 30 хв, у базових умовах, без заторів.

У місячному вимірі за 2021 р найбільший трафік спостерігався у лютому – 71 % та у грудні – 72 %, що пояснюється погодними умовами. Дану інформацію продемонструємо на графіку 1 [1, Kyiv traffic report | TomTom Traffic Index].



Графік 1 – Рівень трафіку у місті Києві за 12 місяців 2021 р, %
Figure 1 – Traffic level in the city of Kyiv for 12 months of 2021, %

Рівень завантаженості доріг в м. Одесі відображено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Рівень трафіку м. Одеса у середньому за 2021 р, %, за даними сайту TomTom
Table 2 – Average traffic level of Odesa for 2021, %, according to TomTom site data

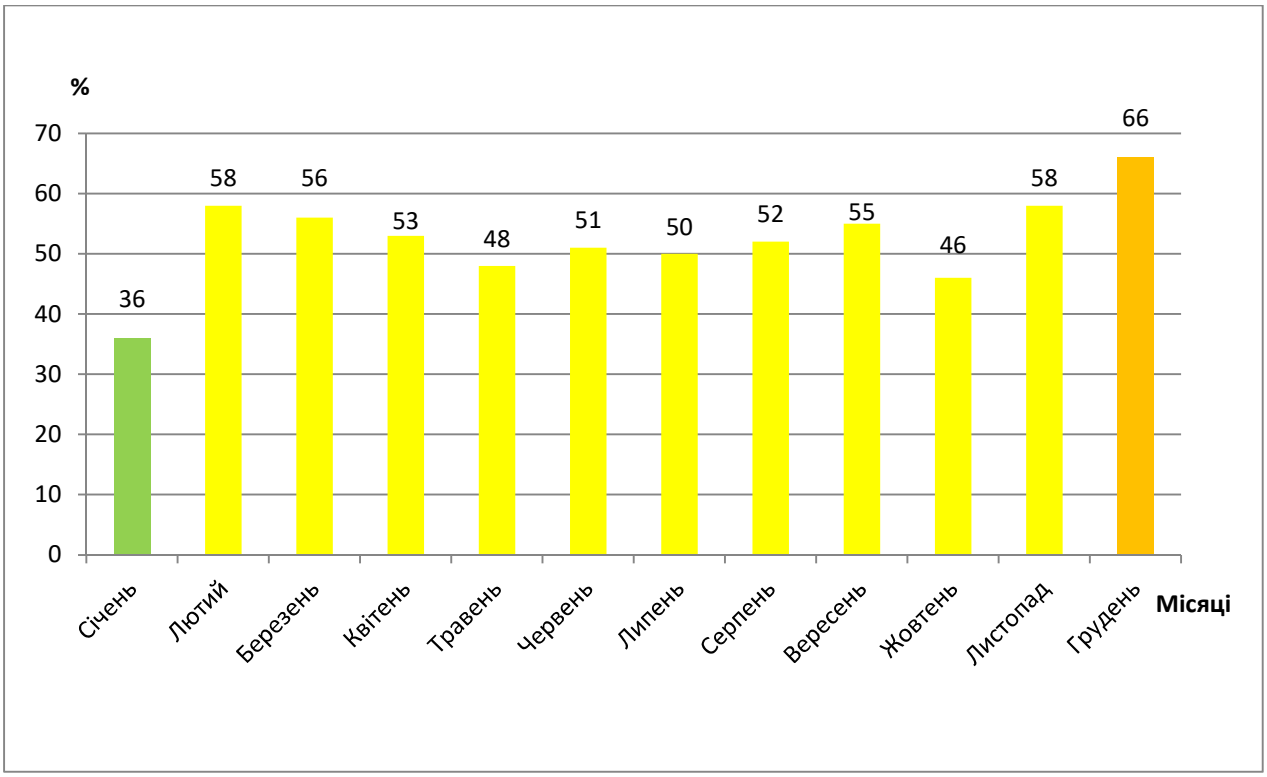
День тижня / Час	НД	ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ
0:00	8	4	3	3	3	4	6
	5	2	1	2	3	2	3
2:00	2	1	1	2	3	1	2
	2	1	0	1	3	1	1
4:00	1	0	0	2	2	1	1
	0	0	0	1	1	0	0
6:00	1	6	6	7	7	5	5
	6	39	42	44	42	38	15
8:00	9	72	81	82	78	72	22
	14	65	77	76	73	69	31
10:00	19	54	69	67	64	67	41
	24	51	64	63	62	68	49
12:00	29	54	65	64	64	73	55
	33	56	67	67	67	76	59
14:00	33	60	70	69	70	78	60
	29	59	68	69	70	79	52

продовж. табл. 2

16:00	27	57	68	69	69	87	43
	25	72	85	87	87	95	36
18:00	26	79	93	94	94	93	33
	24	51	61	61	62	66	29
20:00	21	27	32	33	35	40	25
	19	19	20	21	23	26	22
22:00	12	11	12	12	13	16	16
	6	6	6	6	7	10	11

Затори найвищого рівня в Одесі спостерігалися у період вечірніх пікових годин, між 17 та 18 годинами, у п'ятницю, коли трафік досягав 95 %, а також у вівторок, середу та четвер, близько 18 години, на рівні 93-94 %. Дослідження показали, що одесити та гості міста витрачають на 15 хв більше у подорожах, які в середньому тривають до 30 хв при низькому рівні завантаження доріг.

У річному розрізі найбільше затори сковували місто у грудні, досягши, в середньому 66 %. Відобразимо повну інформацію, за 2021 р, на графіку 2 [2, Odesa traffic report | TomTom Traffic Index].



Графік 2 – Рівень трафіку у місті Одесі за 12 місяців 2021 р, %
Figure 2 – Traffic level in the city of Odessa for 12 months of 2021, %

Рівень завантаженості доріг у м. Харкові відобразимо у таблиці 3.

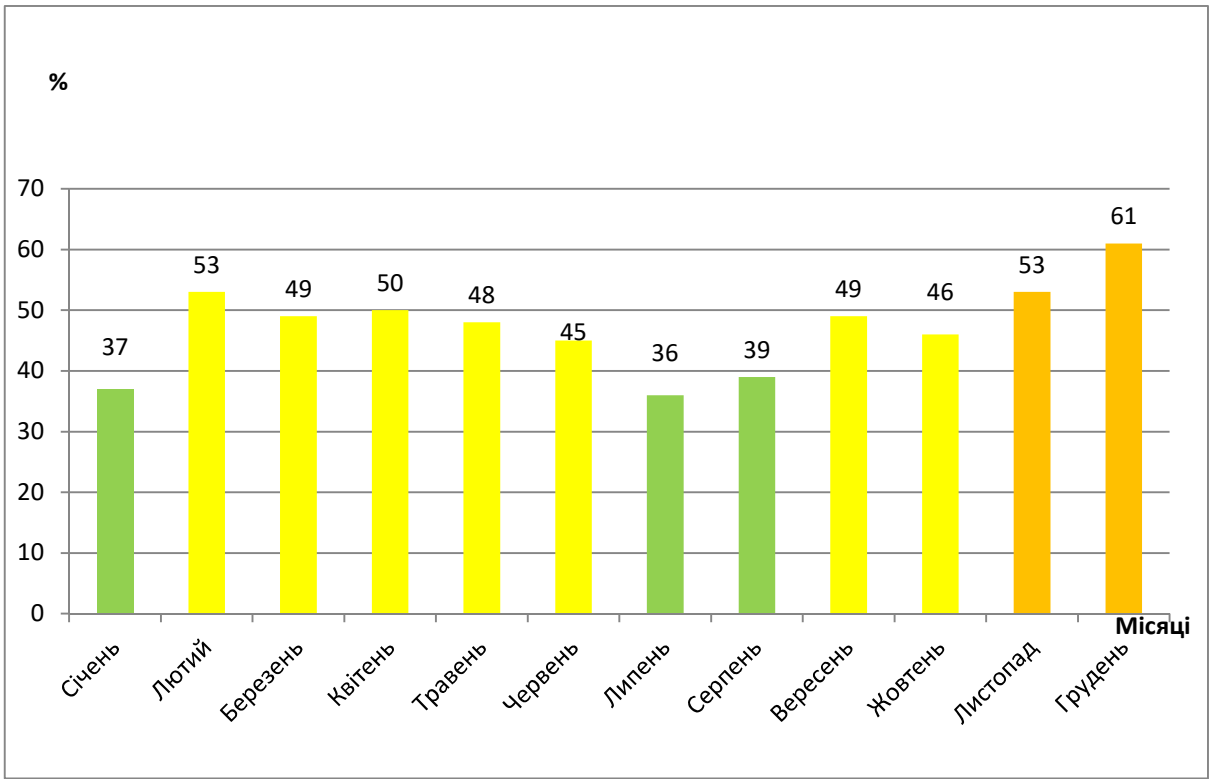
Згідно таблиці, найбільші затори у Харкові спостерігалися у ранковий піковий період, близько 8 години ранку, у вівторок, 85 %. Помітна тенденція відбувалась і у середу, 80 %. Вечірній пік був несприятливим для пересуванням автомобілем з 16 до 18 години, у п'ятницю, 77-80 %. Аналіз трафіку показує, що люди витрачали на поїздку на 14 хв більше, ніж у період низької завантаженості доріг, при умові, якщо їх подорож в середньому триває не більше 30 хв.

Таблиця 3 – Рівень трафіку м. Харкова у середньому за 2021 р, %, за даними сайту TomTom
Table 3 – Average traffic level of Kharkiv in 2021, %, according to TomTom site data

День тижня / Час	НД	ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ
0:00	4	2	3	2	2	2	4
	4	2	3	3	3	3	4
2:00	3	2	3	3	3	3	3
	3	2	3	2	3	2	3
4:00	1	1	2	1	1	1	1
	0	0	1	1	0	0	0
6:00	4	8	9	9	9	9	6
	8	37	42	41	40	37	15
8:00	11	74	85	82	78	73	23
	15	59	76	70	67	64	31
10:00	20	47	65	60	58	58	38
	24	45	61	55	55	58	46
12:00	27	46	60	56	55	60	51
	28	46	58	55	54	62	51
14:00	27	47	59	57	57	65	49
	26	48	59	60	60	70	44
16:00	25	51	60	63	61	77	37
	26	65	75	76	76	80	32
18:00	26	68	77	76	78	79	31
	24	41	47	46	48	55	26
20:00	21	25	27	28	28	33	22
	18	18	19	20	19	22	19
22:00	12	12	13	13	13	16	14
	4	4	4	4	4	7	6

У річному розрізі найбільше затори сковували місто у грудні, досягши, в середньому, 61 %. Відобразимо повну інформацію, за 2021 р, на графіку 3 [3, Kharkiv traffic report | TomTom Traffic Index].

Згідно таблиці, у Дніпрі найбільший рівень заторів спостерігався у період вечірнього пікового завантаження, у вівторок, близько 18 години, - 75 %. Подібна ситуація виникала також у середу, четвер та п’ятницю, 71-74 % трафіку. У ранкові години складно пересуватися дорогами міста було близько 8 години ранку, у вівторок, середу та четвер, - 71-74 % зайнятості доріг. Аналіз трафіку показав, що люди, які пересуваються власними автомобілями, витрачають на поїзду більше на 12 хв, якщо їхня подорож триває в середньому до 30 хв.



Графік 3 – Рівень трафіку у місті Харкові за 12 місяців 2021 р, %
Figure 3 – Traffic level in the city of Kharkiv for 12 months of 2021, %

У річному розрізі найбільше затори сковували місто у грудні, досягши, в середньому, 57 %. Відобразимо повну інформацію, за 2021 р, на графіку 4 [4, Dnipro traffic report | TomTom Traffic Index]. Загалом згідно звіту, World Air Quality Report 2021, Україна опинилася на 56 місці у світі, та на 9 місці у Європі, за рівнем забруднення атмосферного повітря дрібнодисперсними частинками PM.2.5 із середнім показником 18,5 мкг/м^3 [5, IQAir].

Відобразимо рівень завантаженості доріг міста Дніпро у таблиці 4.

Таблиця 4 – Рівень трафіку м. Дніпро у середньому за 2021 р, %, за даними сайту TomTom
Table 4 – Average traffic level of Dnipro in 2021, %, according to the TomTom website

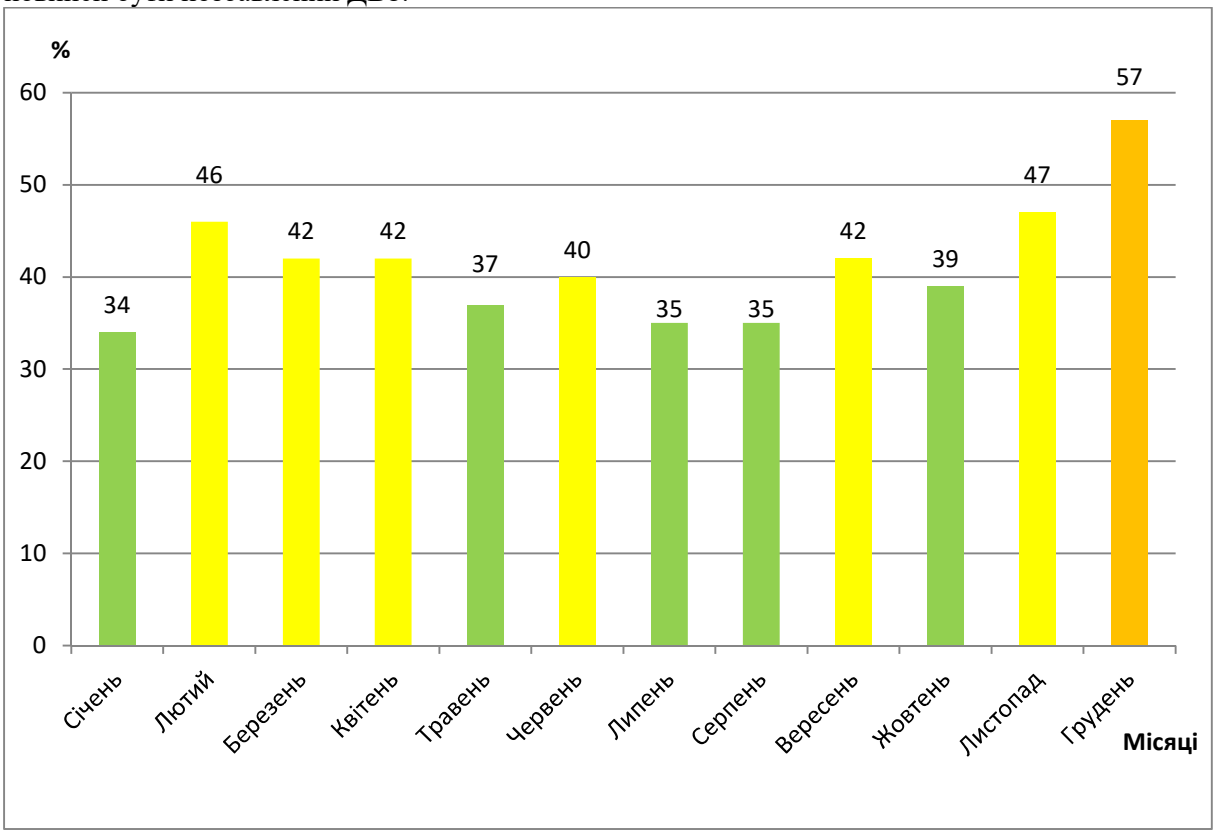
День тижня / Час	НД	ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ
0:00	3	1	2	2	2	3	4
	2	1	2	2	3	3	3
2:00	2	3	4	3	3	3	3
	2	4	4	5	3	3	2
4:00	0	1	2	3	3	2	1
	0	1	1	2	2	1	1
6:00	9	12	13	13	14	13	11
	11	39	41	41	40	38	16
8:00	13	69	72	74	71	67	22
	17	53	58	61	57	55	27
10:00	20	39	46	47	45	47	33
	22	37	43	44	43	47	37

продовж. табл. 4

12:00	24	38	44	45	44	50	39
	25	38	44	45	44	51	37
14:00	24	39	44	45	44	54	34
	23	41	46	47	46	57	31
16:00	23	44	51	52	51	64	28
	24	57	67	66	67	70	28
18:00	24	64	75	72	74	71	27
	23	38	45	42	45	46	25
20:00	21	26	28	28	29	30	23
	19	21	22	22	22	23	21
22:00	14	16	16	17	17	18	17
	3	4	4	5	5	7	6

У лютому 2020 р першою країною "Великої сімки", що оголосила про відмову від двигунів внутрішнього згорання (далі – ДВЗ), стала Великобританія. Більш того, - наприкінці року темпи переходу на електротягу були примусово прискорені: замість раніше заявленого 2040 року повна заборона призначена на 2035-й, а для бензинових і дизельних автомобілів без гібридного модуля - взагалі на 2030 рік.

У американському штаті Каліфорнія заборонять продажі нових легкових і вантажних бензинових автомобілів із 2035 р, тоді ж від бензинових легковиків має намір відмовитися канадська провінція Квебек. А у березні 2021 року про поступовий перехід в «електричний табір» оголосив Сінгапур: із 2025 р тут заборонять нові дизельні легковики і таксі, а до 2040 р весь автопарк країни повинен бути позбавлений ДВЗ.



Графік 4 - Рівень трафіку у місті Дніпро за 12 місяців 2021 р, %
Figure 4 - Traffic level in the city of Dnipro for 12 months of 2021, %

Під тиском ухвалених по всьому світу майбутніх заборон на продаж машин на викопному паливі, світові автовиробники вимушено та навіть поспішно переглядають свої виробничі плани.

Схоже, в антагоністичному протистоянні "ДВЗ та електродвигун" переконливу перемогу здобуває електричний двигун.

Так, концерн General Motors вкладе 27 млрд $ у розробку електрокарів, а до 2025 р випустить на ринок 30 нових моделей на електротязі. У лютому 2021 р Ford оголосив, що з 2026 року всі його легкові моделі в Європі будуть виключно електричними або плагін-гібридами.

У Європі відмова від ДВЗ може статися навіть раніше, ніж вже оголосили окремі країни, що входять до складу ЄС. Справа в тому, що в 2025 р планується надати чинності новому екологічному стандарту викидів Euro 7, який порівняно з нині чинним Euro 6d-TEMP значно жорсткіший, і багато представників автоіндустрії вважають його недосяжним.

Норми ще не фіналізовані. Згідно з поточною пропозицією, нові автомобілі повинні викидати всього 30 мг оксидів азоту NOx на один пройдений кілометр. Початкова позначена межа для Euro 7 становила 60 мг/км для бензинових машин і 80 мг/км - для дизельних. Вміст у вихлопі окису вуглецю також має бути істотно знижений.

Для дизельних моторів це означає фактично припинення виробництва, тому що сучасні технології не дозволять укластися в такі вимоги. Відмова від бензину в світлі Euro 7 не настільки очевидна, адже для таких моторів відповідати прийдешньому посиленню викидів буде дуже складно, але можливо. Щоправда, це важко доступно, а вартість розробки власне моторів значно, як вважають автовиробники, та невиправдано зросте.

Заміна ДВЗ на електродвигун у країнах, де вже визначалися про введення заборон, означає, що внутрішні перепродажі раніше випущених машин із моторами на викопному паливі, неухильно падатимуть. Їхніх власників просто задавлять високими податками, як це в Європі відбувається зараз зі старими моделями: чим нижчий екологічний клас, тим вища ставка податку.

Попередньо визначено, що ввезення в Україну старих автомобілів із дизельними двигунами заборонять з 1 січня 2028 р, нових автомобілів із дизельними двигунами і старих із бензиновими двигунами - з 1 січня 2033 р, нових автомобілів із бензиновими двигунами - з 1 січня 2038 року [6, Добровольський, 2021].

Крім того, в Мінінфраструктури зріє ідея окремо заборонити експлуатацію автобусів із ДВЗ навіть раніше, з 2028 р. Щоправда, ці плани поки не набули форми остаточної концепції, і вимагають обговорення з усіма учасниками ринку, враховуючи приватних перевізників тощо.

Паливна криза, спричинена війною Росії проти України, суттєво вплинула на розвиток екологічного транспорту не тільки у нашій країні, але у всій Європі. Попит на електромобілі різко підвищився. У травні цього року українці купили на 63 % більше автомобілів з електродвигунами, ніж рік тому за цей період, повідомив “Укравтопром”. Частка нових машин в цій кількості становила 28% проти 11% торік. Станом на 1 червня 2022 р в Україні таких автомобілів зареєстровано 36,6 тисяч. Серед лідерів регіони з великою транспортною інфраструктурою: Київ та Одеська, Харківська, Дніпропетровська, Київська, Львівська області року [6, Добровольський, 2021].

Згідно зі статтею, нещодавно опублікованою виданням Autoblog, середня ціна нового електромобіля в травні 2022 року зросла до 54 000 $, і в річному обчисленні клієнти заплатили за новий електромобіль на 22 % більше. Тим часом, ціни на автомобілі з бензиновими двигуном зросли лише на 14 %, і становлять у середньому 44 400 $ (інформацію про ціни взято з нещодавнього звіту AlixPartners).

У статті йдеться, що компанія Tesla цього року неодноразово підвищувала ціни на свої машини, і зараз деякі моделі Tesla коштують майже на 10 % більше, ніж на початку 2022 року. Електромобільні стартапи Rivian та Lucid також підвищили ціни. Схоже, зараз це характерно для більшої частини галузі, включаючи і таких традиційних автовиробників, як Ford та General Motors.

Як основну причину підвищення цін, автовиробники називають зростання вартості сировини. Autoblog пише, що з березня 2020 року вартість сировинних матеріалів підскочила на 144 %! Згідно з дослідженням, вартість деяких матеріалів після пандемії подвоїлася. А генеральний директор Ford Finance Джон Лоулер визнав, що зростаючі витрати зробили електромобілі на зразок Ford Mustang Mach-E практично нерентабельними.

Зважаючи на зростання цін на усі види палива через збільшення курсу за барель нафти, введені санкції проти Росії, та ускладнення процесу пошуку диверсифікованих, альтернативних місць закупівлі сировини, та маючи місце перерозподіл ринку, електромобілі розбирають «як гарячі пиріжки», і

виробники вперше стикнулися з тим, що не можуть забезпечити пропозицію через шалений попит. Тому цей факт теж є суттєвим важелем підвищення цін на електромобілі [7, Internetua].

Розвиток екологічного громадського транспорту є найдієвішим методом боротьби зі шкідливими викидами. На сьогодні такими вважаються гібридні, водневі, електричні технології на автомобільному транспорті.

Водневий двигун складається з двох основних частин: паливного елементу, як первинного генератору енергії, та електродвигуна, який використовується для приводу трансмісії. Машини на водневому паливі можна поділити на 3 типи:

- зі звичайним двигуном внутрішнього згоряння, який працює на водні або водневій суміші. Такі моделі можуть працювати на чистому водні або 5- 10 % водню додають до основного палива;

- з двома електроносіями, так звані гібридні, їх колеса рухає електропривід, енергію якому постачає акумулятор, що у свою чергу заряджається від високо-економічного двигуна внутрішнього згоряння, що працює на водні або суміші водню з бензином;

- з електродвигуном, який працює від паливного елемента, що знаходиться в автомобілі. Теоретично ККД паливного елемента, що працює на суміші водень-повітря, може перевищувати 85 %. Зараз вже вдалося одержати двигуни з ККД близько 75 % - це більш ніж удвічі вище відповідного покажчика найкращих двигунів внутрішнього згоряння. В умовах міста такі машини одержать п'яти-шестиразову перевагу над звичайними автомобілями [8, Вікіпедія].

Перших 16 двоповерхових водневих автобусів з’явилися у Шотландії, місті Абердині, 28 січня 2021 р. Кошторис закупівлі становив 8,3 млн фунтів стерлінгів або близько 500 тис фунтів за одиницю. Це гроші міської ради, уряду Шотландії та Європейського союзу. Кожен автобус має резервуар на 25 кг водню, який заправляється за 10 хвилин. Цього запасу вистачає на пробіг до 400 км. Виробник – фірма Wrightbus [9, АвтоЦентр].

У Польщі почнеться виробництво водневих автобусів у 2023 році. NesoBus – проект Polsat Plus, найбільшої польської компанії та провідної медійної та телекомунікаційної групи у регіоні. Neso - абревіатура польської фрази “Nie Emituje Spalin i Oczyszcza” (“Не виділяє вихлопних газів та очищує повітря”). Єдині викиди - водяна пара.

NesoBus розроблений з нуля польськими дизайнерами та інженерами у співпраці з партнерами з Європи та інших країн світу. Екстер’єр та інтер’єр розробила італійська компанія Torino Design, що спеціалізується на автомобільному дизайні. Паливні елементи надала канадська компанія Ballard Power Systems, а водневі баки – шведська технологічна група Hexagon AB. Автобус завдовжки 12 метрів може перевозити до 93 пасажирів та має із 37 сидячих місць. Завширшки NesoBus досягає 2,55 метрів, у висоту – 3,4 метри. Споряджена маса – менше 13 т.

Доступ до салону забезпечують троє широких дверей. Автобус пристосований для перевезення осіб з інвалідністю та обладнаний системами опалення і кондиціювання. Також в оснащенні бортова система гучного зв’язку, 3 подвійні порти USB, 3 місця для індукційної підзарядки смартфонів або ноутбуків, 5 дисплеїв усередині пасажирського салону, 6 зовнішніх дисплеїв з боків автобусу й по одному спереду та ззаду, камери кругового огляду, Wi-Fi та 5G.

Місткість баків для зберігання водню – 37,5 кг. Час заправки – 15 хвилин. Як зазначено в офіційному прес-релізі компанії, при випробуванні СОРТ-2 середня витрата склала 5,5 кг водню на 100 км. Дальність пробігу без дозаправки – близько 450 км.

«NesoBus – ідеальне рішення для мешканців міст, яке виключає викиди шкідливих речовин, окрім CO_2. До таких речовин здебільшого належать оксид азоту або дрібнодисперсні частинки PM 2,5. Фактично, це електромобіль, що працює на водні. Він виробляє електроенергію з використанням паливного елемента, використовуючи водень як паливо. Автобус має власну міні-електростанцію. Фізично водень, що подається з баків, з’єднується з киснем повітря, й таким чином генерується електроенергія, що живить двигун. Немає жодного процесу горіння. Водяна пара - єдине, що викидається автобусом із вихлопної труби внаслідок з’єднання водню та кисню у паливному елементі. Вода повністю дистильована», – йдеться у прес-релізі компанії.

Протягом 65 днів NesoBus пройшов інтенсивні вуличні та лабораторні випробування, які включали 40 тестів різних типів, проведених у Польщі та за кордоном, й у квітні 2022 року отримав схвалення в ЄС.

Серійне виробництво польського водневого автобусу відбуватиметься на новому заводі, який будується у місті Свидник. Річні виробничі потужності підприємства перевищать 100 одиниць [10, InfoCar].

Транспортне відомство Лондона вже має у своєму парку понад 500 електричних автобусів, і до 2030 року він прагне досягти нульових викидів у навколишнє середовище від експлуатації автобусів [11, Хожаінова, 2021].

Висновок. На основі проаналізованих даних рівня заторів в містах-мегаполісах України, пропонуємо провести оптимізацію маршрутів та структури рухомого складу під час лінійної експлуатації у різні пори року, дні тижня та години доби з використанням модульного типу електробусів: електротягача та салонів – електропричепів різної довжини та місткості: маленьких, середніх та великих.

Маленькі (small – до 10 м, місткістю до 40 осіб) доцільно використовувати у період з 21 до 1 год та з 5 до 6 ранку у робочі дні. У разі якщо у місті працюють нічні маршрути, то з 21 год до 6 год.

Середні (middle - 12 – 15 м) варто використовувати у період з 12 до 15 год та з 20 до 21 год.

Великі (large – понад 20 м) вводяться в експлуатацію під час пікового завантаження доріг з 8 до 11 год та з 17 до 19 год.

Проведений аналіз тенденцій розвитку міського пасажирського транспорту показує, що в світі превалює тенденція на використання електричного та водневого рухомого транспорту. Крім переходу на нові електричні та водневі моделі, слід застосовувати структурну оптимізацію автобусів виходячи із не стаціонарності потоків пасажирів.

Перелік посилань

1. Kyiv traffic report | TomTom Traffic Index. TomTom. https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/kiev-traffic/

2. Odesa traffic report | TomTom Traffic Index. TomTom. https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/odessa-traffic/

3. Kharkiv traffic report | TomTom Traffic Index. TomTom https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/kharkiv-traffic/

4. Dnipro traffic report | TomTom Traffic Index. TomTom. https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/dnipro-traffic/

5. World Air Quality Report 2021. Region & City PM2.5 Ranking | IQAir. https://www.iqair.com/world-air-quality-report

6. Добровольський, В. (2021, 9 квітня) "Електрика замість бензину. Чи відмовиться Україна від ДВЗ слідом за Європою". Фокус. https://focus.ua/uk/auto/479149-dvs-i-elektrodvigatel-kogda-proizojdet-otkaz-ot-benzina-v-evrope-mire-i-ukraine

7. (2022, 30 червня) "Електромобілі різко дорожчають через зростання попиту та ціни на сировину". Internetua. https://internetua.com/elektromobili-rizko-dorojcsauat-cserez-zrostannya-popitu-ta-cini-na-sirovinu

8. Водневий двигун | Вікіпедія. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%BD

9. Гоголев Ю. (2021, 28 січня) "На дороги виїхали перші в світі двоповерхові автобуси на водні". АвтоЦентр. https://www.autocentre.ua/ua/news/sobytie/na-dorogi-vyehali-pervye-v-mire-dvuhetazhnye-avtobusy-na-vodorode-1311852.html

10. (2022, 4 червня) "У Польщі розробили свій водневий автобус NesoBus". InfoCar. https://news.infocar.ua/u_polshch_rozrobili_svy_vodneviy_avtobus_nesobus_150718.html

11. Хожаінова В. (2021, 23 червня) "У Лондоні уперше запустять двоповерхові водневі автобуси". Суспільне новини. https://suspilne.media/141715-u-londoni-uperse-zapustat-dvopoverhovi-vodnevi-avtobusi/

MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL MOBILITY IN THE ORGANIZATION OF CITY PASSENGER TRANSPORTATION

Hrebelnyk Mykola M., National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: niknik0229@gmail.com, tel.: +380976572803 , Ukraine, 01010, Kyiv, str. M. Omelyanovich-Pavlenko, 1, k. 242. *https://orcid.org/0000-0001-8385-8261*

Dekhtiarenko Dmytro P., National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: mr.dima2304@gmail.com, tel.: +380671451579, Ukraine, 01010, Kyiv, str. M. Omelyanovich-Pavlenko, 1, k. 242. *https://orcid.org/0000-0003-3902-5996*
Porfirenko Volodymyr I., National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: porfirenko@gmail.com, tel.: +380675034433, Ukraine, 01010, Kyiv, str. M. Omelyanovich-Pavlenko, 1, k. 242. *https://orcid.org/0000-0003-0329-6217*

Abstract. The article is devoted to the study of congestion on city roads in Ukraine, which has significantly increased. Special attention is paid to city bus transport. The development of ecological public transport is the most effective method of combating harmful emissions. Today, hybrid, hydrogen, and electric technologies in road transport are considered to be such.

The object of the study is the level of congestion of city roads in Ukraine and their assessment.

The purpose of the work is to model the reduction of traffic jams and the development of ecological transport in megapoles of Ukraine.

Research methods – statistical methods, mathematical modeling.

An analysis of the level of congestion on the roads of the largest cities of Ukraine was carried out. The analysis of the development trends of urban passenger transport was carried out. An analysis of the traffic level of Ukrainian cities was carried out. A comparative analysis of the main advantages and disadvantages of electric cars over cars running on gasoline and diesel fuel was carried out. An analysis of the ways of development and use of electric buses in large cities of the developed countries of the world was carried out. On the basis of the analyzed data on the level of traffic jams in the cities-megapolises of Ukraine, it is proposed to optimize the routes and the structure of the rolling stock during linear operation in different seasons of the year, days of the week and hours of the day using a modular type of electric buses: an electric tractor and salons - electric trailers of different lengths and capacities: small, medium and large.

Keywords: congestion of city roads, traffic level, ecological public transport, atmospheric air pollution, electric buses.

References

1. Kyiv traffic report | TomTom Traffic Index. TomTom. https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/kiev-traffic/

2. Odesa traffic report | TomTom Traffic Index. TomTom. https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/odessa-traffic/

3. Kharkiv traffic report | TomTom Traffic Index. TomTom https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/kharkiv-traffic/

4. Dnipro traffic report | TomTom Traffic Index. TomTom. https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/dnipro-traffic/

5. World Air Quality Report 2021. Region & City PM2.5 Ranking | IQAir. https://www.iqair.com/world-air-quality-report

6. Dobrovolskyi, V. (2021, April 9) "Electricity instead of gasoline. Will Ukraine abandon ICE after Europe." Focus. https://focus.ua/uk/auto/479149-dvs-i-elektrodvigatel-kogda-proizojdet-otkaz-ot-benzina-v-evrope-mire-i-ukraine

7. (2022, June 30) "Electric cars rise in price as demand and raw material prices rise". Internetua. https://internetua.com/elektromobili-rizko-dorojcsauat-cserez-zrostannya-popitu-ta-cini-na-sirovinu

8. Hydrogen engine | Wikipedia. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%BD

9. Gogolev Yu. (2021, January 28) "The world's first double-decker water-powered buses hit the roads." Auto Center. https://www.autocentre.ua/ua/news/sobytie/na-dorogi-vyehali-pervye-v-mire-dvuhetazhnye-avtobusy-na-vodorode-1311852.html

10. (2022, June 4) "Poland has developed its own NesoBus hydrogen bus." InfoCar. https://news.infocar.ua/u_polshch_rozrobili_svy_vodneviy_avtobus_nesobus_150718.html

11. Khozhainova V. (2021, June 23) "Double-decker hydrogen buses will be launched in London for the first time." Suspilne news. https://suspilne.media/141715-u-londoni-uperse-zapustat-dvopoverhovi-vodnevi-avtobusi.

УДК 658.012.7
UDC 658.012.7
DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-345-350

STRATEGIC ROAD PLANNING CONCEPT

КОНЦЕПЦІЯ СТРАТЕГІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ДОРОЖНЬОГО ГОСПОДАРСТВА



***Lykhostup Mykola M.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Transportation Construction and Property Management Department, National Transport University.*

https://orcid.org/0000-0001-8139-1768



***Usychenko Olena Yu.,** PhD, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor, Transportation Construction and Property Management Department, National Transport University*

https://orcid.org/0000-0002-7482-8420

Abstract. The article discusses possible expert-analytical approaches to the formation of concepts for the road sector development, depending on the capabilities of the participants involved in specific work programs implementation processes and the formation of an infrastructural basis for their successful implementation. At the first stage of a model for determining the preferred option for strategic modeling forming, the initial opportunities and prospective trends in the employment of each participant in the development of the road sector are analyzed, aimed at reliable support in the operational condition of the roads. The cross-section and combination of perspective trends of different participants form the so-called local strategies of possible options for their activities planning. Information processing of local strategies is possible using various approaches - mathematical data processing, expert analysis or graphical interpretation. The choice of the best cumulative strategy for the activity of participants is carried out according to the criterion of minimizing the costs of their activities.

Key words: road sector, participants in activities, local strategies, comprehensive assessment.

Introduction

Planning the activities of any enterprise is a basic function in the management system, the implementation of which provides information on the timing and resources for its successful and reliable operation. Strategic (or long-term) planning is the most general stage in the overall planning system, which includes, in addition to long-term, such types of planning as long-term (five-year), annual and operational. The solution of the constituent tasks of each type of planning has its own characteristics and uses different approaches and methods. But the best way to solve each problem is to use the minimum amount of initial information and the simplicity of the method for solving it. The proposed approach to solving the problem of finding the best option for long-term planning of the road sector, covering a certain part of the road network, is focused on such requirements.

Modeling the processes of possible long-term planning is based on the concept of a systematic approach - a number of participants are identified in the structure of performers involved in the development of the road sector. Based on the analysis of employment opportunities and trends for each participant, so-called local strategies are drawn up, which form various options for long-term plans for the development of the road sector. The processing of information describing the position of each strategy makes it possible to determine the best long-term road planning option. In this case, the value of small costs for the total activity of all

participants is taken as a criterion. The proposed method for determining the best option for long-term planning is distinguished by its simplicity of interpretation, the use of minimal amounts of initial information, and the possibility of using various approaches to solving this problem.

Main material

Strategic planning (or long-term forecasting) plays a significant role both in fundamental research of systems theory [1, 2] and in applied models of searching for possible ways of rational prospects for the development of the road sector [6, 7]. At the same time, various criteria are used as criteria for achieving the goal - the best long-term plan, for example, long-term assets [6] or minimum road transport costs [7]. Despite the achievements in the field of long-term forecasting of systems development, there is still no simple and comprehensive method that allows, based on the minimum amount of initial information, to give an answer to the behaviour of the system as a whole in the long term. So, today the long-term planning of the road economy uses various models - PMS, HDM, СУСП and other similar models. But the disadvantage of this approach, first of all, is that only the road surface is taken as a predictive element of the development of the road economy. Therefore, there is an objective need to create such an approach to forecasting the development of the road sector, taking into account the activities of the entire complex of participants in various processes of its maintenance.

The creation of a strategic (long-term) planning system is based on the formation of a complex economic system, the features of the functioning of which are its multi-criteria and multi-parametric nature. Therefore, at the stage of such a system structural formation, it is necessary to avoid these problems to the maximum extent, which, first of all, is possible under the condition of independent forecasting of its constituent subsystems development. The results of each subsystem independent forecasting are taken into account in the procedures for evaluating the complex result according to one complex criterion.

Therefore, the development of the strategic planning model can be represented as follows. Firstly, in the process of creating a comprehensive model of strategic planning, the capabilities and interests of different participants should be taken into account. - p ($p = 1,2.,P$), whose activities are related to the road sector. For example, $p = 1$ is a group of enterprises engaged in the state roads development, $p = 2$ is a group of enterprises engaged in the material infrastructure development, $p = 3$ is a group of enterprises whose activities are related to the creation and provision of all participants with basic production assets, $p = 4$ is the activity of enterprises involved in the local roads development, and so on. Depending on the purpose of strategic planning, for example a different number of participants can be allocated, these are groups of enterprises that train personnel of different categories or groups of enterprises involved in the projects development and implementation. The activity of each participant is determined in a certain end result, which can be evaluated by different units of measurement. But for the first interpretation of the strategic planning model, it is proposed to evaluate the activities of each participant in monetary terms, that is, it can be a program of work in monetary terms, a budget for staff training, and the volume of material resources in monetary terms. In general, the activity of each participant is defined as a certain monetary equivalent – Vp, spent or attracted by a specific participant for a certain period of time – Tp.

Each of the road economy processes participants – p may have their own interests and trends over time. All trends of any participant at the time of the strategic planning conceptual model formation can be compiled according to the following features:

- volumes of activity do not change over time, that is, remain constant;
- volumes of activity tend to decrease;
- the volume of activity increases over time.

Determining the trends in the activities of each participant is a separate engineering and economic task. For example, the interests of participants and trends in the enterprises activities involved in the national roads development can be determined using the СУСП model.

A graphical interpretation of the strategic planning model can be found as follows. In Fig. 1, on the V axis, the location of the cost positions of the activities of different participants is fixed at the initial moment of determining the best strategy for the development of the road sector as a whole – to. It should be noted that under "road facilities" in this case, a certain roads network, measured in kilometers, is considered. For each of the participants in Fig. 1, thin lines reflect the possible trends in their activities. It should be noted that some participants after a certain time may end their activities for certain reasons. So, for example, for the first participant – p_1, the period of activity is determined as t_{1kp}.

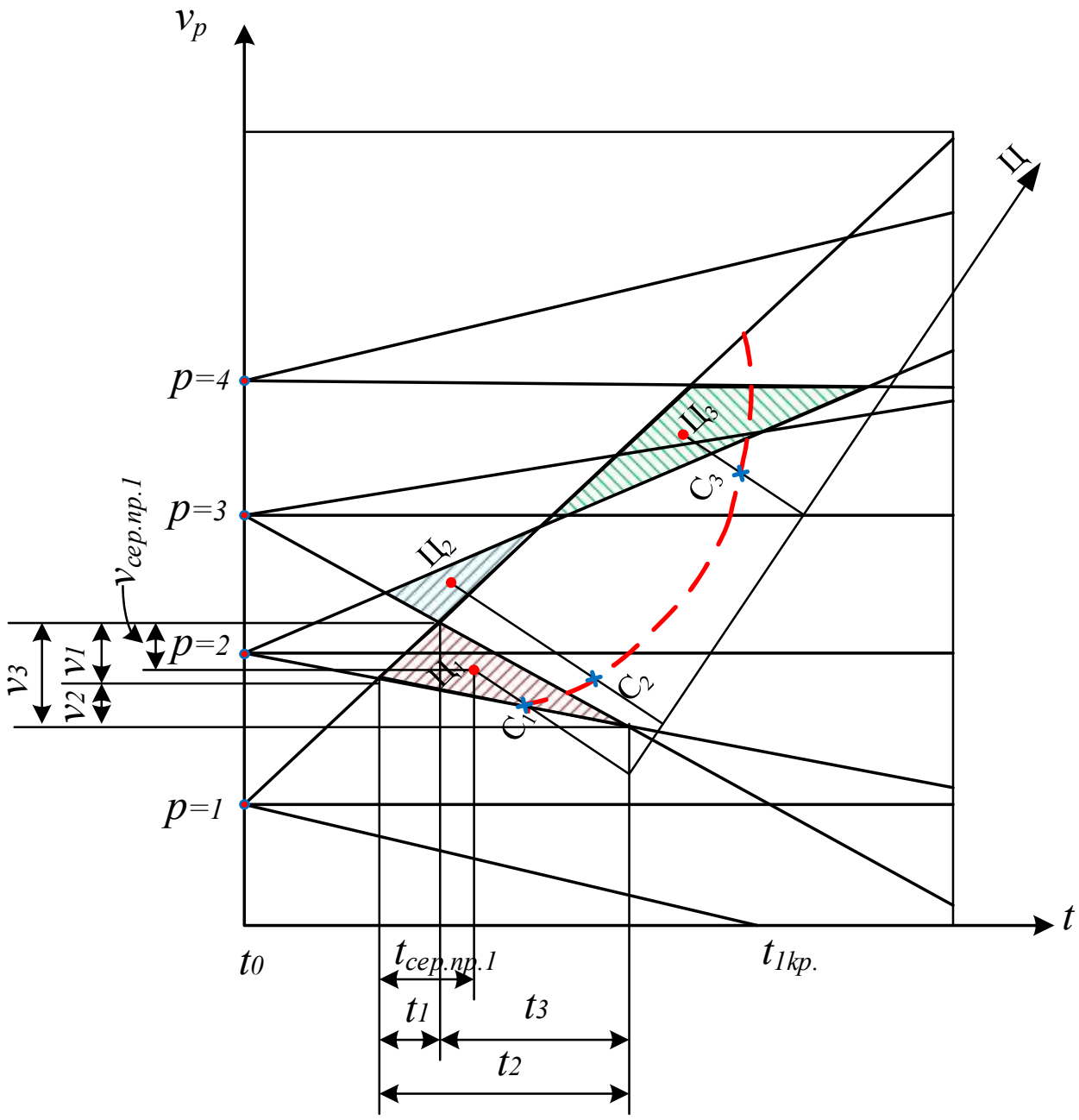


Figure 1 – Logic-structural graphic model of determining the participants rational strategy in the road management activity

Рисунок 1 – Логіко–структурна графічна модель визначення раціональної стратегії учасників в діяльності дорожнього господарства

Trends in the development of individual participants activities are determined by the certain local strategies formation – **s**, where $s = 1,2, \ldots, S$ is the type of local strategy. Such local strategies in Fig. 1 are indicated by shaded triangular zones. So, the first local strategy is determined by the fact that:

- trends in the volume of activities of the first participant – p_1 increase;
- trends in the volume of activities of the second participant – p_2 are decreasing;
- trends in the volume of activities of the third participant – p_3 are also decreasing.

For the one shown in Fig. 1 of the first connected local strategy, each of the participants carries out certain activities in volumes, respectively – v_1, v_2, v_3 at certain time periods – t_1, t_2 and t_3. Using these parameters, it is possible to determine the so-called conditional centers of local strategies – *Цs*, which will determine the coordinates of the average values of each participant activity volumes and the time of this strategy implementation given for the corresponding local strategy. For the first local strategy – $s = 1$, these coordinates are denoted as $v_{cep.np.1}$ and $t_{cep.np.1}$ and can be determined by the corresponding formulas 1.1 and 1.2:

$$v_{cep.np.1} = (t_1 \times v_1 + t_2 \times v_2 + t_3 \times v_3) \ / \ (t_1 + t_2 + t_3), \quad (1.1)$$

$$t_{cep.np.1} = (v_1 \times t_1 + v_2 \times t_2 + v_3 \times t_3) \ / \ (v_1 + v_2 + v_3). \quad (1.2)$$

In general, the coordinates of the each strategy conditional center– $v_{cep.np.s}$ and $t_{cep.np.s}$ are determined by formulas 1.3 and 1.4:

$$v_{cep.np.s} = (\Sigma (t_s \times v_s) \ / \ \Sigma t_s , \quad (1.3)$$

$$t_{cep.np.s} = (\Sigma (v_s \times t_s) \ / \ \Sigma v_s. \quad (1.4)$$

Thus, for each local strategy – **s**, conditional centers – Цs($v_{cep.np.s}$, $t_{cep.np.s}$) will be determined. Further calculations to determine the best strategies for the activities of all participants will include the following stages.

Stage 1: Determination of the set of possible local strategies within the limits indicated by the development trends of the individual road sector participants activities. It should be noted that possible local strategies are formed depending on the number of participants and trends in their activities. Therefore, graphically, local strategies can have different representations. So, when the number of participants is 4, the graphical representation of each local strategy is a quadrangle of a certain outline. But, despite the number of participants who form local strategies, approaches to determine their conditional centers are carried out using formulas 1.3 - 1.4.

Stage 2: From the conditional centers of each local strategy *Цs*, perpendicular lines should be drawn to the main axis of the strategies *Ц*.

Stage 3: On perpendicular lines from the *Z-axis*, the value of the estimates of each local

$$Cs = (\Sigma (c_{sp} \times v_{sp} \times t_{sp}) \ / \ \Sigma(v_{sp} \times t_{sp}), \quad (1.5)$$

where c_{sp} is the evaluation of the **s**-strategy carried out by the ***p***-participant. This estimate is determined by dividing the volume of activity of the ***p***-participant per unit of road economy, that is, the number of kilometers of roads that form a certain network.

Stage 4: The obtained values of the assessment of each local strategy– *Cs* are subject to processing in order to obtain a certain relationship between them – *U*.

Stage 5: By processing the *U* function, a rational *Cso* strategy is found, wich corresponding to the minimum value of the *Cs* estimates.

Note: Steps 4 and 5 can be replaced by performing a simple expert analysis of the *Cs* score values distribution across different strategies.

Stage 6: To substantiate a rational strategy – *Cso*, the initial conditions for its achievement are determined, that is, the volumes of individual participants activities, trends in these volumes and their implementation timeframes.

In general, the above algorithm for rational strategy for the outlined road sector determining is a set of expert and analytical procedures, and an important place is played by the number of elected participants and the development trends of their activities. The article outlines only the basic algorithm for determining rational strategies for the activities of individual participants, which is the basis for the formation of indicators for long-term plans. To simplify the understanding of the presented algorithm, some parameters are not detailed in the above formulas, for example, the mechanism for calculating of multi-temporal costs and the economic and mathematical foundations for determining the conditional centers of local strategies.

Conclusions

The procedures for strategic planning of a certain level road sector given in the article generally determine a possible algorithm for solving the problem. At the same time, emphasis is placed on possible mathematical modeling and interpretation of local strategies determining processes for the individual participants activities. A complete description of a general mathematical model formation is presented as a description of the linear functions of the individual participants activities development and each type of activity economic interpretations. It is possible that the formation of a complete mathematical model, which will be quite cumbersome and has no practical meaning. A more realistic way of practical implementation of the stated idea of long-term planning is the use of an expert-graphical approach based on a large-scale drawing of strategies development for the various participants activities (such as Fig. 1) and further expert interpretation of both each local strategy and a common rational strategy definition.

References

1. Mesarovich M., Takhakara YA. Obshchaya teoriya sistem: Matematicheskiye osnovy. — M.: Mir, 1978. —311 s. [Common systems theory]

2 .Buslenko N.P. Modelirovaniye slozhnykh sistem. – M.: Nauka, 1979. – 399 s. [Modeling of complex systems]

3. Druzhinin V.V., Kontorov D.S Problemy sistemologii. Problemy teorii slozhnykh sistem. – M.: Sovetskoye radio, 1976. – 296 s. [Problems of systemology. Problems in the theory of complex systems]

4. Solomatin G.V., Belyayev V.F. i dr. Imitatsionnoye modelirovaniye v operativnom upravlenii proizvodstvom. – M.: Mashinostroyeniye, 1984. – 208 s. [Simulation modeling in the production operational management]

5. Shennon R. Imitatsionnoye modelirovaniye – iskusstvo i nauka. – M.: Mir, 1978. – 302 s. [Imitation modelling – art and science.]

6. Likhostup M.M. Dovgostrokove planuvannya dorozhn'ogo gospodarstva za otsínkami dorozhníkh aktivív. Zb. Avtomobíl'ní dorogi í dorozhnê budívnitstvo. Vip. 94. – Kiĭv, 2015. – S.135 – 149. [Long-term road planning based on road asset estimates].

7. Kizima S.S., Likhostup M.M. Rozvitok sistemi dovgostrokovogo planuvannya dorozhn'ogo gospodarstva. Zb. Avtomobíl'ní dorogi í dorozhnê budívnitstvo. Vip. 97. – Kiĭv, 2016. – S.103 – 113. [Development of the road sector long-term planning system].

8. Loznitsya V.V., Gezel' M.YA., Kanín O.P., Likhostup M.M. Skladoví chastini ínformatsíyno – analítichnoĭ sistemi upravlínnya dorozhním gospodarstvom Ukraĭni. ZH. Avtoshlyakhovik Ukraĭni. №2. – Kiĭv, 1999. – S.33 – 34. [Components of the road management information-analytical system in Ukraine].

КОНЦЕПЦІЯ СТРАТЕГІЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ДОРОЖНЬОГО ГОСПОДАРСТВА

Лихоступ Микола Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету. e-mail: lychostup5n5@gmail.com, тел. +380442805212, +380442803942, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 138. https://orcid.org/0000-0001-8139-1768

Усиченко Олена Юріївна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортного будівництва та управління майном, fbbk@ukr.net, тел. +380442807338, +380442803942, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 138., https://orcid.org/0000-0002-7482-8420

Анотація. В статті розглянуті можливі експертно – аналітичні підходи до формування концепцій розвитку дорожнього господарства в залежності від можливостей учасників, які зайняті в специфічних процесах виконання програм робіт, так і формуванні інфраструктурної основи для їх успішної реалізації. На першому етапі формування моделі визначення кращого варіанту стратегічного моделювання аналізуються початкові можливості та перспективні тенденції зайнятості кожного учасника в розвитку дорожнього господарства, що спрямовані на надійне підтримання в експлуатаційному стані виділеної мережі доріг. Перетин та сполучення перспективних тенденцій різних учасників формують так звані локальні стратегії можливих варіантів планування їх діяльності. Обробка інформації локальних стратегій можлива із використанням різноманітних підходів – математичної обробки даних, експертного аналізу або графічного трактування. Вибір кращої сукупної стратегії діяльності учасників здійснюється за критерієм мінімізації витрат на їх діяльність.

Ключові слова: дорожнє господарство, учасники діяльності, локальні стратегії, комплексна оцінка.

Перелік посилань

1. Месарович М., Тахакара Я. Общая теория систем: Математические основы. — М.: Мир, 1978. —311 с.

2 .Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1979. – 399 с.

3. Дружинин В.В., Конторов Д.С Проблемы системологии. Проблемы теории сложных систем. – М.: Советское радио, 1976. – 296 с.

4. Соломатин Г.В., Беляев В.Ф. и др. Имитационное моделирование в оперативном управлении производством. – М.: Машиностроение, 1984. – 208 с

5. Шеннон Р. Имитационное моделирование – искусство и наука. – М.: Мир, 1978. – 302 с.

6.Лихоступ М.М. Довгострокове планування дорожнього господарства за оцінками дорожніх активів. Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 94. – Київ, 2015. – С.135 – 149.

7.Кизима С.С., Лихоступ М.М. Розвиток системи довгострокового планування дорожнього господарства. Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 97. – Київ, 2016. – С.103 – 113.

8. Лозниця В.В., Гезель М.Я., Канін О.П., Лихоступ М.М. Складові частини інформаційно – аналітичної системи управління дорожнім господарством України. Ж. Автошляховик України. №2. – Київ, 1999. – С.33 – 34.

УДК 339.138 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111- 351-363**
UDC 339.138

ЗМІНА ДЕСТРУКТИВНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ ПОВЕДІНКИ МЕШКАНЦІВ ПЕРЕДМІСТЬ НА ОСНОВІ ТОТАЛЬНОГО УПРАВЛІННЯ СПОЖИВЧОЮ ЦІННІСТЮ МАЯТНИКОВИХ ПОЇЗДОК ДО МІСТА

CHANGING OF THE SUBURBAN RESIDENTS DESTRUCTIVE TRANSPORT BEHAVIOR BASED ON TOTAL MANAGEMENT OF CUSTOMER VALUE OF THE PENDULUM TRIPS TO THE CITY



Бакалінський Олександр Вікторович, *доктор економічних наук, професор, Національний транспортний університет, Київ, Україна, anticrisiscrew@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0003-1215-7470

Анотація. Сервіси, в яких клієнтів обслуговують одночасно в одному просторі, потребують нових підходів до управління споживчою цінності послуги. Тотальне управління споживчою цінністю послуги є новою управлінською концепцією в сервісній галузі. На прикладі приміських поїздок автор доводить, що вона може бути дієвим інструментом управління споживчою і транспортою поведінкою людини. Спонукання власників – водіїв приватних автомобілів – до збільшення частоти користування громадським транспортом дозволяє зменшити обсяг шкідливих викидів, економити кошти на розбудову автомобільної інфраструктури, зменшити транспортну втому водіїв і пасажирів та підвищити безпеку руху. Запровадження виключно економічних заходів, спрямованих на зміну транспортної поведінки власників приватних автомобілів – мешканців передмість, здатні спричинити ефект у вигляді збільшення частки тих, хто користується громадським транспортом. Проте такий результат може виявитись тимчасовим, оскільки люди поступово повернуться до використання приватних автомобілів, якщо їх не задовольнятиме величина і зміст споживчої цінності транспортної послуги, яку пропонує приміський перевізник. Тож заради підвищення сталості ефекту такого переходу місцева і державна влада має спонукати приміського перевізника регулювати споживчу цінність транспортних послуг, які він надає, певним чином. На цьому шляху постає проблема вимірювання атит'юду людини до транспортної послуги, яку пропонує перевізник, та розробки на цій основі оптимального управлінського впливу (за бюджетом змін, часом втілення проекту, величиною корисного ефекту у вигляді переключень водіїв приватних автомобілів на користування громадським транспортом, комбінацією з цих критеріїв). Найбільший приміський транспортний потік у столицю України м. Київ генерує місто-супутник Бровари, тож транспортна ситуація тут є напруженою. Представлено результати маркетингового дослідження можливостей переключення водіїв приватних автомобілів на використання громадського транспорту в даному сполученні.

Ключові слова: зміна, деструктивна транспортна поведінка, приміські перевезення, маятникова поїздка, тотальне управління споживчою цінністю послуги, маркетингове дослідження

Постановка проблеми в загальному вигляді. Тотальне управління споживчою цінністю (СЦ) послуги є новою управлінською концепцією в сервісній галузі, її було запропоновано в 2017 р. [1]. Вона ґрунтується на розумінні утворення СЦ як різниці між перевагами і жертвами клієнта, процедурі

сегментації за напрямом пошуку клієнтом СЦ сервісу та визначенні ймовірності змін сервісної та споживчої поведінки.

Спонукання водіїв приватних автомобілів до збільшення частоти користування громадським транспортом (зміна їхньої транспортної поведінки) має кілька корисних ефектів – зменшення шкідливих викидів, зменшення витрат на розбудову автомобільної інфраструктури, зменшення транспортної втоми пасажирів і водіїв та підвищення безпеки руху.

Запровадження виключно економічних заходів, спрямованих на зміну деструктивної транспортної поведінки власників приватних автомобілів – мешканців передмість, здатне спричинити ефект у вигляді збільшення частки тих, хто користується громадським транспортом. Проте такий результат може виявитись тимчасовим, оскільки люди поступово повернуться до використання приватних автомобілів, якщо їх не задовольнятиме величина і зміст СЦ транспортної послуги, яку пропонує приміський перевізник.

Задля підвищення сталості ефекту такого переходу місцева і державна влада має спонукати приміського перевізника регулювати СЦ транспортних послуг, які він надає, відповідним чином. Такий вплив може реалізовуватись, наприклад, через умови конкурсів на перевезення за певним маршрутом.

На цьому шляху постає проблема вимірювання атит'юду людини до транспортної послуги, яку пропонує перевізник, та розробки на основі такої інформації заходів управлінського впливу, який буде оптимальним за цільовими критеріями: сталість ефекту, швидкість його отримання, сукупні витрати на досягнення результату тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми. Споживча цінність послуги є поняттям, яке широко застосовується в сервісній галузі [2]. Проте буденність використання і поширення цього терміну не означають, що концентрація розуміння його сутності практиками і науковцями є достатньою для виконання ним функцій сталої економічної категорії. Під "категорією" в широкому сенсі ми розуміємо основні класи буття і, відповідно, основні класи поняття про буття, їх властивості та відносини між ними.

В роботі [3] показано, що за тематикою СЦ послуг до 1940 р. було опубліковано 65 робіт, до 1990 р. їхня кількість подвоювалася кожних десять років. За період 1990-2000 рр. кількість праць зросла вже вшестеро, а за 2000-2010 рр. – у 3,5 рази. Сьогодні утворення унікальної для клієнта СЦ залишається потенційним джерелом переваг у конкурентній боротьбі [4]. Фактично СЦ є основною ідеєю існування фірми в сучасних умовах [5].

В історії розвитку цього терміну зустрічаємо такі найбільш виразні визначення:

- те, що було віддано клієнтом за переваги [6];
- сприйняті грошові витрати за набір економічних, технічних і соціальних переваг – наслідку обміну з фірмою [7];
- сприйняття покупцем цінності, яку представлено як різницю якості або переваг продукту і жертв, що складаються з оплати ціни [8];
- споживчої цінності як сприйнятої ринком якості, що співвідноситься з ціною вашого продукту [9].

Зоною консенсусу в даних дефініціях є те, що: СЦ відтворює не лише властивості послуги, а й ситуацію її отримання; СЦ має дуальну природу (цінність для організації – цінність для споживача); у сервісі СЦ є різницею між тим, що називають перевагами і жертвами клієнта.

Натомість зоною розбіжності є різноманітність точок зору на складові СЦ та наслідки її виникнення як результату взаємодії клієнта з надавачам послуги. Відповідно різняться їхні дефініції (якість, переваги, жертви, задоволення, інтенція, намір). Очевидно, що без визначення цих понять неможливо визначити й саму СЦ, тож на основі [1] стисло зробимо це нижче.

Під перевагами розуміють зростання поточного рівня добробуту клієнта внаслідок обслуговування, а жертвами вважають його зменшення. Під добробутом слід розуміти не лише матеріальний, а й моральний, психологічний, культурний, соціальний тощо. Задоволення – виникнення приємних емоцій від процесу та результатів обслуговування. Під інтенціями розуміємо спрямування потоку свідомості клієнта, що стало наслідком обслуговування. Намір - конкретний варіант споживчого вибору, що формується на основі інтенцій, як результату попереднього досвіду користування сервісом, та ситуативних чинників.

Клієнт не завжди бажатиме лише збільшення переваг, він може прагнути: лише зменшення жертв; лише зростання переваг; збалансованого як зростання, так і зменшення жертв і переваг. Загалом клієнта може цікавити не лише виграш, а й зменшення ймовірного програшу.

Ми бачимо таку логіку споживчої поведінки клієнта, що повторюється: різниця між сприйнятими жертвами і перевагами в результаті отримання послуги перетворюється на СЦ, виникає задоволення від обслуговування, а на його ґрунті – інтенція до повторної покупки, яка в майбутньому виступає фундаментом споживчого наміру.

Утримання клієнтів сервісною організацією досягається саме за рахунок повторюваності їхньої сервісної і споживчої поведінки. Повторюваність сервісної і споживчої поведінки клієнта забезпечується унікальним профілем СЦ послуги. Проте є очевидним, що взаємодія з провайдером послуги не здатна утворити максимально сприятливу унікальну СЦ для кожного з клієнтів. Особливо рельєфно це показують сервіси, де клієнтів обслуговують одночасно в одному просторі. Тож у перевезеннях пасажирів виникає завдання з пошуку такого профілю СЦ транспортної послуги, який слугуватиме компромісом між СЦ, які бажає здобути кожен з пасажирів у результаті взаємодії з перевізником. Вдалий пошук компанією-перевізником параметрів такої компромісної СЦ транспортної послуги забезпечує досягнення його ринкових та, як наслідок, економічних цілей.

Сьогодні 54% населення світу мешкає в урбанізованих зонах біля мегаполісів, а до 2050 р. ця частка зросте до 66% [10]. У Європейському союзі частка населення подібних агломерацій складає вже 75%, у них виробляється 85% національного валового продукту [10]. Без транспорту загального користування ці зони є важко досяжними, їх розвиток не є сталим, а населення не має рівних можливостей з городянами.

Різноманітні заборонні заходи, економічна протидія поїздкам до міста приватними автомобілями і поліпшення СЦ приміського транспорту покликані призводити до збільшення частоти використання транспорту загального користування. Це має сприяти зменшенню шкідливих викидів, економії коштів на розбудову автомобільної інфраструктури, зменшенню транспортної втоми учасників руху, підвищенню його безпеки [11]. Проте автомобілізація населення, недолуге управління інфраструктурою і транспортом загального користування в Україні призвели до того, що переміщення людей із-за міської смуги до столиці перетворилося на проблему державної ваги. В столиці м. Києві зареєстровано 2,85 млн. людей – восьме місце за кількістю населення серед країн Європи. Фактично ж у ньому мешкає 10% населення країни – 3,7 млн. В агломерації Києва проживають 5,2 млн. мешканців. Київ у 2020 р. посів 12 місце в світі та третє в Європі за рівнем заторів. За прогнозом у 2025 р. кияни та мешканці передмість витрачатимуть на поїздки вдвічі більше часу, ніж у 2020 р.

Найбільшим генератором приміського потоку до м. Києва є місто-супутник Бровари. Люди, які прямують до Києва з Броварів, обирають комбіновані поїздки «автобус – метро» та «приватний автомобіль – метро» або використовують лише приватні автомобілі протягом усієї подорожі.

На думку столичних чиновників ситуацію можуть поліпшити різноманітні обмеження на в'їзд автомобілів до міста, а також збільшення плати за паркування в місті.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Однак, на переконання автора, у приміському сполученні подібні заходи є лише частиною управління транспортною поведінкою людини. Люди не захочуть поступатись перевагами, які надає поїздка автомобілем, оскільки значний відтинок поїздки «передмістя – центр міста» лежить на під'їздах до міської смуги, де рух автомобіля не має перешкод у вигляді заторів. У випадках, коли автомобіль все-таки потрапляє в затор (наприклад, на в'їзді в місто), поруч з ним стоятиме і громадський транспорт (на приміських дорогах та міжміських трасах для нього не виділяють окремі смуги). Під час такої зупинки комфорт в автомобілі завжди переважатиме умови перебування в салоні громадського транспорту. Тобто, з точки зору результату поїздки (тривалості переміщення, часової гнучкості щодо початку поїздки, можливості обирати маршрут), у приміському сполученні водій приватного автомобіля виграє більше порівняно з громадським транспортом, ніж у поїздках містом. Процес переміщення у приміському сполученні (наприклад, показники комфорту), як було зазначено вище, практично завжди буде краще сприйматися людиною при поїздках автомобілем. Виключення може становити більша транспортна втома – наслідок необхідності керувати автомобілем у складних дорожніх умовах. Тож вагомим чинником змін транспортної поведінки мешканця передмістя – власника приватного автомобіля – крім збільшення його витрат на поїздку, має стати поліпшення умов перевезень пасажирів у групових способах переміщення в просторі, іншими словами, зміна їхньої СЦ.

Практичні заходи, розроблені на основі концепції тотального управління СЦ послуги, можуть стати дієвим інструментом управління потоком пасажирів, що автор й намагається довести даною роботою.

Відповідно **метою** даної роботи є розробка та випробовування інструментарію маркетингових досліджень, який дозволяє зібрати інформацію щодо мотивів вибору мешканцем передмістя між транспортом загального користування та приватним автомобілем при здійснені ним маятникових поїздок до міста. Ця інформація слугуватиме основою тотального управління СЦ транспортної послуги приміського перевізника, а результатом такого управління – зменшення частоти користування приватним автомобілем при здійснені приміських поїздок. Ефект у вигляді переключень на користування громадським транспортом має досягатись із дотриманням цільових критеріїв – його величини, швидкості отримання та сукупних витрат.

Методи. Покажемо далі дизайн дослідження і методи, які було використано в дослідженнях. Управлінська проблема [12], яка виникає перед управлінцями приміських перевізників та місцевою владою під час інтенсивної автомобілізації населення, зводиться до пошуку параметрів впливу на транспортну поведінку подорожуючих у приміському сполученні таким чином, щоб частка пасажиропотоку, що переміщується громадським транспортом, збільшувалась.

Проблема, що потребує досліджень [12], є частиною управлінської і полягає в тому, що управлінці підприємств-перевізників та місцевої влади не мають відомостей, за якого змісту та величини СЦ поїздки «передмістя-місто» як автомобілем, так і транспортом загального користування людина, яка є власником приватного авто, віддаватиме перевагу громадському транспорту.

Просторовими границями маркетингового дослідження визначено рух за маршрутом м. Бровари – м. Київ. Дослідження транспортної поведінки пасажирів та водіїв обмежувалось лише буднями, тобто акцент було зроблено на маятникові поїздки до міста. Суб'єктами опитувань ставали ті люди, які використовують задля поїздок до міста як громадський транспорт, так і приватний автомобіль. Автора цікавили різноманітні мотиви, що спонукають людину вибирати один зі способів переміщення в приміському сполученні – приватний автомобіль чи громадський транспорт.

Логіка маркетингових досліджень полягала в наступному. Спочатку потрібно було на питання щодо величини збільшення вартості приміської поїздки, яка може спонукати людину відмовитись від використання автомобіля та перейти до обслуговування громадським транспортом, результати можна знайти в іншій роботі автора [13]. Після вимірювались зміст та величина СЦ приміських поїздок як автомобілем, так і громадським транспортом. Це дало змогу визначити негаразди транспортного обслуговування; порівняти СЦ поїздок різними способами; відшукати мотиви, які приведуть до бажаної зміни транспортної поведінки. На ґрунті таких вимірювань проведено процедуру сегментації, з якої видно, на яких групах подорожуючих має бути зосереджено управлінські зусилля менеджерів приміських перевізників та місцевої влади; які мотиви рухають поведінку людей – представників сегментів; наскільки потужною має бути мотивація до змін. Сегментація проводилась за бажаними напрямами пошуку людиною СЦ приміських поїздок. Процедуру такої сегментації запропоновано і розкрито в монографії [1].

Розширений зміст СЦ приміських поїздок різними способами було сформовано в ході розвідувальних досліджень на основі попередньої роботи [14]. Критерієм виключення елементів СЦ з розширеного списку була перевірка тесту на гомогенність [15]. Вона виконувалась шляхом обрахунку коефіцієнту альфа Кронбаха [16]. Гомогенність питань тесту щодо поїздки приватним автомобілем характеризувалась величиною коефіцієнту альфа Кронбаха – 0,73, а подорож у приміському сполученні громадським транспортом – 0,81.

Сприйняття респондентами елементів, що утворюють переваги, жертви і СЦ приміських поїздок двома способами – автомобілем та громадським транспортом – вимірювалось в опитуваннях за класичною шкалою Лікерта [17]. Оскільки кількість питань у шкалі Лікерта щодо поїздок автомобілем і громадським транспортом відрізнялась, виконувалась процедура нормування за максимумом можливих пунктів (балів). Це дало можливість порівнювати між собою переваги, жертви і СЦ поїздок приватним автомобілем і громадським транспортом.

Ймовірність переходу власника приватного автомобіля до використання громадського транспорту в приміських поїздках оцінювалась за модифікованою шкалою семантичного диференціалу [12, p. 382]. Розподіл респондентів за їхніми оцінками щодо ймовірності збільшення частки користування ними громадським транспортом показує поточну ситуацію та дозволяє досліднику й

управлінцю зрозуміти, наскільки значною є частка тих, на кого можна вплинути за допомогою регулювання СЦ приміських поїздок. Сила кореляційного зв'язку між ймовірністю переходу та нормованою СЦ поїздок різними способами дає змогу визначити пріоритетні напрями управлінського впливу на СЦ.

Опитування проводились в м. Бровари з допомогою студентів та аспіранта Національного транспортного університету. Кількість респондентів випадкової вибірки склала 245 осіб.

Загалом результати досліджень покликані раціоналізувати пошук напрямів і параметрів управлінського впливу, за яких він буде оптимальним за одним чи кількома критеріями з переліку: бюджет змін, час втілення проекту, величина корисного ефекту у вигляді переключень водіїв приватних автомобілів на користування громадським транспортом.

Виклад основного матеріалу. Результати опитувань сприйняття респондентами елементів (атрибутів) СЦ приміських поїздок автомобілем і громадським транспортом показано в табл. 1 та 2.

Таблиця 1 – Сприйняття атрибутів споживчої цінності приміської поїздки громадським транспортом
Table **1**– Perception of attributes of customer value of a suburban trip by public transport

Атрибути переваг	Середні значення за масивом, пункти за шкалою Лікерта	Атрибути жертв	Середні значення за масивом, пункти за шкалою Лікерта
Зрозумілість і читабельність розкладу	2,3	Тривала пішохідна частина подорожі	3,7
Зручність розкладу руху	1,9	Втрата часу через затор	4,7
Зручність місця очікування	0,5	Відмова в посадці через заповнений салон	4,1
Зручність придбання квитків	2,1	Відчуття цейтноту	3,7
Готовність персоналу допомагати	3,9	Сукупні прямі грошові витрати на поїздку	2,7
Чистота салону транспортного засобу	3,1	Незручні місця розміщення пасажирів у салоні	3,5
Можливість займатися власними справами в дорозі (користуватись смартфоном, читати)	3,9	Тиснява в салоні	4,3
Незначний ризик втрати здоров'я внаслідок ДТП	4,3	Фізична втома від поїздки	4,1
Споживча цінність - середнє значення за масивом, пункти за шкалою Лікерта			-8,8

З табл.1, 2 випливає, що як автомобільні, так і поїздки громадським транспортом у сполученні Бровари – Київ породжують від'ємну середню СЦ. Тож транспортну ситуацію на цьому маршруті з точки зору інтересів усіх учасників пасажирського руху слід вважати незадовільною.

Задля порівняння жертв, переваг і СЦ поїздок громадським транспортом і приватним автомобілем їхні значення було нормовано за максимумом пунктів та зведено до табл. 3.

З нормованих величин у табл. 3 видно, що величина жертв при поїздках автомобілем та громадським транспортом у приміському сполученні практично однакова (0,77 та 0,79), натомість автомобіль дає значно більше переваг (0,75 проти 0,55 у громадського транспорту).

Ймовірність збільшення частоти користування респондентами громадським транспортом оцінювалась за семантичним диференціалом, як показано на рис. 1

Таблиця 2 – Сприйняття атрибутів споживчої цінності приміської поїздки приватним автомобілем
Table 2 – Perception of attributes of customer value of a suburban trip by private car

Атрибути переваг	Середні значення за масивом, пункти за шкалою Лікерта	Атрибути жертв	Середні значення за масивом, пункти за шкалою Лікерта
Незначна відстань до місця паркування автомобіля при виїзді з дому	4,6	Втрата часу через затор	4,8
Задоволення від керування	3,5	Відчуття цейтноту	4,1
Комфорт у салоні автомобіля	4,4	Сукупні прямі грошові витрати на поїздку (паливо і паркування)	3,9
Збереження приватного простору	4,8	Фізична втома (хронічні хвороби) від керування автомобілем	4,1
Можливість слухати музику без обмежень	3,9	Необхідність концентрації уваги, що пов’язана з дотриманням правил дорожнього руху	3,8
Можливість спілкуватись голосовим телефонним зв’язком без обмежень	3,2	Загроза втрати майна внаслідок ДТП	3,5
Наявність місця парковки в місті	1,9	Загроза втрати здоров’я внаслідок ДТП	3,4
Споживча цінність - середнє значення за масивом, пункти за шкалою Лікерта			-1,3

.

Оскільки дослідження проводились у формі інтерв’ю, то інтерв’юер наочно демонстрував респонденту картку зі шкалою семантичного диференціалу і просив визначитись з реакцією за допомогою позначки у відповідному діленні шкали. Розподіл ймовірності переходу водіїв приватних автомобілів до використання громадського транспорту в приміських поїздках за їхньої поточної СЦ представлено на рис. 2.

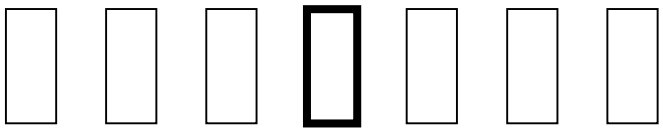
Як видно з даного розподілу, лише 23 % респондентів планують збільшувати частоту поїздок з Броварів до Києва громадським транспортом, 63 % – зменшувати, а 14% – не прагнуть будь-яких змін.

Таблиця 3 – Нормовані значення переваг, жертв і споживчої цінності приміських поїздок громадським транспортом і приватним автомобілем
Table 3 – Normalized values of benefits, sacrifices and customer value of suburban trips by public transport and private car

Спосіб переміщення в приміському сполученні	Нормоване середнє значення переваг за масивом, пункти за шкалою Лікерта	Нормоване середнє значення жертв за масивом, пункти за шкалою Лікерта	Нормоване середнє значення споживчої цінності поїздки за масивом, пункти за шкалою Лікерта
Громадський транспорт	0,55	0,77	-0,22
Приватний автомобіль	0,75	0,79	-0,04
Різниця сприйнятої споживчої цінності приміських поїздок автомобілем і громадським транспортом			0,18

Чи плануєте Ви збільшувати частку поїздок громадським транспортом для подорожей Бровари - Київ? Поставте відмітку на шкалі, що відповідає ймовірності такої дії. По середені шкали знаходиться поточна частка ваших поїздок громадським транспортом.

Частота моїх поїздок громадським транспортом порівняно з поточною зменшиться



Частота моїх поїздок громадським транспортом порівняно з поточною збільшиться

Рисунок 1 – Шкала оцінки ймовірності збільшення частоти користування респондентами громадським транспортом

Figure 1 – Scale for estimating of probability of increasing of the frequency of public transport using by respondents

При прогнозуванні транспортної поведінки людини найбільш важливою є відповідь на пошукове питання: «Яким є зв'язок між різницею нормованої СЦ поїздки автомобілем та нормованої СЦ поїздки громадським транспортом з ймовірністю збільшення частоти користування груповим способом перевезень?». Її було отримано за наступною процедурою:

1) нормуються величини СЦ поїздок як автомобілем, так і громадським транспортом, що відповідають ставленню кожного окремого респондента;

2) обраховується різниця між цими величинами (як відстань);

3) визначається коефіцієнт лінійної кореляції між такою різницею та ймовірністю збільшення частоти користування громадським транспортом за всім масивом респондентів;

4) одержану величину коефіцієнту кореляції оцінено за порядковою шкалою Чеддока [18]: 0,1–0,3 – слабкий; 0,3–0,5 – помірний; 0,5–0,7 – помітний; 0,7–0,9 – сильний; 0,9–0,99 – вельми сильний.

Він виявився сильним – (0,73). Тож бачимо, що вибір способу переміщення з передмістя до міста сильно залежить від різниці між СЦ, які людина здобуває в приватному автомобілі та громадському транспорті. З певними обмеженнями можна зробити висновок, що при зменшенні такої різниці мешканець передмістя буде частіше вибирати громадський транспорт.

В якості критерію сегментації було обрано напрям пошуку людиною величини і змісту СЦ поїздки певним способом – приватним автомобілем чи громадським транспортом. Будь-яка інша основа сегментації не даватиме достатньої повноти управлінської інформації [1]. У табл. 4 представлено оброблені дані опитувань щодо сегментації.

Очевидно, що зміна СЦ в напрямку, коли жертви зростають (Ж+), а переваги зменшуються (П–) є небажаною для клієнта (див. табл. 4). Проте дослідник має врахувати частку респондентів, які саме так сприймають атрибути СЦ. Нижче пояснимо, чому так відбувається.

Атрибути жертв й переваг мають властивість змінювати свою приналежність при різних сервісних ситуаціях. Наприклад, крізь розбите вікно автобусу в салоні утворився протяг. Одна людина сприймає його негативно через можливість застуди, а інша радіє через приємне охолодження. Крім того, психологічні установки людини теж можуть збільшувати різницю між модулями сум оцінок атрибутів жертв і переваг. Тож така комбінація все-таки може зустрічатись при обробці даних опитування і є природньою вадою розбудови його дизайну. Проте, на думку автора, чим краще дослідник визначить зміст жертв і переваг, що утворюють СЦ певної послуги в чітко визначеній сервісній ситуації, тим, ймовірно, меншою буде частка таких «парадоксальних» результатів.

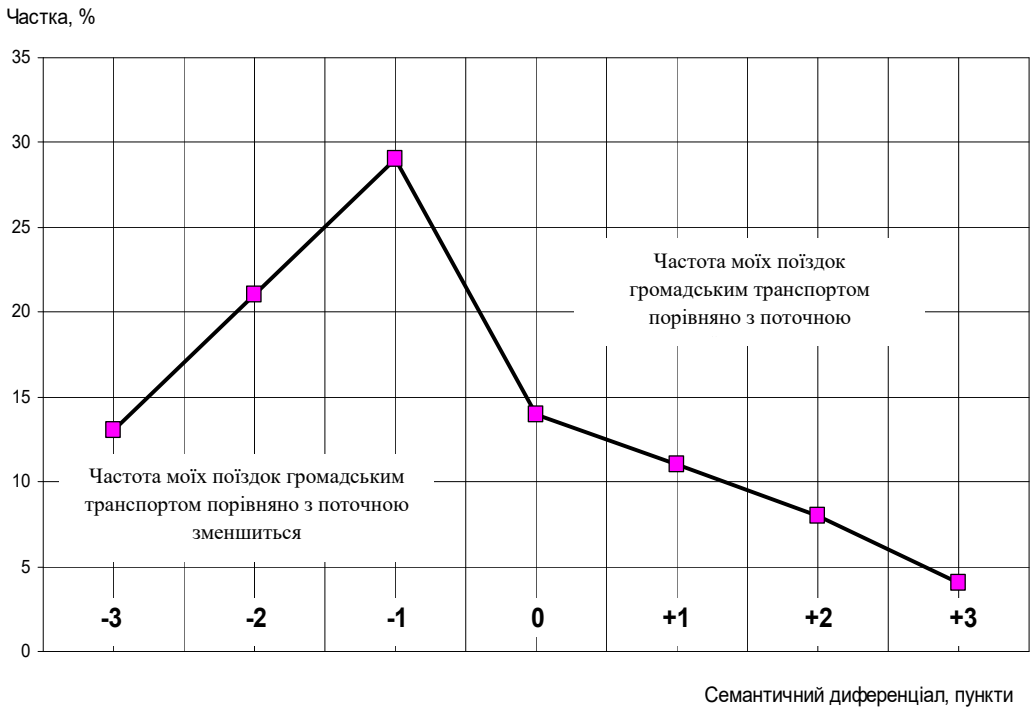


Рисунок 2 – Розподіл ймовірності переходу водіїв приватних автомобілів до використання громадського транспорту в приміських поїздках
Figure 2 – Distribution of the probability of private car drivers switching to public transport on suburban trips

Далі визначимо три найважливіші атрибути переваг і жертв приміських поїздок. З табл. 1 випливає, що найбільшими жертвами людини, яка користується громадським транспортом, є втрата часу через затор разом із відчуттям цейтноту, тиснява в салоні та відмова в посадці через заповнений салон (неможливість надати послугу через нестачу потужності сервісу). Найбільшими перевагами громадського транспорту респонденти вважають готовність персоналу допомагати, можливість займатись власними справами в дорозі (не витрачати дарма час) та чистоту салонів транспортних засобів. Натомість люди потребують пристосованих місць очікування транспорту, зручного розкладу та поліпшень у придбанні проїзних документів. Одержана нами комбінація середніх величин атрибутів переваг і жертв призводить до того, що СЦ поїздок транспортом є від'ємною (–8,8).

Таблиця 4 – Величини сегментів (часток) подорожуючих у приміському сполученні за напрямом пошуку ними споживчої цінності поїздки приватним автомобілем та громадським транспортом, %
Table 4 – Segment's size (shares) of commuters identified by desirable vectors of customer value of private car and public transport trips, %

Величини жертв та переваг	Спосіб переміщення в пприміському сполученні	
	Приватний автомобіль	Громадський транспорт
Ж+, П+	37	9
Ж–, П+	31	52
Ж–, П–	23	34
Ж+, П–	9	5

Примітка. Людина шукає: «Ж+» - збільшити жертви; «П+» - збільшити переваги; «Ж–» - зменшити жертви; «П–» - зменшити переваги.

У табл. 2 бачимо, що три найбільші жертви водіїв приватних автомобілів складаються втрати часу через затор, відчуття цейтноту та фізичної втоми від керування автомобілем. Найбільшими перевагами вони вважають збереження приватного простору, зручність поїздки при виїзді з дому через

незначну відстань до місця паркування автомобіля, комфорт у його салоні. Різниця сум середніх величин переваг і жертв водіїв теж робить СЦ поїздок автомобілем від'ємною (–1,3).

Перехресний аналіз даних у табл. 1 та 2 підтверджує, що людину в приміських поїздках найбільше непокоїть ризик втрати часу через затори та збереження певного рівня приватності.

Різниця між нормованими значеннями сприйнятих СЦ приміських поїздок автомобілем і громадським транспортом показує, наскільки по-різному респондент сприймає СЦ способів переміщення в приміському сполученні (табл. 3). За одержаних в дослідженні різниць між нормованими величинами жертв і переваг приміських поїздок різними способами (табл. 3) буде вкрай важко спонукати власника приватного автомобіля користуватись у приміському сполученні громадським транспортом: людина має зробити вибір між поганим і дуже поганим.

Також було визначено, що велика частка тих, хто планує зменшити частку поїздок громадським транспортом, висловлює відносно невелику ймовірність таких подій. Частково це можна пояснити тим, що люди й бажали б пересісти на власний транспорт, але не мають змоги через обмежену платоспроможність (придбання автомобіля); відсутність доріжок для персонального транспорту (велосипед, електричний самокат тощо); неможливість паркувати такий персональний транспорт на кінцевій станції метрополітену і т.п.

З величини коефіцієнту лінійної кореляції між різницею СЦ поїздок автомобілем і громадським транспортом та ймовірністю збільшення частоти користування громадським транспортом за всім масивом респондентів (0,73) випливає, що на вибір способу поїздок в приміському сполученні значний вплив спричиняє відчуття людиною різниці умов та обставин переміщення в просторі в автомобілі та громадським транспортом, а також – постійна наявність альтернативи подорожі громадським транспортом у вигляді приватного автомобіля. Такий висновок є узагальненим, він у цілому характеризує транспортну поведінку всіх сегментів, з яких складається маятниковий приміський потік. Тож завданням подальших досліджень у даному контексті автор бачить встановлення залежностей між оцінкою ймовірності переходу до користування громадським транспортом різних сегментів людей – представників групи маятникової міграції населення передмість: залежно від величин атрибутів жертв і переваг поїздок, якими їх сприймає людина; способу поїздок, який вона переважно обирає (груповий або індивідуальний); її майнового і соціального стану; сфери зайнятості; рис особистості тощо.

Як видно з табл. 4, 37% водіїв задоволені СЦ поїздок повною мірою. Якби жертви поїздок автомобілем було зменшено, до задоволених може потенційно доєднатись ще 31%. Звідси випливає парадоксальний висновок – поліпшення дорожньої інфраструктури за всіх сьогоднішніх умов буде призводити до погіршення ситуації, частка приватних автомобілів у маятниковому потоці з передмість стане більшою.

Переваги поїздки автомобілем влаштовують 68% водіїв. Результати аналізу атрибутів СЦ поїздок автомобілем показують, що зменшити атрибути переваг неможливо через саму їхню природу. Тож пріоритетним напрямом боротьби з поїздками приватним автомобілем слід вважати збільшення жертв водіїв. Очевидно, що такий управлінський вплив можуть забезпечити рішення місцевої та (або) державної влади, а підприємство-перевізник матиме вельми обмежений вплив на них, наприклад, за рахунок лобіювання власних інтересів в органах влади.

Однак реалізація таких заходів призведе до збільшення бажаючих користуватись громадським транспортом, і це вплине на оцінку людиною СЦ послуг перевізника. Тож як має реагувати перевізник, регулюючи величину і зміст СЦ транспортних послуг? Покажемо це далі.

З другого стовпчика табл. 4 випливає, що лише кожний одинадцятий пасажир задоволений СЦ громадського транспорту (9%), що в чотири рази менше, ніж для поїздок автомобілем. Переваги поїздки громадським транспортом влаштовують 61% респондентів, а жертви не влаштовують 86%. Тож логічним напрямом управлінських зусиль перевізника має стати першочергове зменшення жертв пасажирів, а лише після цього – збільшення їхніх переваг.

З аналізу даних табл. 4 випливає, що пріоритетним з точки зору величини виникнення очікуваного ефекту, що полягатиме в зменшенні частоти користування приватним автомобілем при здійсненні приміських поїздок, є сегменти людей, які сприймають СЦ поїздок приватним автомобілем як Ж+П+ та Ж–П+, а громадським транспортом як Ж+П+ та Ж–П–. Сукупна частка таких сегментів складе відповідно 68% та 61%.

Проте залишається незрозумілим, які саме атрибути СЦ приміської поїздки громадським транспортом підлягають першочерговому поліпшенню у виділеному нами сегменті. Тож на рис. 3 показано структуру сприйняття респондентами з цього сегменту атрибутів СЦ приміської поїздки

громадським транспортом, які отримали оцінки «негативне сприйняття» або «скоріше негативне сприйняття» та, як наслідок, потребують першочергових поліпшень. На цій стадії аналізу атрибути СЦ вже не варто ділити на жертви і переваги клієнта.



Рисунок 3 – Структура сприйняття респондентами з цільового сегменту атрибутів СЦ приміської поїздки громадським транспортом, які отримали оцінки «негативне сприйняття» або «скоріше негативне сприйняття»

Figure 3 – The structure of the opinion of respondents from the target segment identified by attributes of suburban trip by public transport CV, that received points "negative perception" or "rather negative perception"

Швидкість, сталість та витрати на досягнення ефекту можуть бути оцінені шляхом аналізу запланованих практичних заходів зі зміни обраних атрибутів СЦ.

З порівняння сприйняття атрибутів СЦ всім масивом респондентів (див. вище аналіз даних табл. 1 та 2) зі сприйняттям представниками цільового сегменту (див. рис. 2) видно, що вони відрізняються. Тож висновки, які могли б зробити управлінці підприємства-перевізника без процедури сегментації за напрямами пошуку респондентом СЦ поїздки, а лише за даними табл. 1 та 2, виявились би хибними. Більше того, лише такий підхід до сегментації дає повну інформацію щодо змін в елементах СЦ, що даватимуть найбільший, найшвидший, найдешевший ефекти або їхню комбінацію. Крім того, управлінці підприємства-перевізника мають враховувати, в якому місці сервісного процесу діють атрибути (елементи) СЦ, що сприймаються пасажирами негативно, та мати на увазі можливість змін елементів у тих точках сервісного процесу, де виникають критичні події, накопичується негативне враження людини, чи вона відчуває брак інформації щодо умов надання сервісу [19].

Висновки

1. Подолання автомобілецентризму при розбудові дорожньо-транспортної інфраструктури, зменшення шкоди довкіллю, підвищення транспортної безпеки є можливими переважно завдяки змінам деструктивної транспортної поведінки людини, яка віддає перевагу приватному автомобілю. Суспільно корисним ефектом є збільшення частки тих, хто користується громадським транспортом на заміну приватного автомобіля. Величина і зміст СЦ поїздок до міста приміським громадським транспортом, а не лише монетарні витрати й час, стають особливими чинниками транспортної поведінки людини.

2. Людина вибиратиме такий спосіб переміщення в просторі, який потенційно даватиме їй бажані комбінації найбільшої СЦ та (або) найменших жертв та (або) найбільших переваг. Точка зору, що пасажир завжди прагне досягнути найбільшої споживчої цінності транспортної послуги, є помилковою через існування різноманітних порогів прийняття рішень щодо способу переміщення в просторі.

3. Схожість транспортної поведінки представників одного сегменту в даному дослідженні забезпечувалась завдяки вибору вірної основи сегментації – напряму, в якому людина очікує отримати СЦ приміської поїздки.

4. Найбільшими жертвами людини, яка користується громадським транспортом, є втрата часу через затор разом із відчуттям цейтноту, тиснява в салоні та відмова в посадці через заповнений салон. Найбільшими перевагами громадського транспорту респонденти вважають готовність персоналу допомагати, можливість займатись власними справами в дорозі та чистоту салонів транспортних засобів. Натомість люди потребують пристосованих місць очікування транспорту, зручного розкладу та поліпшень у придбанні проїзних документів. СЦ поїздок транспортом є від'ємною (–8,8).

5. Три найбільші жертви водіїв приватних автомобілів складаються з втрати часу через затор, відчуття цейтноту та фізичної втоми від керування автомобілем. Найбільшими перевагами вони вважають збереження приватного простору, зручність поїздки при виїзді з дому через незначну відстань до місця паркування автомобіля, комфорт у його салоні. СЦ поїздок автомобілем є від'ємною (–1,3), але вона є значно ліпшою, ніж у громадського транспорту.

6. З нормованих величин СЦ поїздок видно, що величина жертв при поїздках автомобілем та громадським транспортом у приміському сполученні практично однакова (0,77 та 0,79), натомість автомобіль дає значно більше переваг (0,75 проти 0,55 в громадського транспорту). За такої різниці буде вкрай важко спонукати власника приватного автомобіля користуватись у приміському сполученні громадським транспортом.

7. Розподіл ймовірності переходу водіїв приватних автомобілів до використання громадського транспорту в приміських поїздках за їхньої поточної споживчої цінності показує, що лише лише 23 % респондентів планують збільшувати частоту поїздок з Броварів до Києва громадським транспортом, 63 % – зменшувати, а 14% – не прагнуть будь-яких змін.

8. Напрямом управлінських зусиль перевізника має стати першочергове зменшення жертв пасажирів, а лише після цього – збільшення переваг.

Загальний висновок. Концепція тотального управління споживчою цінністю послуги є надійною основою розробки заходів, що мають на меті зміну деструктивної транспортної поведінки мешканців передмість.

Перелік посилань

1. Бакалінський О. В. Тотальне управління споживчою цінністю послуги. Нова концепція, яка розширює практичні можливості маркетингу сервісу / О. В. Бакалінський. – К: ДУІТ, 2017. – 140 с.

2. Лавлок К. Маркетинг услуг: персонал, технологии, стратегии: [пер. с англ.] / Кристофер Лавлок. – 4-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 1008 с.: ил. – ISBN 5–8459–0648–2 (рус.).

3. Сучасні підходи до визначення сутності споживчої цінності послуги / О. В. Бакалінський, В. Ю. Ільченко, Е. Зарбалізаде // Причорноморські економічні студії, науковий журнал, випуск 54.-Одеса: Причорноморський науково-дослідний інститут економіки та інновацій, 2020, с. 68-74.

4. Woodruff, R. B.: Customer value: The next source for competitive advantage / Journal of the Academy of Marketing Science 25, 1997, pp. 139–153.

5. Slater, S. F. Developing a customer value-based theory of the firm / Journal of the Academy of Marketing Science 25, 1997, pp. 162–167.

6. Zeithaml, Valarie A.: Consumer Perceptions of Price, Quality, and Value: A Means-End Model and Synthesis of Evidence / Journal of Marketing 52 (3), 1998, pp. 2–22.
7. Anderson, James C., Dipak, C. Jain, Pradeep, K. Chintagunta: Customer Value Assessment in Business Markets: A State-of-Practice Study / Journal of Business to Business Marketing 1, 1993. pp. 3–29.
8. Monroe, Kent B.: Pricing: Making Profitable Decisions.- New York: McGraw-Hill, 1990.
9. Gale, Bradley T. Managing Customer Value. - New York Free Press, 1994.
10. Botzoris, G., Galanis, A., Profillidis, V., Eliou, N. Commuters Perspective on Urban Public Transport System Service Quality / WSEAS Transactions on Environment and Developmen 11, 2015 pp. 182–192.
11. Вучик Р. Вукан. Транспорт в городах, удобных для жизни / пер. с англ. А. Калинина под научн. ред. М. Блинкина.- М: Территория будущего, 2011. – 576 с.
12. Черчилль Г. А. Маркетинговые исследования / Гилберт А. Черчилль. – СПб.: Питер, 2000. – 752 с.: ил. – (Маркетинг для профессионалов). – ISBN 5–8046–0191–1.
13. Bakalinsky, O., Ilchenko, V., Zarbalizade, E., Zaplitna, T.: Monetary Factors of Suburbs Residents' Transport Behavior Change: Experience of Ukraine / International Conference on Sustainable Innovation in Mechanical Engineering, ICSIME-2K21. Faculty of Engineering & Technology, Rama University Uttar Pradesh, Kanpur, India, 2021.
14. Бакалінський О. В. Детермінанти споживчої цінності перевезень пасажирів // Вісник економіки транспорту і промисловості: зб. наук. пр. – Харків: УКРДАЗТ, 2013. – № 44. – С.34–38.
15. Дюк В.А. Компьютерная психодиагностика / В. А. Дюк.; – СПб.: Братство, 1994. – 364 с. – ISBN 5–87918–027–1.
16. Cronbach L.J.: Coefficient alpha and the internal structure of tests / Psychometrika 16 (3), 1951, pp. 297–334.
17. Likert R. A Technique for the Measurement of Attitudes / Archives of Psychology 140, 1932, pp. 1–55.
18. Елисеева И.И. Общая теория статистики / И.И. Елисеева, М.М. Юзбашев. – М.: Финансы и статистика, 1995. – 368 с. – ISBN 5–279–01181–9.
19. Bakalinsky, O., Lozhachevska, O., Ilchenko, V., Kovalenko, N.: Analysis of Trajectory of Client's Attitude Formation in Managerial Decisions for Improving the Customer Service Value / The Importance of New Technologies and Entrepreneurship in Business Development: In The Context of Economic Diversity in Developing Countries, Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 194, 2021, pp. 1947-1957.

CHANGING OF THE SUBURBAN RESIDENTS DESTRUCTIVE TRANSPORT BEHAVIOR BASED ON TOTAL MANAGEMENT OF CUSTOMER VALUE OF THE PENDULUM TRIPS TO THE CITY

Bakalinsky Oleksandr V., Doctor of Economics, National Transport University, Kyiv, Ukraine, anticrisiscrew@gmail.com, *https://orcid.org/0000-0003-1215-7470*

Abstract. Services, where clients are served simultaneously in one space, require new approaches for customer service value management. Total customer service value management is a new management concept in the service industry. On the example of suburban passenger transportation, the author to prove that it can be an effective tool for customer and transport behavior management. Encouraging drivers of private cars to increase the frequency of public transport usage can reduce harmful emissions, reduce cost of the development of car infrastructure, reduce drivers' and passengers' transport fatigue and increase traffic safety. The implementation of purely economic measures aimed at private car owners' (residents of the suburbs) transport behavior change, can have the effect of increasing the share of those who use public transport. However, this effect may be temporary, as people will gradually return to usage of private cars if they are not satisfied with the value and content of transport customer service value offered by the suburban passenger carrier. Therefore, in order to increase the sustainability of such switching effect, local and state authorities should encourage the suburban carrier to regulate the customer service value of transportation service provided by it, in a certain way. In this way there is a problem of measuring human attitudes to the transportation service offered by the carrier, and developing on this basis the optimal management influence (budget of changes, project implementation time, the magnitude of the effect of switching drivers of private cars to use public transport, combination of these optimization criteria). The largest suburban traffic flow to the capital of Ukraine, Kyiv, is generated by the

satellite town Brovary, so the transport situation here is tense. The marketing research results of the possibilities of private cars drivers switching to the use of public transport in this connection are presented.
Keywords: changing, destructive transport behavior, suburban transportation, pendulum trip, total management of the customer srvice value, marketing research.

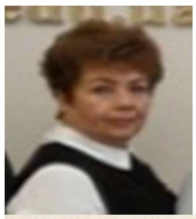
References

1. Bakalinsky, O. V.: Total management of the customer service value. DUIT, Kyiv (2017). [in Ukrainian].
2. Lovelock, C., Wirtz, J.: Services marketing: people, technology, strategy. 8th edn. Hackensack, N.J. (2016). [in Russian].
3. Bakalinsky, O., Ilchenko, V., Zarbalizade, E.: The modern approaches to definition of customer service value. Prychornomors′ki ekonomichni studiyi 54, 68-74 (2020). [in Ukrainian].
4. Woodruff, R. B.: Customer value: The next source for competitive advantage. Journal of the Academy of Marketing Science 25, 139–153 (1997). [in English].
5. Slater, S. F.: Developing a customer value-based theory of the firm. Journal of the Academy of Marketing Science 25, 162–167 (1997). [in English].
6. Zeithaml, Valarie A.: Consumer Perceptions of Price, Quality, and Value: A Means-End Model and Synthesis of Evidence. Journal of Marketing 52 (3), 2–22 (1998). [in English].
7. Anderson, James C., Dipak, C. Jain, Pradeep, K. Chintagunta: Customer Value Assessment in Business Markets: A State-of-Practice Study. Journal of Business to Business Marketing 1, 3–29 (1993). [in English].
8. Monroe, Kent B.: Pricing: Making Profitable Decisions. McGraw-Hill, New York (1990). [in English].
9. Gale, Bradley T.: Managing Customer Value. Free Press, New York (1994). [in English].
10. Botzoris, G., Galanis, A., Profillidis, V., Eliou, N.: Commuters Perspective on Urban Public Transport System Service Quality. WSEAS Transactions on Environment and Developmen 11, 182–192 (2015). [in English].
11. Vuchic, Vukan R.: Transportation for Livable Cities. 1st edn. Routledge (1999). [in Russian].
12. Churchill, G. A.: Marketing Research Methodological Foundation. 5th Edition. Dryden Press, New York (1991). [in Russian].
13. Bakalinsky, O., Ilchenko, V., Zarbalizade, E., Zaplitna, T.: Monetary Factors of Suburbs Residents' Transport Behavior Change: Experience of Ukraine. International Conference on Sustainable Innovation in Mechanical Engineering, ICSIME-2K21. Faculty of Engineering & Technology, Rama University Uttar Pradesh, Kanpur, India (2021). [in English].
14. Bakalinsky, O.: Determinants of consumer value of passenger transportation. Visnyk ekonomiky transportu i promyslovosti 44, 34–38 (2013). [in Ukrainian].
15. Duke, V.A .: Computer psychodiagnostics. Bratstvo, St. Petersburg (1994). [in Russian].
16. Cronbach, L.J.: Coefficient alpha and the internal structure of tests. Psychometrika 16 (3), 297–334 (1951). [in English].
17. Likert, R.: A Technique for the Measurement of Attitudes. Archives of Psychology 140, 1–55 (1932).
18. Eliseeva, I.I., Yuzbashev, M.M .: General theory of statistics. Finance and statistics, Moscow (1995). [in Russian].
19. Bakalinsky, O., Lozhachevska, O., Ilchenko, V., Kovalenko, N.: Analysis of Trajectory of Client's Attitude Formation in Managerial Decisions for Improving the Customer Service Value. In: Alareeni B., Hamdan A., Elgedawy I. (eds) The Importance of New Technologies and Entrepreneurship in Business Development: In The Context of Economic Diversity in Developing Countries. ICBT 2020. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 194, pp. 1947-1957. Springer, Cham (2021). [in English].

УДК 656.132.4 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111- 364-372**
UDC 656.132.4

ФОРМУВАННЯ ІННОВАЦІЙНОЇ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ СФЕРИ ГОСТИННОСТІ

FORMATION OF AN INNOVATIVE STRATEGY FOR THE DEVELOPMENT OF THE HOSPITALITY SPHERE



Іванчук Світлана.Іванівна, *кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри туризму, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна, e-mail: lana - 50@ukr.net,*

https/orcid.org/0000-0002-7280-2344



Компанець Катерина Андріївна, *кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри готельно - ресторанного бізнесу, Національний торгово-економічний університет, м. Київ, Україна, e-mail:ket13@ukr.net*

https/orcid.org/0000-0002-7189-2355



Міска Віктор Григорович, *кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри готельно - ресторанного бізнесу, Національний торгово-економічний університет, м. Київ, Україна, e-mail:* v.miska@knute.edu.ua,

https/orcid.org/0000-0003-2122-7661



Сидоренко Тетяна Миколаївна, *кандидат економічних наук, доцент кафедри готельно - ресторанного бізнесу, Національний торгово-економічний університет, м. Київ, Україна, e-mail:* t.sydorenko@knute.edu.ua,

https//orcid.org/0000-0003-2904-0826

Анотація. В статті досліджено сучасний стан ведення готельно-ресторанного бізнесу. Встановлено , що сучасні умови політичної і економічної кризи призвели до оновлення та переосмислення аспектів ділової активності підприємств гостинності. Так українські готелі, які з початком війни у багатьох містах виступають хабами для розміщення біженців, готують гарячі обіди для українських захисників та волонтерів, надають свої приміщення під склади гуманітарної допомоги, беруть участь у забезпеченні тилу під час військових дій та несе великі фінансові втрати з початком війни. Тобто наразі головна місія готелів стала забезпечення допомоги та захисту цивільного населення і підтримка військових. Така суттєва перебудова дала повитух до формування і реалізації інноваційної стратегії та розроблення рекомендацій щодо їх імплементації в діяльність суб'єкта готельного бізнесу.

Проаналізовано питання, щодо бачення проблеми у науковому світі. Так відображення в наукових працях не розкривають реалії сучасності ведення бізнесу. Інформативний опис та історико-теоретичний базис походження інноваційної стратегії дає підстави стверджувати, що науково технічний процес не стоїть на одному рівні. Саме зараз в умовах економічної і політичної кризи необхідно підприємствам формувати інноваційну стратегію своєї діяльності.

Доведено, що в сучасних умовах потрібен новий формат ведення готельно-ресторанного бізнесу. Таким чином у розширеній формі відзеркалено передові стратегічні впровадження у сфері гостинності та етапи формування портфелю сучасно-надійних проектів. Комбінація та інтеграція цілей бізнес-проектів висвітлена у аспектній блок – схемі «стратегічна карта». В стаття представлено головну парадигму формування стратегії розвитку готельних підприємств - постійний моніторинг

підприємницького середовища, органічне оволодіння стратегічним мисленням та методами управління, розрахованими на довгострокові перспективи. Тобто розроблені в статті пропозиції допоможуть готельєрам та рестораторам формувати інноваційний аспект ведення бізнесу, тим саме поступово виходити з кризи.

Ключові слова: сфера гостинності, стратегія, інновації, готельно - ресторанний бізнес, воєнний стан.

Постановка проблеми. Україна знаходиться в глибокій економічній кризі, що спричинено спочатку пандемією Covid19 і наразі вторгнення та окупацією РФ. Все це негативно вплинуло на роботу всіх галузей економіки країни.

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 ресторанного 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. Так українські готелі, які з початком війни у багатьох містах виступають хабами для розміщення біженців, готують гарячі обіди для українських захисників та волонтерів, надають свої приміщення під склади гуманітарної допомоги, беруть участь у забезпеченні тилу під час військових дій та несе великі фінансові втрати з початком війни [21]. Готельно-ресторанний бізнес як у період минулих років, такі зараз, перебуває у неочікуваних та несприятливих умовах. Нестабільність економічної та політичної ситуації в Україні, пандемічні обмеження, військова агресія ворога негативно позначаються на динаміці розвитку та функціонування суб'єктів готельно-ресторанної індустрії[9].

Тобто зважаючи на такий стан стає за необхідне формувати в цих умовах новий інноваційний шлях ведення бізнесу. Наразі для керівників сфери гостинності стає питання застосування стратегій, щодо виходу і підтримки бізнесу.

Аналіз і огляд останніх досліджень. Вивченням питань, щодо формування і впровадження інноваційних стратегій знайшло своє відображення в численних дослідженнях, як вітчизняних, так і зарубіжних вчених, серед яких слід відокремити: Артемчук В.О. [10], Батьковець Н.О. [9], Блакитна Г.В. [3], Брич В. Я. [4], Вергал К. Ю. [11], Голубєв А.А. [7], Домінська О.Я. [9], Крисько Ж. Л. [13], Лановська Г.І. [3], Литвишко Л.О. [10], Мендела І.Я. [12], Микитюк П. П. [13], Овсянюк-Бердадіна О. Ф. [13], Рогоза М. Є. [11], Скочиляс С. М. [13], Фатхутдінов Р. А. [14], Федулова Л.І. [15] та інші.

Проте, детермінантним вивченням стратегій готельного бізнесу на сучасному етапі, конкретизуючи всі аспекти, методики розробок, імплементуванням для відведенного сектору компанії, займалися такі науковці: Антонюк І.Ю. [1], Баженова С. Е. [2], Давидюк Ю.В. [8], Канцур І. Г. [2], Медведева А.О. [1], Пологовська Ю.Ю. [2], Чабан В. М. [16], Шепель Н.Г. [17], Шокот К.М. [1] та інші.

Незважаючи на таку кількість наукових наробок недостатньо розкрито процес формування інноваційної стратегії розвитку сфери гостинності з врахуванням сучасних умов політичної та економічної кризи. Тому стало за необхідне розробка стратегічної карти та етапи реалізації та формування інноваційної стратегії розвитку готельно-ресторанного бізнесу під час війни.

Мета дослідження. Дослідження теоретичних засад формування і реалізації іноваційної стратегії та розроблення рекомендацій щодо їх імплементації в діяльність суб'єкта готельного бізнесу.

Основна частина. Сучасне ринкове середовище України зазнає постійних змін. При цьому конкуренція стає глобальнішою і, відповідно, бізнес потребує адекватного динамічного розвитку. Основні його напрями базуються на новітніх інноваційних технологіях. Тому адаптивність стратегій підприємства до нововведень залишається єдиним ключовим чинником виживання і розвитку в глобальному конкурентному середовищі.

Аналіз статистичної інформації засвідчує, що у 2020 році у порівнянні із попередніми роками відбулося погіршення фінансового результату (сальдо) до оподаткування готельно- ресторанних суб'єктів господарювання, зросла частка збиткових суб'єктів господарювання сфери готельно-ресторанного бізнесу, скоротився рівень рентабельності діяльності та рівень рентабельності операційної діяльності готелів і подібних засобів тимчасового розміщування і ресторанів та суб'єктів надання послуг мобільного харчування. На початку 2022 року ситуація ще гірша, адже під впливом військової агресії ворога, готельно-ресторанний бізнес майже припинив ефективно функціонувати. Однак, з метою забезпечення розвитку та ефективного функціонування суб'єктів готельно-ресторанної справи в державі запроваджуються програми та проекти підтримки цієї сфери економічної діяльності за сприянням міжнародних організацій[18].

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. Водночас зміни конкурентного середовища й конкурентних умов зумовлюють великий ступінь невизначеності роботи підприємств, а також їх залежність від коливань ринкової ситуації, роблять неможливим використання традиційних підходів і методів їх подальшого розвитку[10].

У сучасних умовах переходу України до ринкової економіки в кожній галузі відбувається пошук нових шляхів і методів виробництва, здійснюється аналіз сучасного стану, окреслюються перспективи на майбутнє. Ці процеси характерні також для сфери готельно- ресторанного бізнесу, яка спрямована на отримання прибутку через надання різноманітних послуг у вигляді житла, харчування, транспортного та іншого сервісу. Розвиток готельно-ресторанного бізнесу в Україні особливо актуальний, оскільки саме завдяки даній галузі Україна може поліпшити соціально-економічну ситуацію.

Інноваційні процеси є невід'ємною рисою сучасного бізнесу. Саме за рахунок їх здійснення можна домогтися сталого розвитку в умовах постійно мінливого зовнішнього середовища. Необхідність використання інновацій у готельному підприємстві може бути викликано необхідністю зниженням тарифних витрачаннь, витрат на обслуговування матеріально-технічної бази підприємства, у зв'язку з низьким рівнем заселеності готелю, а також для скорочення часу для обслуговування гостей. Інноваційність є основною характеристикою сучасної економіки. У наш час науково- технічного прогресу інновації в готельному бізнесі відіграють чи не головну роль у висококонкурентній боротьбі готелів за кожного клієнта. Застосування новітніх технологій готельного бізнесу дозволяє готельєрам підвищити ефективність свого господарства, знаходити нові резерви підвищення якості обслуговування, ефективної охорони номерів і майна гостей, надання нових послуг[9].

Діяльність підприємства готельного бізнесу буде найбільш успішною лише в тому випадку, коли вихід підприємства на ринок готельних послуг буде не стільки добре продуманий і всебічно обґрунтований, скільки виходитиме з довгострокових цілей [3,16].

Сратегічний підхід щодо розвитку діяльності підприємств дає змогу вчасно зреагувати на нові потреби ринку і необхідність відповідних змін, уможливлює обрати ту інновацію, впровадження якої надасть перевагу на ринку і, таким чином, ефективно змінить діяльність підприємства і забезпечить суспільний ефект у майбутньому [8].

Термін «інновація» (нім. innovation) у науковий лексикон вперше увів Й. Шумпетер. Науковець дав визначення інновації як «будь-якої можливої зміни, що відбувається внаслідок використання нових або вдосконалених рішень технічного, технологічного, організаційного характеру в процесах виробництва, постачання, збуту продукції, післяпродажного обслуговування» [11, с. 63, 13, с. 34].

Фатхудінов Р.А. рахувався за такою дефініцією:

Інновація - це кінцевий результат впровадження нововведення з метою зміни об'єкта управління й одержання економічного, соціального, екологічного, науково-технічного або іншого виду ефекту [12].

Іншої точки зору дотримується Ю. П. Морозов, який вважає, що інновація - це прибуткове використання новацій у вигляді нових технологій, видів продукції, організаційно-технічних і соціально-економічних рішень виробничого, фінансового, комерційного або іншого характеру [15, с. 27].

Інноваційний процес - це процес послідовного перетворення ідеї в товар, що проходить етапи фундаментальних і прикладних досліджень, конструкторських розробок, маркетингу, виробництва і збуту [5,6].

І. Шумпетер виділяв п'ять типових інноваційних змін [11, с. 12]:

- використання нової техніки, нових технологічних процесів або нового ринкового забезпечення виробництва (купівля - продаж);
- впровадження продукції з новими властивостями;
- використання нової сировини;
- зміни в організації виробництва і його матеріально-технічного забезпечення;
- поява нових ринків збуту.

Стратегія готельного бізнесу розробляється на основі досліджень і прогнозування кон'юнктури ринку готельних послуг, інвестиційного клімату, законодавчої бази країни, вивчення покупців послуг, готельного продукту, конкурентів, тобто постійного моніторингу внутрішнього та зовнішнього середовищ діяльності готелю [19].

Джерелами класифікації інновацій приймаються особливості зовнішньої для інновації середовища, виникнення, природи і життєвого циклу нововведення, організації управління, а також наслідки впливу нововведень на зовнішнє середовище.

В економічній літературі існують найрізноманітніші підходи до класифікації нововведень, а також до виділення її критеріїв (табл. 1.)

Таблиця 1 – Класифікація стратегій інноваційного розвитку
Table 1 – Classification of innovative development strategies

Автор	**Типи інноваційних стратегій**
О. Водачкова	Основні типи: активно наступальна, помірно наступальна, захисна і залишкова.
Х. Фріман	Наступальна, захисна, імітаційна, залежна, традиційна та «за нагодою».
Фішман Б. Є	Самостійне виробництво інновацій, «швидкий другий», «відставання з мінімальними витратами», «заповнення пробілів.
Б. Санто	Традиційна, імітаційна, захисна, опортьюніська, наступальна, залежна.
Р. А. Фатхутдінов	Віолентну (силову), патієнтну (нішову), комутантну (стратегію пристосування) та експлерентну (піонерську).

Джерело: розроблено автором [15, с. 33, 14, с. 56].

Стратегічні інновації - це інновації, в основі яких лежать наполегливі вимоги. В результаті проведення нових стратегічних інновацій (в цьому випадку все ще перспективних) були досягнуті кращі результати щодо конкурентів з відчутно скоротилися витратами [17, с. 10].

Існує чимало стратегій інноваційного розвитку, які відображають багатогранність проявів бізнесу щодо виявлення запитів споживача (табл. 2)

Таблиця 2 – Класифікація підходів до трактування стратегій інноваційного розвитку
Table 2 – Classification of approaches to the interpretation of innovative development strategies

Автор	Класифікаційні ознаки	Трактування
С. Д. Ентоні, М. Ейрінг та Л. Гібсон	«План інноваційної гри»	Запорука успіху – підривні інновації, щоб регулярно створювати успішні інноваційні продукти, необхідно зрозуміти, які потреби клієнтів поки не задовольняються, і вивчити пропозиції, які виявилися вдалими.
Фаей Л., Рендел Р	«Стратегії інноваційного розвитку»	Виявлення і задоволення прихованих потреб, нові відповіді на старий запит; повного перетворення.
Кім Чан	«Стратегія блакитного океану»	Суб'єкт господарювання має створювати свій товар чи послугу, заповнювати ті ніші, які є порожніми, і бути унікальним, неповторним-це безперечне виживання.
Г. Мінцберг	« П'ять П стратегії»	П'ять П стратегії взаємопов'язані, жодне з них не може вважатися єдиним вірним, ці дефініції самостійні, але кожна з них неможлива без решти.

Джерело: розроблено автором[13,15,17].

Наведена схема класифікації свідчить, що нововведення різноманітні і різні за своїм характером, отже, форми їх організації, масштаби і способи впливу на інноваційну діяльність також відрізняються різноманіттям.

В сучасних умовах, для розробки стратегії інновації необхідно застосовувати стратегічні карти. Стратегічна карта є прикладним зображенням стратегії, яким чином інтегровані та скомбіновані цілі підприємства трансформуються в єдину стратегію. Можливий приклад стратегічної карти представлено на рис 1

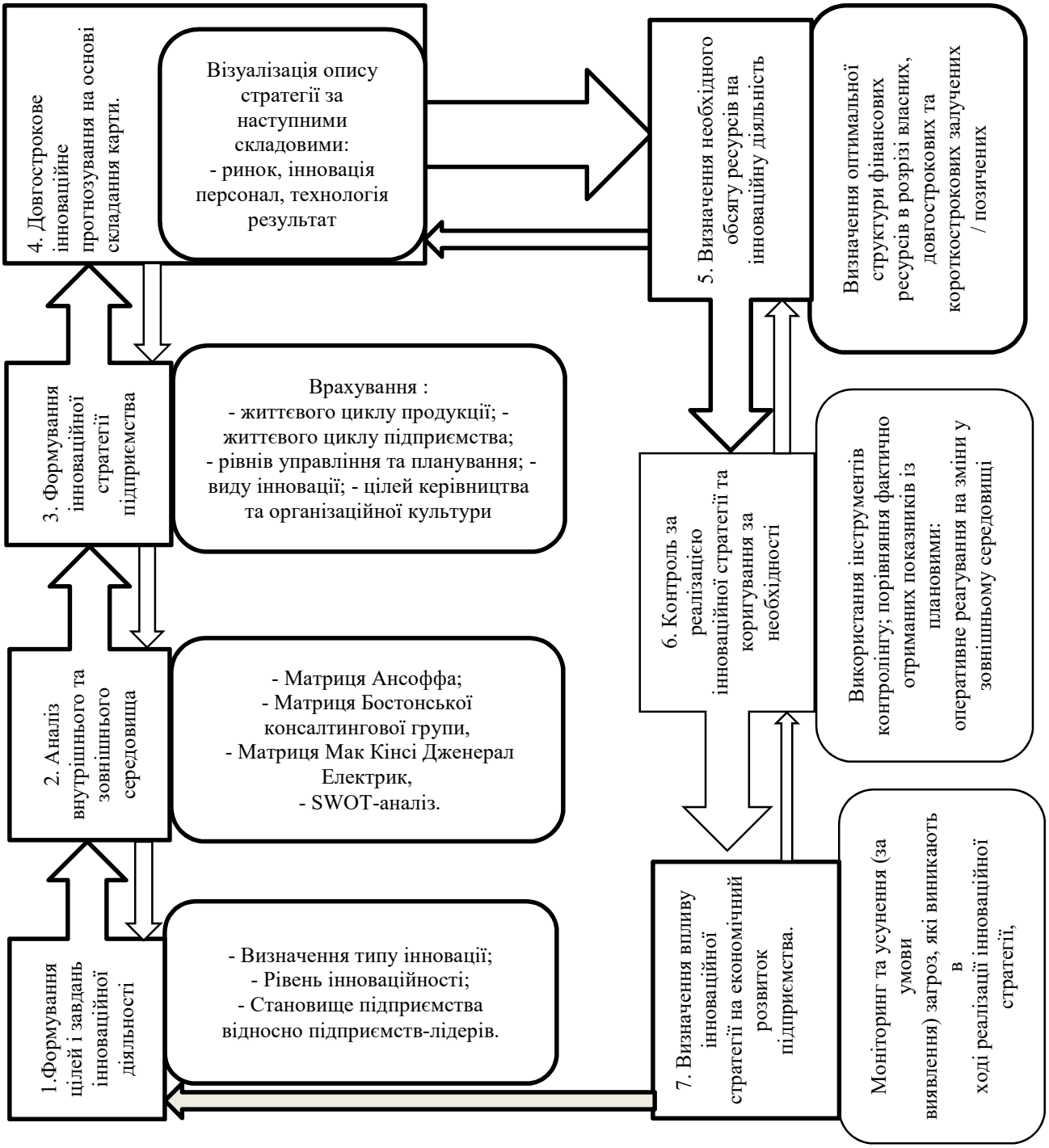


Рисунок 1 – Стратегічна карта - етапи розробки інноваційної стратегії.
Figure 1 – Strategic map - stages of innovation strategy development.
Джерело: розроблено автором

Включення даної складової до етапів формування інноваційної стратегії підвищить ефективність використання фінансового забезпечення інноваційної діяльності, оскільки менеджментом підприємства буде сформовано план дій за різних умов перебігу стратегічної активності.

Процес розробки стратегії інноваційного розвитку готельного підприємства являє собою ряд послідовних заходів з обов'язковою наявністю зворотних зв'язків, що дозволяють здійснювати коригування цілей і завдань, формувати підсумкові показники. Розглянемо поетапно даний процес.

Крім цього в сучасних умовах необхідно використовувати стратегічний план, що формується з певних етапів.

Основні этапи розробки стратегій на підприємствах готельного бізнесу**.**

1. *Формування стратегічних цілей і принципів інноваційного розвитку готельного підприємства*. На даному етапі оцінюється ефективність тієї чи іншої інновації з точки зору можливості створення продукту, послуги або процесу.
2. *Комплексний аналіз поточного економічного та інноваційного стану готельного підприємства*, в результаті чого оцінюється готовність засоби розміщення до нововведень.
3. *Розробка заходів щодо зміни інноваційного стану підприємства* (впровадження інновації), визначаються якісні і кількісні показники цих змін, в результаті чого формується бізнес-план інноваційного розвитку готельного підприємства.
4. *Створення бізнес-плану* інноваційного розвитку, що передбачає аналіз можливих альтернатив і створення системи планів.
5. *Прогноз результату інноваційної діяльності*. Здійснюється розрахунок прогнозних економічних показників діяльності засобів розміщення з урахуванням проведення планованих заходів щодо впровадження інновації.
6. *Реалізація стратегії інноваційного розвитку підприємства сфери гостинності*, в процесі якого здійснюється постійний моніторинг діяльності: контролюється дотримання планів і виконання завдань, оцінюються досягнуті результати перерахованих і інших чинників.

Дані етапи допоможуть в сучасних умовах керівникам сфери гостинності поетапно формувати свою власну інноваційну стратегію розвитку готельного бізнесу.

Висновки. Інформативний опис та історико-теоретичний базис походження інноваційної стратегії дає підстави стверджувати, що науково технічний процес не стоїть на одному рівні. Саме зараз в умовах економічної і політичної кризи необхідно підприємствам формувати інноваційну стратегію своєї діяльності. У розширеній формі відзеркалено передові стратегічні впровадження у сфері гостинності та етапи формування портфелю сучасно-надійних проектів. Комбінація та інтеграція цілей бізнес-проектів висвітлена у аспектній блок – схемі «стратегічна карта». Головним парадигмою формування стратегії розвитку готельних підприємств є постійний моніторинг підприємницького середовища, органічне оволодіння стратегічним мисленням та методами управління, розрахованими на довгострокові перспективи. Тобто розроблені в статті пропозиції допоможуть готельєрам та рестораторам формувати інноваційний аспект ведення бізнесу, тим саме поступово виходити з кризи.

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 сьогодні» Випуск № 5(5) 2022. С. 78-87 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: DOI: https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-5(5)-78-86

2. Баженова С. Е., Пологовська Ю.Ю., Канцур І. Г. Розвиток готельно-ресторанного бізнесу в умовах сьогодення. економіка та суспільство. Випуск # 38 / 2022. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-38-22

3. Блакитна Г.В., Лановська Г.І. Інноваційно-технологічні чинники забезпечення високого конкурентного статусу // Проблеми та перспективи розвитку інноваційної діяльності в Україні : матеріали XI Міжнародного бізнесфоруму (Київ, 22 березня 2018 р.) / відп. ред. А.А. Мазаракі. – Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2018.- С. 36-39.

4. Брич В. Я. Управління інноваційним розвитком підприємства : моногр. // В. Я. Брич, Х. А. Снігур, М. М. Тисько, Я. О. Шпак. – Тернопіль : ТНЕУ, 2019. – С. 111-121.

5. Верховна Рада України. Закон України "Про інноваційну діяльність"(Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2002, N 36, ст.266).- Київ, 2002.- 16 с.

6. Верховна Рада України. Закону України "Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні" (Відомості Верховної Ради України, 2012 р., N 19 - 20, ст. 166).- Київ, 2012.- 20 с.

7. Голубєв А.А. Життєвий цикл інновації та ресурсне забезпечення інноваційної діяльності// Сучасні проблеми науки та освіти. - 2015. - № 2-2.- 20 с.;

8. Давидюк Ю.В., Шокот К.М. Стратегічні підходи до підвищення конкурентоспроможності підприємств готельного бізнесу // Економіка та суспільство.-Вип.7. – 2016.- С.266-272.

9. Домінська О.Я., Батьковець Н.О. Сучасний стан та інноваційні процеси розвитку готельно-ресторанного бізнесу в Україні. Вісник Львівського торговельно-економічного університету. 2017. Вип.52. С.39-41.

10.Компанець К.А., Литвишко Л.О.,Артемчук В.О. Особливості інноваційного стратегічного управління підприємствами під час пандемії COVID-19. Інтелект XXI № 1 ‘2021. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: DOI: https://doi.org/10.32782/2415-8801/2021-1.16

11.Рогоза М. Є., Вергал К. Ю.. Стратегічний інноваційний розвиток підприємств: моделі та механізми : монографія. – Полтава : РВВ ПУЕТ, 2011. – 136 с.

12.Мендела І.Я. Планування інноваційних стратегій підприємствами готельного бізнесу // Актуальні проблеми розвитку економіки регіону. - 2013. - Вип. 9(1). - С. 125-129. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/aprer_2013_9(1)__23.

13.Микитюк П. П., Крисько Ж. Л., Овсянюк-Бердадіна О. Ф., Скочиляс С. М. Інноваційний розвиток підприємства. Навчальний посібник. – Тернопіль: ПП «Принтер Інформ», 2017. – 224 с.

14.Фатхутдінов Р. А. Інноваційний менеджмент: Підручник для вузів. - СПБ .: Суми, 2016. - 448с.

15.Федулова Л.І. Підходи до оцінкирівня готовності підприємства щодо інноваційного розвитку // Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченка. Економіка. –2011. –No 124/125. –С. 36-40

16.Чабан В. М., Розвиток інновацій у світовій індустрії гостинності // Туристичний та готельно-ресторанний бізнес: світовий досвід та перспективи розвитку для України: Матеріали Всеукраїнської науковопрактичної конференції студентів, аспірантів та вчених (м. Одеса, 10 квітня 2019 р.) / Одеський національний економічний університет. – Одеса: ОНЕУ, 2019. – С. 874-877.

17.Шепель Н.Г. Управління інноваціями.- Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2013. 74 с.

18.«Visit Ukraine In the future»: українські готелі в гарячих точках просять світ про підтримку. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://visitukraine.today/uk/blog/214/visit-ukraine-in-the-future-ukrainski-goteli-v-garyacix-tockax-prosyat-svit-pro-pidtrimku

FORMATION OF AN INNOVATIVE STRATEGY FOR THE DEVELOPMENT OF THE HOSPITALITY SPHERE

Ivanchuk Svitlana I., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Tourism, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: lana - 50@ukr.net, https // orcid.org/0000-0002-7280-2344

Kompanets Kateryna A., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Hotel and Restaurant Business, Kyiv National University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine, e-mail: ket13 @ ukr. no, https // orcid.org / 0000-0002-7189-2355

Miska Viktor G., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Hotel and Restaurant Business, National University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine, e-mail: v.miska@knute.edu.ua, https//orcid. org/ 0000-0003-2122-7661

Sydorenko Tetyana M., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Hotel and Restaurant Business, National University of Trade and Economics, Kyiv, Ukraine, e-mail: t.sydorenko@knute.edu.ua, https//orcid.org/ 0000-0003-2904-0826

Abstract. The article examines the current state of hotel and restaurant business. It was established that the current conditions of the political and economic crisis led to the renewal and rethinking of aspects of the business activity of hospitality enterprises. Thus, Ukrainian hotels, which with the beginning of the war in many cities act as hubs for the accommodation of refugees, prepare hot meals for Ukrainian defenders and volunteers, provide their premises for humanitarian aid warehouses, participate in securing the rear during military operations, and bear large financial losses with the beginning war That is, currently the main mission

of hotels has become the provision of assistance and protection of the civilian population and support of the military. Such a significant restructuring gave impetus to the formation and implementation of an innovative strategy and the development of recommendations for their implementation in the activities of the hotel business entity.

The question regarding the vision of the problem in the scientific world has been analyzed. Thus, reflections in scientific papers do not reveal the realities of modern business conduct. The informative description and historical-theoretical basis of the origin of the innovation strategy gives reason to claim that the scientific and technical process is not on the same level. Right now, in the conditions of the economic and political crisis, it is necessary for enterprises to form an innovative strategy for their activities.

It has been proven that in modern conditions a new format of hotel and restaurant business is needed. Thus, advanced strategic implementations in the field of hospitality and the stages of forming a portfolio of modern and reliable projects are reflected in an expanded form. The combination and integration of the goals of business projects is highlighted in the aspect block - the "strategic map" scheme. The article presents the main paradigm of forming a strategy for the development of hotel enterprises - constant monitoring of the business environment, organic mastering of strategic thinking and management methods designed for long-term prospects. That is, the suggestions developed in the article will help hoteliers and restaurateurs to form an innovative aspect of doing business, thereby gradually getting out of the crisis.

Keywords: hospitality industry, strategy, innovations, hotel and restaurant business, martial law.

References

1. Antonyuk I.Yu., Medvedeva A.O., Kompanets K.A. (2022) Прийоми маркетингу в організації ресторанного бізнесу України під час війни. [Marketing techniques in the organization of the restaurant business of Ukraine during the war]. "Science and Technology Today" Issue No. 5(5) 2022. P. 78-87 Retrieved from: DOI: https://doi.org/10.52058/2786-6025-2022-5(5)-78-86[in Ukrainian].

2. Bazhenova S.E., Pologovska Yu.Yu., Kantsur I.G. (2022) Rozvytok hotelno-restorannoho biznesu v umovakh sohodennia. ekonomika ta suspilstvo. [Development of the hotel and restaurant business in today's conditions. economy and society]. Issue 38 / 2022 Retrieved from: DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-38-22[in Ukrainian].

3. Blakytna G.V., Lanovska G.I. (2018) Innovatsiino-tekhnolohichni chynnyky zabezpechennia vysokoho konkurentnoho statusu [Innovative and technological factors of ensuring a high competitive status]. Problems and prospects for the development of innovative activity in Ukraine: materials of the 11th International Business Forum (Kyiv, March 22, 2018) / resp. ed. A.A. Mazaraki – Kyiv: Kyiv. national trade and economy University, 2018. - P. 36-39. [in Ukrainian].

4. Brych V. Ya, Snigur, M. M. Tysko, Ya. O. Shpak..(2019) Upravlinnia innovatsiinym rozvytkom pidpryiemstva [Management of innovative development of the enterprise: monogr]. Ternopil: TNEU, 2019. – P. 111-121. [in Ukrainian].

5. Verkhovna Rada Ukrainy. Zakonu Ukrainy "Pro priorytetni napriamy innovatsiinoi diialnosti v Ukraini" (Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy [Verkhovna Rada of Ukraine. Law of Ukraine "On innovative activity" (Vedomosti Verkhovna Rada of Ukraine] (VVR), 2002, N 36, article 266). - Kyiv, 2002. - 16 p. [in Ukrainian].

6. Verkhovna Rada Ukrainy. Zakonu Ukrainy "Pro priorytetni napriamy innovatsiinoi diialnosti v Ukraini" (Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy [Verkhovna Rada of Ukraine. Law of Ukraine "On Priority Areas of Innovative Activity in Ukraine" (News of the Verkhovna Rada of Ukraine,] 2012, No. 19 - 20, Article 166). - Kyiv, 2012. - 20 p. [in Ukrainian].

7. Golubev A.A. (2015) Zhyttievyi tsykl innovatsii ta resursne zabezpechennia innovatsiinoi diialnosti [Life cycle of innovation and resource provision of innovative activity// Modern problems of science and education] - 2015. - No. 2-2. - 20 p. [in Ukrainian].

8. Davidyuk Yu.V., Shokot K.M.(2016) Stratehichni pidkhody do pidvyshchennia konkurentospromozhnosti pidpryiemstv hotelnoho biznesu [Strategic approaches to increasing the competitiveness of hotel business enterprises] Economy and society.-Issue 7. – 2016.- C.266-272. [in Ukrainian].

9. Dominska O.Ya., Batkovets N.O. (2017) Suchasnyi stan ta innovatsiini protsesy rozvytku hotelno-restorannoho biznesu v Ukraini. [The current state and innovative processes of hotel and restaurant business development in Ukraine]. Visnyk of Lviv trade and economy university 2017. Issue 52. P.39-41. [in Ukrainian].

10. Kompanets K.A., Litvyshko L.O., Artemchuk V.O. (2021) Osoblyvosti innovatsiinoho stratehichnoho upravlinnia pidpryiemstvamy pid chas pandemii COVID-19. [Features of innovative strategic management of enterprises during the COVID-19 pandemic]. Intellect XXI No. 1 '2021. Retrieved from: DOI: https://doi.org/10.32782/2415-8801/2021-1.16[in Ukrainian].

11. Rogoza M. E., Vergal K. Yu..(2011) Stratehichnyi innovatsiinyi rozvytok pidpryiemstv: modeli ta mekhanizmy [Strategic innovative development of enterprises: models and mechanisms: monograph.] Poltava: RVV PUET, 2011. – 136 p. [in Ukrainian].

12. Mendel I.Ya. (2013) Planuvannia innovatsiinykh stratehii pidpryiemstvamy hotelnoho biznesu [Planning of innovative strategies by enterprises of the hotel business] Actual problems of the development of the economy of the region. 2013. Issue 9(1). - P. 125-129. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/aprer_2013_9(1)__23. [in Ukrainian].

13. Mykytyuk P. P., Krysko Zh. L., Ovsyanyuk-Berdadina O. F., Skochilyas S. M. (2017) Innovatsiinyi rozvytok pidpryiemstva [Innovative development of the enterprise. Tutorial]. Ternopil: PP "Printer Inform" 2017. - 224 p. [in Ukrainian].

14. Fathutdinov R. A. (2016) Innovatsiinyi menedzhment [Innovative management] Textbook for universities. - St. Petersburg: Sumy. 2016. - 448 p. [in Ukrainian].

15. Fedulova L.I.(2011) Підходи до оцінкирівня готовності підприємства щодо інноваційного розвитку [Approaches to assessing the level of enterprise readiness for innovative development] Bulletin of the Kyiv National University named after T. Shevchenko. Economy. 2011. – No. 124/125. -WITH. 36-40[in Ukrainian].

16. V. M. Chaban, (2019) Rozvytok innovatsii u svitovii industrii hostynnosti // Turystychnyi ta hotelno-restorannyi biznes: svitovyi dosvid ta perspektyvy rozvytku dlia Ukrainy [Development of innovations in the global hospitality industry] Tourism and hotel and restaurant business: global experience and development prospects for Ukraine: Materials of the All-Ukrainian scientific and practical conference of students, postgraduates and scientists (Odesa, April 10, 2019) / Odessa National University of Economics. - Odesa: ONEU, 2019. - P. 874-877. [in Ukrainian].

17. Shepel N.G.(2013) Upravlinnia innovatsiiamy [Management of innovations]. Dniprodzerzhinsk: DDTU, 2013. 74 p.

18. «Visit Ukraine In the future»: ukraïnski hoteli v hariachykh tochkakh prosiat svit pro pidtrymku. ["Visit Ukraine In the future": Ukrainian hotels in hot spots are asking the world for support.] Retrieved from: *https://visitukraine.today/uk/blog/214/visit-ukraine-in-the-future-ukrainski-goteli-v-garyacix-tockax-prosyat-svit-pro-pidtrimku* [in Ukrainian].

УДК 657.1.011.56 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111- 373-381**
UDC 657.1.011.56

ПЕРСПЕКТИВИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБЛІКУ В УКРАЇНІ

PROSPECTS OF ACCOUNTING AUTOMATION IN UKRAINE



Антоненко Надія Василівна, *Національний транспортний університет, к.е.н., доцент кафедри фінансів, обліку і аудиту, e-mail: 3142206@gmail.com, тел. +380963142206,*

https://orcid.org/0000-0003-1478-6668

Анотація. У статті проведено аналіз сучасного стану інформаційних технологій та програмних продуктів, які використовуються для ведення автоматизованого бухгалтерського обліку. В роботі відзначено, що застосування бухгалтерських програм на підприємстві дає широкі можливості для своєчасного відображення будь-яких господарських операцій та документів в бухгалтерському обліку. Доведено, що в Україні найбільшим попитом серед бухгалтерських програм користуються такі програмні продукти, як 1С: Підприємство. 8.3 та програми лінійки BAS. Ці системи мають багато спільних характеристик, що спрямовані на автоматизацію облікових процесів. Здійснено короткий огляд зарубіжних програм SAP Business One і ERP SAP. В статті проаналізовано наявність умов для впровадження сучасних програмних продуктів і зазначено, що при виборі оптимальної програмної системи для бухгалтерії слід уважно вивчати її функціональні можливості.

Ключові слова: програмне забезпечення, бухгалтерський облік, програми 1С, програмний продукт, конфігурація програми, програма SAP, автоматизований облік.

Вступ. На сьогоднішній день в умовах глобалізації і автоматизації управління будь-якою сферою діяльності людини впровадження та подальше використання комп'ютерних технологій є не просто важливим аспектом діяльності суб’єкту господарювання, а його невід'ємним елементом. Про широкі можливості, що надає обчислювальна техніка сучасному користувачу, можна дискутувати досить довго, адже за допомогою своєї універсальності вона дозволяє створювати та застосовувати програми не лише у певної галузі, а й на конкретному підприємстві. Безумовно, все це значно підвищує продуктивність роботи бухгалтера за рахунок автоматизації його робочого місця. На даний час навіть невелике підприємство не може обійтися без застосування інформаційних технологій в обліковому процесі. Проте, кожен товар або послуга має свій життєвий цикл. Роль технологій в організації бухгалтерського обліку також не є виключенням. Однією з найскладніших та найактуальніших проблем в країні є проблема створення, впровадження та ефективного застосування інформаційних технологій бухгалтерського обліку, адже необхідна прозора, налагоджена та чітка схема організації, що відкриває для підприємств можливості удосконалення ведення обліку в цілому та зниження вірогідності помилок та прорахунків, які можуть виникнути в результаті впливу людського фактору.

Питання автоматизації бухгалтерського обліку були в центрі уваги таких вітчизняних та зарубіжних вчених, як Барановський М.Т., Бутинець Ф.Ф., Височан О.С., Даллас К.Е., Загородиш А.Г., Кузьмінський Ю.А., Нарібаєв К.Н., Писаревська Т.А. та ін. Їх роботи є фундаментом для подальшого розвитку інформаційних технологій в обліку.

Метою даної статті є визначення усього спектру можливостей існуючого на сьогоднішній день програмного забезпечення підприємств, а також розроблення рекомендацій щодо застосування нових програмних продуктів в облікових процесах.

Мета і методи. З огляду на актуальність питань досліджень перспектив автоматизації обліку в Україні слід застосувати системний підхід до визначення функціональних особливостей сучасних програмних продуктів, що використовуються на різноманітних підприємствах. Після підписання Україною Угоди про асоціацію з ЄС перед розробниками програмного забезпечення постали

абсолютно нові завдання, пов'язані з питаннями утворення всеохопної зони вільної торгівлі. Зокрема, йдеться про узгодження міжнародних і національних систем обліку та звітності шляхом приведення їх до єдиного знаменника. Шляхами зближення різноманітних систем обліку у міжнародній практиці є гармонізація, конвергенція, уніфікація і стандартизація [1]. Основна задача гармонізації бухгалтерського обліку полягає в адаптації законодавчої бази бухгалтерського обліку і звітності України до нормативно-правових актів Європейського Союзу (ЄС) і рекомендацій МСФЗ. Тому приведення у відповідність програм з автоматизації обліку до основних вимог міжнародних національних стандартів бухгалтерського обліку – актуальна і нагальна задача, яку повинні вирішити розробники програмного забезпечення.

Мета публікації полягає у визначенні переваг і недоліків сучасних облікових програм та розробленні рекомендацій щодо їх впровадження з урахуванням перспектив розвитку підприємств різних форм власності.

Об'єктом дослідження є програмні продукти лінійок 1С, BAS, SAP, що здійснюють автоматизацію обліку. В роботі використано наступні методи: аналізу та узагальнення літературних джерел, абстрактно-логічний метод (для узагальнення, формулювання висновків і рекомендацій).

Результати і пояснення. Глибока інтеграції економіки України до Європейського Союзу, що знайшла своє вираження у вступі до Світової організації торгівлі і підписанні Угоди про асоціацію з ЄС вимагає від законодавчих органів країни здійснення заходів по гармонізації бухгалтерського обліку на міжнародному рівні. Угода після її підписання слугує своєрідним орієнтиром у проведенні стандартизації облікового процесу в Україні відповідно до Міжнародних стандартів бухгалтерського обліку (МСБО).

Концепція підготовки та подання фінансових звітів за міжнародними стандартами бухгалтерського обліку висуває до облікової інформації вимогу щодо дотримання в обліковому процесі граничної зрозумілості при роботі з базами даних кваліфікованих користувачів [1]. При цьому питання зрозумілості інформації не повинно трактуватися як зменшення її за обсягом і спрощенням за змістом. Відомо, що фінансова звітність вітчизняних підприємств, яка складена за національними положеннями (стандартами) бухобліку, як правило, формується для її подання до органів статистики і орієнтована на внутрішніх користувачів, до яких відносяться керівники підприємств, фінансові директори, головні бухгалтери, що здатні аналізувати показники звітів і можуть правильно їх інтерпретувати. В той же час звітність, складена за міжнародними стандартами, повинна бути націлена на зовнішніх користувачів, таких як: постачальники, потенційні інвестори, кредитори, а також клієнти [2]. Таким чином, Міжнародні стандарти фінансової звітності (МСФЗ) сприяють підвищенню зрозумілості інформації, завдяки якій створюється достовірна база для оцінки величини активів і зобов'язань підприємства, визначення обсягу доходів і витрат, виявлення фінансових ризиків у суб'єктів господарювання з метою ухвалення раціональних управлінських рішень керівництвом підприємства.

З точки зору відкритості системи і її адаптації до вимог МСФЗ найбільші переваги перед іншими програмами автоматизованого обліку мають програмні продукти системи прикладних рішень 1С:Підприємство. Можливість допрограмування – досить трудомісткий процес, проте саме при його використанні вирішуються нагальні проблеми обліку. Для вчасної імплементації національної звітності до законодавчих актів ЄС розробники мають можливість доопрацьовувати будь-яку конфігурацію програми 1С:Підприємство.

Більш детально зупинимось на базових характеристиках основних конфігурацій програмного продукту 1С:Підприємство, що вже мають відповідні налаштування, необхідні для складання міжнародної звітності за МСФЗ.

Розглянемо програму 1С:Управління виробничим підприємством 8.3 для України. Основою обліку є використання даних національного бухгалтерського обліку з коригуванням значень показників там, де правила національного обліку відрізняються від норм МСФЗ. При обліку запасів, основних засобів, нематеріальних активів тощо розробники пропонують вести паралельний облік, оскільки відмінності між обліком за національними стандартами і МСФЗ можуть бути занадто великими. У даній конфігурації передбачено також автономне ведення обліку за міжнародними вимогами до складання звітності. Підсистема обліку за МСФЗ включає в себе: план рахунків бухгалтерського обліку активів, капіталу, зобов'язань, що діють відповідно до МСФЗ; регістр

бухгалтерії, який відповідає вимогам міжнародних стандартів, а також спеціалізовані регістри накопичення, первинні бухгалтерські документи і фінансові звіти, складені за МСФЗ. Програмний продукт 1С:Управління виробничим підприємством 8.3 для України – це універсальне комплексне рішення, розроблене відповідно до концепції ERP (англ. Enterprise Resource Planning, планування ресурсів підприємства) з метою управління бізнесом. За допомогою цієї системи на підприємстві створюється інструмент інформаційно-аналітичного забезпечення управління суб'єкта господарювання. Усе вищеназване дає можливість створити стартову платформу для доопрацювання функціоналу програми 1С:Управління виробничим підприємством 8.3 для України відповідно до вимог МСФЗ. Програма 1С:Управління виробничим підприємством 8.3 для України надає:

- керівництву компанії і управлінцям з розвитку бізнесу необмежений доступ до аналізу, перспективного планування та ефективного управління майновими і виробничими ресурсами підприємства для стабільного розвитку суб'єкта господарювання в умовах конкуренції;

– менеджерам і керівникам підрозділів, що здійснюють виробничу, збутову або постачальницьку діяльність, інформацію, яка дозволяє ефективно виконувати їх щоденну роботу;

– обліковим працівникам – засоби автоматизації облікової інформації у повній відповідності до вимог міжнародних та національних стандартів бухгалтерського обліку і складання фінансової звітності [2].

Успішне впровадження програми 1С:Управління виробничим підприємством 8.3 для України на вітчизняних підприємствах свідчить про наявність в ній вищезазначених переваг, які роблять систему незамінною у використанні власниками і менеджерами компаній для управління обліково-фінансовою діяльністю підприємства.

Ще одна конфігурація, яка цікавить користувачів – 1С:Управління корпоративними фінансами 8.3 для України. Вона складається з двох підсистем, що дозволяють автоматизувати процеси обліку і складання звітності, а також забезпечують різні види діяльності підприємства за допомогою відповідного облікового функціоналу. Це – підсистеми обліку за МСФЗ і сукупність елементів системи бухгалтерського обліку і звітності, що працюють за положеннями (стандартами) бухгалтерського обліку. Галузеве рішення програми 1С. Управління торговим підприємством 8.3 (1С:УТП.8.3) дозволяє здійснити автоматизацію процесу аналізу та планування операцій з продажу і придбання товаро-матеріальних цінностей, а також автоматизувати оперативний та управлінський облік на підприємствах будь-якої форми власності. На рисунку 1 та рисунку 2 відповідно представлені операції із створення довідників і відображення первинних документів в конфігурації 1С:УТП.8.3.

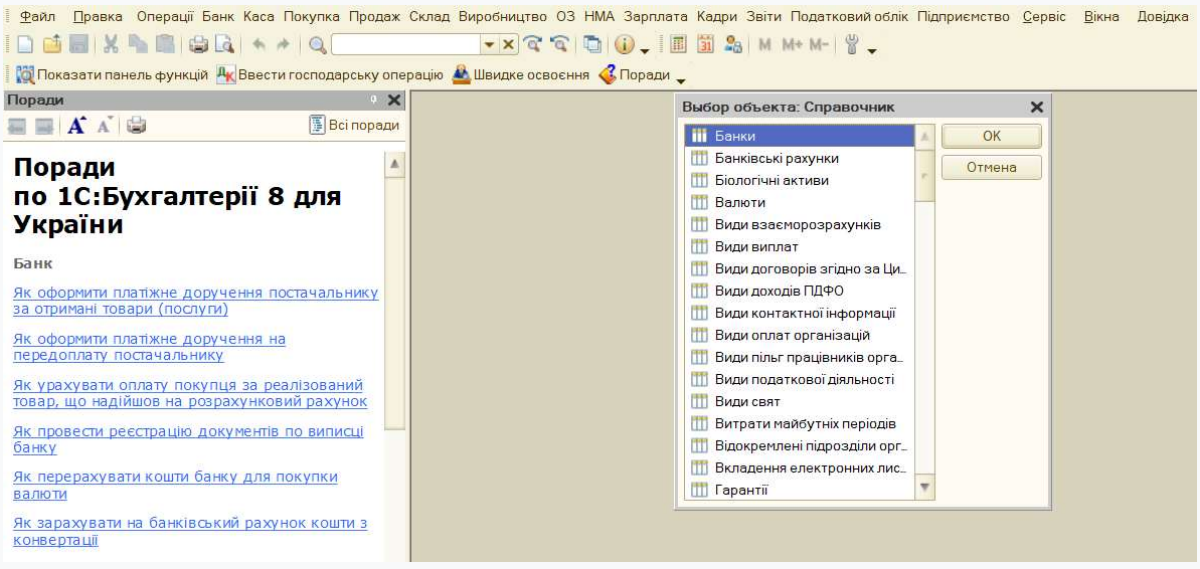


Рисунок 1 – Створення довідників в програмі 1С: УТП.8.3.
Figure 1 – Creation of directories in the 1C program: UTP.8.3

Дане рішення дозволяє розробити комплексну інформаційну систему, яка охоплює основні

бізнес-процеси і забезпечує керівництво підприємства інформацією про фінансово-господарську діяльність суб'єкта господарювання. Перевага такого галузевого рішення – тісна інтеграція з фінансовою системою. Це дуже важливо для створення системи звітності, а також механізму формування бухгалтерських і платіжних документів у рамках єдиної системи. Слід зазначити, що існує ще один програмний продукт лінійки 1С – програма 1С: Консолідація 8.3, яка автоматизує консолідовану звітність компаній із філіальними структурами. Вищезазначена програма оснащена системою інструментів, що дозволяють складати окрему та консолідовану звітність відповідно до вимог МСФЗ. З огляду на необхідність придбання нових серверів для прискорення обробки потрібної інформації процес адаптації національних програм автоматизації бухгалтерського обліку до вимог МСФЗ на сьогоднішній день є досить затратним процесом, оскільки сума витрат на впровадження програм лінійки 1С суттєво збільшується в результаті залучення відповідних ІТ-фахівців, що виконують налаштування та адаптування програмного продукту.

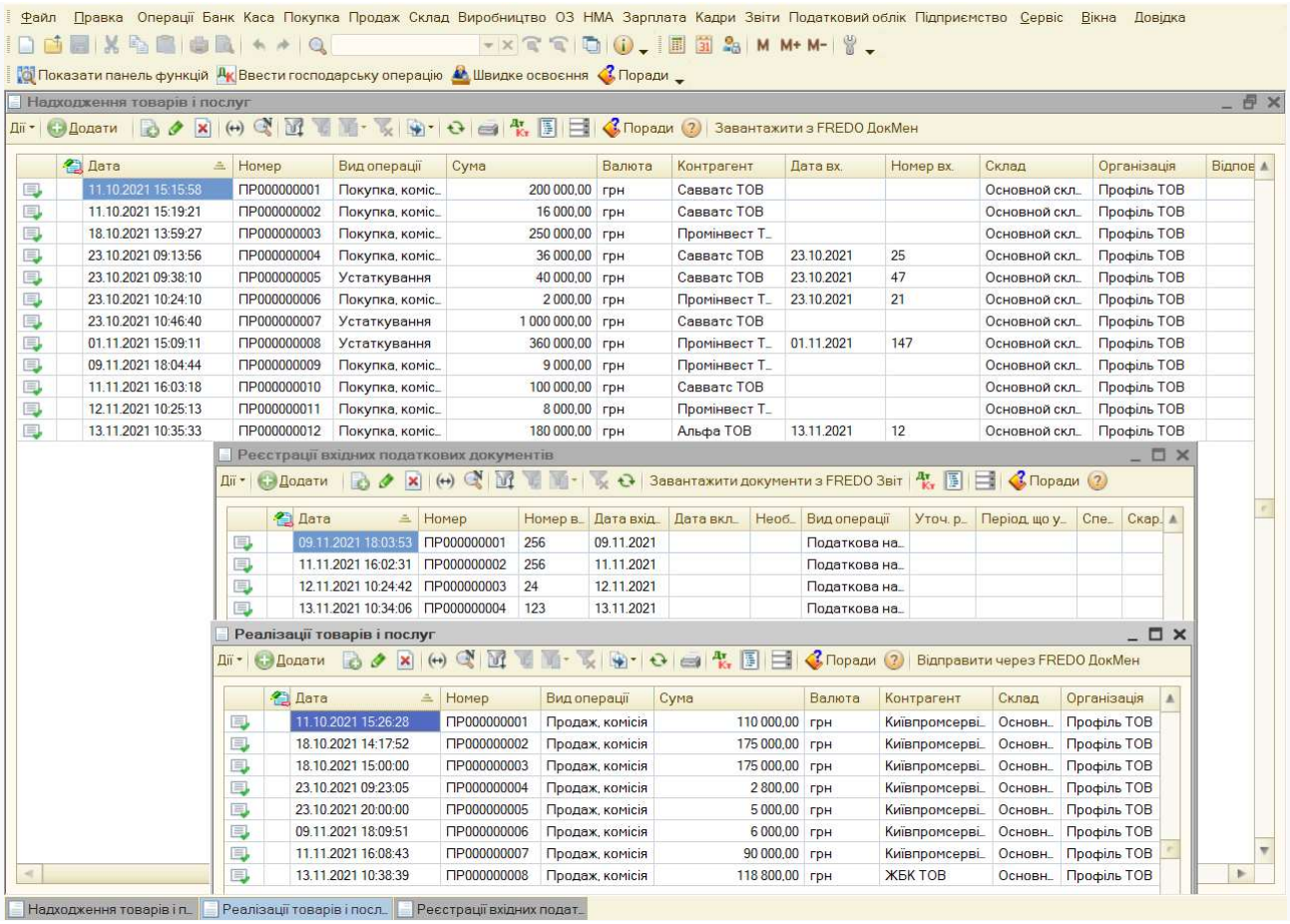


Рисунок 2 – Відображення первинних документів в програмі 1С: УТП.8.3.
Figure 2 – Display of primary documents in the 1C program: UTP.8.3.

Багато керівників все частіше роблять крок на користь впровадження у свій бізнес сучасних інформаційних технологій, тим самим зміцнюючи свої ринкові позиції і підвищуючи статус компанії. Вибрати програмний продукт для автоматизації облікових процесів не так просто, адже ринок пропонуємих послуг настільки різноманітний, що в ньому легко може загубитись навіть досвідчений фахівець. В діловому світі набувають все більшого авторитету ERP-системи, які є віртуально спроектованою моделлю підприємства. Необхідно чітко розуміти специфіку кожної ERP-системи, всі її переваги і недоліки. Крім того при виборі програмного продукту слід враховувати особливості бізнесу, які мають важливе значення.

Компанія БізнесПартнер-Груп (BusinessPartner) одним зі своїх напрямків діяльності вибрала

впровадженням ERP-систем на базі програм 1С Підприємство. Проведемо короткий огляд найбільш популярної ERP-системи 1С: Підприємство та порівняємо її з ERP-системою SAP. Маркетингова діяльність компаній, що пропонують користувачам програмний продукт 1С, спрямована на позиціонування програми 1С: Підприємство. 8.3 як комплексної управлінської системи, адекватної потребам і завданням середніх і великих компаній. Програмне забезпечення 1С: Підприємство. 8.3 поставляється з типовими конфігураціями, які реалізують найбільш загальні схеми обліку, що використовуються в більшості організацій. До переваг програми 1С: Підприємство. 8.3 можна віднести наступні плюси цього програмного продукту:

- система 1С: Підприємство. 8.3 з різноманітними конфігураціями використовується обліковими працівниками для ведення як бухгалтерського, так і податкового обліку;
- на сьогоднішній день 1С: Підприємство. 8.3 – одна з найбільш універсальних програм бухгалтерського обліку, яка може використовуватися в будь-яких організаціях. Ця програма базується на платформі 1С: Підприємство, її можна підлаштовувати під потреби конкретного бізнесу. Подібна гнучкість 1С: Підприємство. 8.3 дає можливість розв'язувати з її допомогою безліч різних задач;
- 1С: Підприємство. 8.3 пристосована до законодавства України. Розробники програми 1С стежать за змінами в податковому законодавстві та оновлюють форми звітності в даному програмному продукті;
- програма 1С: Підприємство. 8.3 має високу продуктивність, що дає можливість вирішувати найскладніші облікові завдання;
- одночасно з програмою 1С: Підприємство. 8.3 можна використовувати MS SQL Server.

До слабких сторін системи 1С: Підприємство. 8.3 відносять наступні недоліки цього програмного продукту:

- у переважній більшості випадків для того, щоб система 1С: Підприємство. 8.3 вирішувала всі поставлені завдання, програму доводиться допрацьовувати. Кожне підприємство не схоже одне на одне, і для організації ефективного облікового процесу необхідно запроваджувати специфічні для окремих суб'єктів господарювання рішення щодо автоматизації бізнес-процесів (включаючи автоматизацію ведення бухгалтерського і податкового обліку);
- при переході на програмний продукт 1С: Підприємство. 8.3 з інших бухгалтерських програм досить часто виникають проблеми при перенесенні інформації з однієї бази даних до нової системи обліку (більшість інформації інколи доводиться переносити вручну);
- в програмі 1С: Підприємство. 8.3, як правило, утруднений пошук помилок, допущених в ході обробки документів;
- система 1С складна в освоєнні і вимагає від користувачів спеціальної підготовки.

На особливу увагу заслуговує німецька програма SAP, за допомогою якої вирішуються на підприємстві питання не тільки бухгалтерського і управлінського обліку, а й контролінгу. Ця програма може повністю замінити лінійку програм 1С, проте вона має вартість, що в десятки разів перевищує вартість російського аналога [3]. Німецька компанія SAP AG, що розробила ERP-систему SAP, має імідж такої, яка продає дорогі рішення для великих підприємств, тому дана система не підходить для малого та середнього бізнесу. Проте, нещодавно компанія SAP AG випустила рішення для малих і середніх підприємств SAP Business One, однак, ціна і складність впровадження залишилися на високому рівні. ERP-система 1С: Підприємство в цьому відношенні універсальна і підходить для підприємства будь-якого розміру. Вона з легкістю впроваджується на великому підприємстві, також без проблем програма 1С: Підприємство. 8.3 може автоматизувати облікові процеси невеликої компанії.

На відміну від SAP програма 1С Підприємство гарантує максимально швидку автоматизацію бізнесу, оскільки термін впровадження програмного продукту займає від 3 до 6 місяців. Крім того, в порівнянні з ERP-системою SAP 1С: Підприємство дозволяє швидко і ефективно здійснювати будь-які зміни у вже працюючій системі. Розглянемо недоліки ERP-системи SAP. До них відносяться [4]:

1. Висока вартість володіння рішеннями SAP. Вартість проекту по впровадженню SAP складається з: високих розцінок на ліцензії; значних витрат на інфраструктуру, яка забезпечує працездатність системи; високої вартості послуг зовнішніх консультантів (в ході робіт часто доводиться наново вибудовувати основні господарські процеси підприємства, що робить супровід продукту вкрай дорогим у порівнянні з системами, що підтримують специфіку роботи підприємства);

високої вартості послуг фахівців з впровадження; великої вартості підготовки користувачів системи; значної вартості підтримки та супроводу системи.

2. Нестача кваліфікованих фахівців. Запросити на роботу високопрофесійного консультанта по роботі з програмою SAP не просто. Оскільки таких фахівців вкрай мало, вони можуть вибирати не тільки компанію, але і проект, над яким будуть працювати.

3. Великі проблеми при адаптації рішень SAP до умов бізнесу, що тягне за собою збільшення вартості проекту і термінів його реалізації.

4. Складнощі з підтримкою правил бухгалтерського і податкового обліку.

5. Незвичний для українських користувачів і управлінців бізнес-словник (термінологія), що використовується в рішеннях SAP.

Термінологія предметної області, що використовується в рішенні, у багатьох випадках являє собою переклад англомовних термінів. Іноземні бізнес-терміни – це стійкі поєднання певних слів, які відомі західному управлінцю. Нашим користувачам системи SAP доводиться прикладати чимало зусиль, щоб зрозуміти, що означає той чи інший термін в програмі. Крім того, деякі поняття можуть бути просто відсутніми в українській бізнес-практиці.

6. Надмірна складність функціоналу рішень SAP. До складу рішень SAP для великих компаній входять функції, які замовнику автоматизації середнього підприємства можуть ніколи не знадобитися, проте за всі компоненти програми необхідно обов'язково платити. Навіть велике за західними мірками підприємство, купуючи рішення SAP, використовує всього 40-60% їх функціональних можливостей, а то й усього 30%, але при цьому платить за 100% функціоналу [3]. Відсутня можливість придбання тільки тих компонент програми, які дійсно будуть використовуватися.

7. Після припинення існування рішення SAP для отримання підтримки користувач змушений впроваджувати нове рішення, включаючи повну закупівлю ліцензій.

Отже, порівнявши програми SAP та 1С: Підприємство. 8.3, можна зробити висновок про те, що SAP набагато складніша за програму 1С, оскільки в SAP реалізовано більше функціоналу. У зв'язку з цим користувачам SAP важче працювати – складна програма вимагає від фахівців більше знань. Крім того, процес налаштування SAP під потреби замовника може бути важчим, ніж розробка нової конфігурації в 1С. Але у конфігураціях 1С, на жаль, не практикується модульний принцип функціональності, як це зроблено в SAP. Таким чином, рішення в 1С гірше масштабуються і більш складні в підтримці та оновленні [5].

Указом Президента України у травні 2017 року були введені санкції проти російських розробників і дистриб'юторів найбільш поширеної в Україні програми автоматизованого обліку 1С. У примусовому порядку із 1 січня 2018 від програми 1С згідно Указу відмовились бюджетні установи, які перейшли на вітчизняні програмні продукти. Проте приватний бізнес не мав такої заборони, і використовує цю програму по сей день, посилаючись у своїх діях на інформацію про придбання прав власності на програмний продукт 1С естонською компанією OÜ Molenari (Harju maakond, Tallinn, Kesklinna linnaosa, Laulupeo tn 24, 10128) в 2018 році.

У світлі останніх подій перед вітчизняними керівниками і фахівцями-програмістами постає питання: де шукати заміну програмним продуктам системи 1С:Підприємство. 8.3 російських розробників? Все частіше користувачі автоматизованих облікових систем звертають увагу на програми, які створені в США та Європі, оскільки ці розробки мають потужні рішення і поширені у всьому світі. В Україні використовуються такі програмні продукти західної розробки, як Oracle або SAP, Infor, Microsoft Dynamix Ax, IFS, Dynamix Nav, Epicor [3]. Для успішного функціонування вищеназваних західних продуктів потрібна стабільна і розвинена галузь IT, кваліфіковані IT-фахівці підтримки, що потребують високих зарплат, а також значні кошти, які необхідно вкласти в придбання і обслуговування складних програм. Оскільки більшість західноєвропейських продуктів розробники пропонують постачати в рамках комплексних рішень, то їх загальна вартість виявляється надто високою для вітчизняних малих і середніх підприємств.

Крім зарубіжних автоматизованих облікових програм на ринку України можна придбати програми вітчизняної розробки, які довели свою ефективність на практиці. Так, українською компанією IT-Enterprise, що розробляє програмне забезпечення для облікових і управлінських потреб суб'єктів господарювання в Україні, створено ряд програмних продуктів MASTER [6]. Система програм MASTER повністю відповідає вітчизняному законодавству і оперативно оновлюється на

постійній основі. Програмні продукти MASTER мають такі конфігурації, як MASTER: Зарплата і Кадри для малого та середнього бізнесу; MASTER: Агро; MASTER: Бухгалтерія для малого та середнього бізнесу; MASTER: Бухгалтерія для бюджетних установ. Ці програми містять відповідний функціонал для ведення управлінського і облікового процесу на підприємстві, використовуються для управління запасами, кадрами, необоротними активами, з їх допомогою нараховується заробітна плата і здійснюється комплексний облік у бюджетних установах. Окрім програмних продуктів лінійки MASTER на сьогоднішній день широко поширена система програм BAS, яка застосовується для автоматизації облікових процесів і підготовки регламентованої звітності в організаціях, що здійснюють комерційну діяльність. Система програм BAS має безліч можливостей для їх спільного використання з іншими IT-платформами завдяки тому, що:

- ця розробка представляє собою потужне предметно-орієнтоване середовище створення інформаційної системи з ґрунтовною підтримкою підходів до її проектування;
- функціональні можливості технологічної платформи дозволяють комплексно розв`язувати складні управлінські і облікові задачі;
- платформа знаходиться у процесі постійного розвиту її можливостей з орієнтацією на сучасні тенденції обробки, збереження й доступу до бази даних;
- розвиток технологічної платформи супроводжує якісна інформаційна та методична підтримка;
- програма має високий рівень практичності та доступності, які втілюють сучасні підходи до розв`язання складних облікових і управлінських задач [7].

Предметна орієнтованість платформи BAS дозволяє розробнику зосередитись саме на принципових питаннях створення прикладних інформаційних систем (ІС).

Узагальнюючи вищезазначене, усі переваги і недоліки, пов’язані з використанням функціоналу програм лінійок 1С Підприємство 8.3 і BAS, представимо у таблиці 1 [8].

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика програм лінійки 1С:Підприємство.8.3 і BAS

Table 1 – Comparative characteristics of the programs of the 1C:Enterprise.8.3 and BAS line

Програми лінійки 1С: Підприємство 8.3 (усі конфігурації)	Програми лінійки BAS (Business Automation Software) (усі конфігурації)
Клієнт-серверний варіант передбачає обробку запитів у користувача	Якщо використовується клієнт-серверний варіант роботи клієнт отримує тільки результат, оскільки запити обробляються на сервері
В усіх конфігураціях програмного продукту відсутній механізм, що дозволяє їх удосконалювати	Нові можливості програм лінійки BAS розкриваються через: ➢ наявність умов для ознайомлення з *Історією останніх документів*; ➢ вбудовану систему резервного копіювання даних; ➢ можливість відображення бази даних через браузер; ➢ існування звітів адміністратора: *«Аналіз активності користувачів», «Відомості про користувачів», «Контроль журналу реєстрації»;* ➢ змогу додавати довідники, документи і звіти у категорію «Вибране»; ➢ появу в торгових конфігураціях нових довідників, таких як «Ліди» (потенційні клієнти), «Партнери», що збільшують можливості обліку
Вартість конфігурацій від 6690,00 до 250000,00 грн. [8]	Вартість програмного продукту складає 6690,00-600000,00 грн. в залежності від конфігурації [8]
Для конфігурацій 1С:УТП.8. 3 та 1С:УВП. 8.3 можливість вибору інформаційно-технологічного супроводу (ІТС) відсутня. В оновленнях розробник підтримує тільки зміни в законодавстві та регламентованій звітності	Пакет інформаційно-технологічного супроводу пропонується для клієнтів програм BAS Бухгалтерія, BAS Бухгалтерія КОРП, BAS Управління торгівлею, BAS Малий бізнес, BAS Комплексне управління підприємством, BAS ERP, BAS Документообіг КОРП, BAS Управління холдингом. При оновленні програм розробник постійно розширює функціонал існуючих рішень

З аналізу наявних на ринку України програмних продуктів з автоматизації обліку і даних, наведених у таблиці 1, можна зробити висновки про те, що ті компанії, які тільки планують запроваджувати автоматизований облік на своїх підприємствах, мають приділити особливу увагу поточним можливостям й перспективам розвитку усіх доступних на вітчизняному ринку облікових програм.

Висновки та рекомендації.

Сьогодні будь-яка облікова система є не просто інструментом для формування звітності, а й виступає ще джерелом інформації, яка дозволяє зацікавленим особам з числа засновників і керівників підприємства приймати виважені управлінські рішення і здійснювати обґрунтовані прогнози. Автоматизація управлінського обліку на підприємстві неможлива без придбання окремих модулів потужних інформаційних облікових систем і їх послідовного впровадження в практичну діяльність суб'єктів господарювання. На даний момент найбільшою популярністю користуються автоматизовані системи лінійки BAS і стандарту ERP-Enterprise Resource Planning. Новим видом інформаційних систем управління, які справляються з усіма поставленими перед керівництвом завданнями, є системи ERP SAP, що автоматизують не тільки бухгалтерський облік, а і всі бізнес-процеси на підприємстві. Своєчасно придбані та введені в дію програмні продукти лінійки BAS і 1С дають можливість досягти максимального ефекту в управлінні підприємством в цілому та системою бухгалтерського обліку зокрема. Сучасний керівник організації (підприємства) не може прийняти важливе управлінське рішення, не маючи правдивої, своєчасної, повної інформації, яку можна отримати завдяки автоматизованій системі ведення бухгалтерського обліку. Оскільки ринок інформаційних систем представлений великою кількістю бухгалтерських програм, то користувач обирає той або інший програмний продукт відповідно до специфіки своєї господарської діяльності.

Перелік посилань

1. Рєзнікова В.В., Орлова О.С. Гармонізація бухгалтерського обліку і фінансової звітності суб'єктів господарювання в Україні: поняття та форми. Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право. Вип. 31(2). – Ужгород: УНУ, 2015. – С. 50-60. http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvuzhpr_2015_31%282%29__14

2. Корягін М.В., Куцик П.О. Проблеми та перспективи розвитку бухгалтерської звітності : монографія. – Київ, 2016. 275 с.

3. Чим замінити 1С? Чи є український аналог? URL: https://news.finance.ua/ua/news/-/401756/chym-zaminyty-1s-chy-ye-ukrayinskyj-analog (дата звернення 01.09.2022).

4. Аверкина М.Ф. Тихонюк К.О. Сучасні комп'ютерні системи бухгалтерського обліку в Україні. Науковий вісник Херсонського державного університету. Сер.: Економічні науки. Вип. 30 (2). – Херсон: ХДУ, 2018. С. 143–147. http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvkhdu_en_2018_30%282%29__33.

5. Грабчук І.Л., Ляхович Г.І. Програмне забезпечення для ведення обліку: проблеми вибору та використання в ході аутсорсингу. *Проблеми теорії та методології бухгалтерського обліку, контролю і аналізу.* Вип. 3, 2017. С. 32–36. http://nbuv.gov.ua/UJRN/ptmbo_2017_3_7.

6. Івахненков С.В. Автоматизація бізнес-процесів та бухгалтерського обліку: «хмарна» революція? *Бухгалтерський облік і аудит.* 2018. (5). С. 26–35. https://www.ivakhnenkovaudit.info/zPubl/2018_IvakhCloud26-35.pdf.

7. Одноволик В.І. Програмне забезпечення для обліку та звітності: аналіз ринку та функціоналу. URL: http://nasoa.edu.ua/wp-content/uploads/periodicals/b-obl/162/14.pdf (дата звернення 01.09.2022)

8. Плекан М.В., Гайдучок Т.С., Головчак Г.В. Переваги та недоліки програм автоматизації бухгалтерського обліку. URL: http://www.investplan.com.ua/pdf/23_2020/4.pdf (дата звернення 01.09.2022).

PROSPECTS OF ACCOUNTING AUTOMATION IN UKRAINE

Antonenko Nadiia Vasylivna, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Department of Finance, Accounting and Auditing, National Transport University e-mail: 3142206@gmail.com, +380963142206, https://orcid.org/0000-0003-1478-6668

Abstract. The article analyzes the current state of information technologies and software products used for automated accounting. It is noted in the work that the use of accounting programs at the enterprise provides ample opportunities for timely display of any economic transactions and documents in accounting. It has been proven that software products such as 1C: Enterprise are in the greatest demand among accounting programs in Ukraine. 8.3 and programs of the BAS line. These programs have many common characteristics aimed at

automating accounting processes. A brief review of foreign SAP Business One and ERP SAP programs was made. The article analyzes the availability of conditions for the introduction of modern software products and states that when choosing the optimal software system for accounting, one should carefully study their functionality.

Key words: software, accounting, 1C programs, software product, program configuration, SAP program, automated accounting.

References

1. Rieznikova V.V., Orlova O.S. Harmonizatsiia bukhhalterskoho obliku i finansovoi zvitnosti subiektiv hospodariuvannia v Ukraini: poniattia ta formy (Harmonization of accounting and financial reporting of business entities in Ukraine: concepts and forms). Scientific Bulletin of the Uzhhorod National University. Uzhgorod, 2015. № 31(2). S. 50-60. [in Ukrainian].

2. Koriahin M., Kutsyk P. Problemy ta perspektyvy rozvytku bukhhalterskoi zvitnosti. Monohrafiia. – (Problems and prospects of the development of accounting reporting). Kyiv, 2016. 275 s. [in Ukrainian].

3. Chym zaminyty 1S? Chy ye ukrainskyi analoh? (What to replace 1C? Is there a Ukrainian analogue?) URL: https://news.finance.ua/ua/news/-/401756/chym-zaminyty-1s-chy-ye-ukrayinskyj-analog (Last accessed: 01.09.2022) [in Ukrainian].

4. Averkyna M.F., Tykhoniuk K.O. Suchasni kompiuterni systemy bukhhalterskoho obliku v Ukraini. (Modern computer accounting systems in Ukraine). Scientific Bulletin of Kherson State University. Kherson: KhDU, 2018. S. 143–147. [in Ukrainian].

5. Hrabchuk I.L., Liakhovych H.I. Prohramne zabezpechennia dlia vedennia obliku: problemy vyboru ta vykorystannia v khodi autsorsynhu (Accounting software: issues of choice and use during outsourcing). Problems of the theory and methodology of accounting, control and analysis. 2017. S. 32–36. [in Ukrainian].

6. Ivakhnenkov S.V. Avtomatyzatsiia biznes-protsesiv ta bukhhalterskoho obliku: «khmarna» revoliutsiia? (Automation of business processes and accounting: a "cloud" revolution?) Accounting and auditing. 2018. №5. S. 26–35. [in Ukrainian].

7. Odnovolyk V.I. Prohramne zabezpechennia dlia obliku ta zvitnosti: analiz rynku ta funktsionalu. (Accounting and reporting software: market and functionality analysis). URL: http://nasoa.edu.ua/wp-content/uploads/periodicals/b-obl/162/14.pdf (Last accessed: 01.09.2022) [in Ukrainian].

8. Plekan M.V., Haiduchok T.S., Holovchak H.V. Perevahy ta nedoliky prohram avtomatyzatsii bukhhalterskoho obliku (Advantages and disadvantages of accounting automation programs) URL: http://www.investplan.com.ua/pdf/23_2020/4.pdf (Last accessed: 01.09.2022) [in Ukrainian].

УДК 332.6 : 519.6 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111- 382-390**
UDC 332.6 : 519.6

ANALYSIS OF MATHEMATICAL METHODS OF IMPLEMENTATION THE COMPARATIVE APPROACH IN REAL ESTATE AVALUATION

АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОРІВНЯЛЬНОГО ПІДХОДУ В ОЦІНЦІ НЕРУХОМОСТІ



Bondarenko Liudmyla P., *Candidate of Engineering Science (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Transport Construction and Property Management, e-mail: BondarenkoLP@gmail.com, тел.+380442803942,*

https://orcid.org/0000-0002-8239-065X



Liashenko Yana G., *PhD in Physics and Mathematics, National Aviation University, Associate Professor of the Department of Higher Mathematics, e-mail: Ya_Lyashnko@ukr.net, тел.+380444067323*

https://orcid.org/0000-0002-7772-7879



Petrenko Nataliia V., *PhD in Economics, National Transport University, Associate Professor of Department of Transport Construction and Property Management, e-mail: npetrenko79@ukr.net, тел. +380680143841,*

https://orcid.org/0000-0002-9873-2327

Abstract. The effectiveness of modern mathematical methods of implementation the comparative approach in real estate evaluation is analyzed in the work. Within this approach the following mathematical methods of determining corrective amendments to the value of the valuation object were analyzed: expert method, method based on solving a system of linear equations, calculation method based on normalized distances in the space of price-forming factors, and correlation-regression method. The main computing formulas and the sequence of calculations for each of the researched methods are outlined. The main criteria for choosing one or another method are defined on the basis of their advantages and disadvantages and application restrictions. The results of a computational experiment investigating the degree of sensitivity of mathematical methods regarding ways of formalization (digitization) of the initial qualitative information in determining the value of real estate objects within a comparative approach are presented. It is represented that the method of determining corrective amendments based on the solution of a system of linear equations is the most sensitive to the choice of the method of digitization of the initial data, the method of calculation based on normalized distances in the space of price-forming factors is less sensitive, and the correlation-regression method is not sensitive at all.

Keywords: real estate, valuation of property and real estate, digitization of original data, comparative approach in real estate valuation, value of real estate object.

Introduction. A valuation of property and property rights to real estate objects is an important prerequisite for the functioning and development of civilized market relations. Therefore, solving the problem of determination the true, fair price of real estate is important for the economy of our country and has a scientific and applied nature.

The practice of domestic real estate valuation to some extent follows foreign methods but there is a significant amount of own methodical developments of Ukrainian scientists whose the theory and practice is presented in the scientific studies of Ya. Markus, S. Hrybovskyi, I. Levykina, S. Sivets, V. Voronin, B. Grabovetskii, N. Maksyshko, V. Horlachuk, Y. Dekhtiarenko, A. Drapikovsky, Y. Kirichenko, M. Lyhogrud, A. Liashchenko, Y. Palekha, L. Perovich, O. Petrakovska, V. Sydorenko, A. Tretiak, P. Cherniaha and many other scientists.

Determining the market value of real estate objects is a time-consuming process based on the analysis of many external and internal economic factors. According to methodological and legislative standpoints the calculation of the value of real estate objects is based on the application of three approaches: cost (based on the concept of costs), income (based on the theory of utility and expectations) and comparative (the theoretical basis of which is the theory of supply and demand) [1].

In practice, the comparative (market) approach to real estate valuation is most often used. It involves determining the value of the appraised object by comparing the prices of recent sales of similar objects on the market.

The main idea of this approach is following: a rational buyer will not pay for a real estate object a price higher than that one at which a similar real estate can be purchased.

The comparative approach can be implemented by means of various methods the application of which depends on the specific conditions and valuation tasks.

Purpose and methods. One of the most difficult stage of implementation a comparative approach in property and real estate valuation is the stage of choosing a definite technique of its implementation. It requires the definition of certain scientifically based criteria for choosing one or another method.

Therefore, it is important to conduct an analysis of modern methods of implementation a comparative approach in the valuation of property and real estate, to estimate the degree of existing methods and models effectiveness and to offer the most effective tools for realization of assessment activities. These issues determined the purpose of this work.

The purpose of the work is to analyze the effectiveness of modern mathematical methods of implementation a comparative approach in real estate valuation and to investigate the degree of their sensitivity to the formalization method (digitization) of the initial qualitative parameters (price-forming factors).

The object of the research is mathematical methods implementing a comparative approach in real estate valuation.

Research methods are mathematical and numerical modeling.

Research was conducted in two main directions:

1. Analysis of existing methods of implementation a comparative approach in real estate valuation, determination of their advantages and disadvantages.

2. Computational experiment from research the sensitivity of mathematical methods of implementation of the comparative approach in real estate valuation regarding the procedure of digitization of initial data (price-forming factors).

Results and explanations. The simplest and most popular method of implementation a comparative approach in property and real estate valuation is the expert method of determining the corrective amendments [2]. It is based on making corrections to the value of similar objects according to certain price-forming factors comparing them with the object of evaluation. Most often, amendments are made to the conditions of sale, location, physical indicators of real estate, and others. At the same time, a certain step is chosen based on the vision of a specific expert conducting the assessment. Most often, such a step is 5%. The final value of the valuation object is output as an arithmetical mean, modal or median value.

It is clear that this method is not formalized in its essence, therefore it depends on the qualification of the expert, the choice of price-forming factors and the calculation step.

A more substantiated and formalized method that implements a comparative approach in the property and real estate valuation is the method of calculation of corrective amendments based on the solution of the system of linear algebraic equations (SLAE) [3, 4].

According to this method, the value of the real estate object is determined by the formula:

$$V_0 = P_i + \sum_{i=1}^{m} \Delta P_{ij} \qquad (1)$$

where V_0 is the value of the object of valuation,

P_i is the value of the i-th analog object,

ΔP_{ij} is adjustment of the price of the i-th analog object for its difference from the object of evaluation according to the j-th price-forming factor,

m is the number of price-forming factors according to which the adjustment is performed.

According to model (1) a comparison of the evaluated object with each of the n selected analog objects is provided sequentially:

$$\begin{cases} V_0 - \Delta x_{11}\Delta P_1 - \Delta x_{12}\Delta P_2 - ... - \Delta x_{1m}\Delta P_m = P_1 \\ V_0 - \Delta x_{21}\Delta P_1 - \Delta x_{22}\Delta P_2 - ... - \Delta x_{2m}\Delta P_m = P_2 \\ ... \\ V_0 - \Delta x_{n1}\Delta P_1 - \Delta x_{n2}\Delta P_2 - ...\Delta x_{nm}\Delta P_m = P_n \end{cases} \quad (2)$$

where Δx_{ij} is the difference of the values of the j-th price-forming factor for the valuation object and the i-th analog object: $\Delta x_{ij} = x_{0j} - x_{ij}$;

ΔP_j is contribution to the value of the valuation object of a unit of the j-th price-forming factor.

It is most convenient to find the solution of system (2) by the matrix method:

$$V = \Delta X^{-1} \cdot P, \quad \textbf{(3)}$$

$$\Delta X = \begin{pmatrix} 1 & -x_{11} & \cdots & -x_{1m} \\ \vdots & \ddots & & \vdots \\ 1 & -x_{n1} & \cdots & -x_{nm} \end{pmatrix}, \; V = \begin{pmatrix} V_0 \\ \Delta P_1 \\ . \\ \Delta P_m \end{pmatrix}, \quad P = \begin{pmatrix} P_1 \\ P_2 \\ . \\ P_m \end{pmatrix}, \quad (4)$$

where ΔX^{-1} is inverse matrix to the matrix ΔX.

The main disadvantage of the represented method is that the number of analog objects must exceed the number of factors by one ($n = m + 1$), which is forced with the specifics of performing arithmetic operations on matrices. This, of course, causes certain difficulties in its implementation.

A more formalized method of weighting factors calculation when determining the value of real estate is the method of normalized distances in the space of price-forming factors, which is based on taking into account the degree of proximity of analog objects to the valuation object.

This method gives good results even if there are significant differences in characteristics between the evaluation object and analog objects.

Within this method, in the *n*-dimensional Euclidean space, center of coordinates is the valuation object and each analog object corresponds to a separate point remote from the center of coordinates (valuation object) by a distance l_i determined by the formula [3 , 4]:

$$l_i = \sqrt{\sum_{j=1}^{m} \left(\Delta k_{ij}\right)^2}, i = \overline{1, n}, \quad (5)$$

$$\Delta k_{ij} = \frac{\Delta x_{ij}}{\sum_{i=1}^{n} \left(\Delta x_{ij}\right)^2}, \quad (6)$$

where Δx_{ij} characterizes the difference between the *i*-th analog object and the valuation object by the *j*-th price-forming factor.

Each value l_i is matched with its inverse value $P_i = \frac{1}{l_i}$, which can be transformed into a weighting factor according to the formula:

$$v_i = \frac{P_i}{\sum_{i=1}^{n} P_i}. \quad (7)$$

The value of the valuation object is defined by the formula:

$$C = \sum_{i=1}^{n} v_i \cdot C_i, \quad (8)$$

where C_i is value of *i*-th analog object.

The advantage of this method is taking into account the degree of proximity of the valuation object to analog objects. Also, this method has no limitations on the number of analog objects and price-forming factors.

If there is a significant amount of information on analog objects then it is most appropriate to determine the market value of the real estate object within multifactor regression analysis, which allows not only to define the current market value of real estate objects, but also to establish causal relationships between price-forming factors, and to predict qualitative and quantitative changes in the real estate market [5, 6].

Within the correlation-regression method, mathematically, the task is reduced to finding an analytical expression reflecting the most optimally the connection of factor characteristics with the outcome measure:

$$Y = f\left(X_1, X_2, X_3, ..., X_n\right). \quad \textbf{(9)}$$

The most difficult problem is the choice of the form of connection between the outcome measure and factor characteristics. However, since any function of many variables can be linearized by logarithm or substitution of variables, multiple regression equations can be expressed in linear form:

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + ... + a_n X_n, \quad (10)$$

where Y is calculated value of the outcome measure;

$X_1, X_2, ..., X_n$ are factor price-forming characteristics;

$a_0, a_1, a_2, ..., a_n$ are regression coefficients for the *i*-th factor.

The coefficients of equation (8) are calculated by the method of least squares. In the case of two-factor regression we have:

$$\begin{aligned} \sum Y &= n a_0 + a_1 \sum X_1 + a_2 \sum X_2 \\ \sum Y X_1 &= a_0 \sum X_1 + a_1 \sum X_1^2 + a_2 \sum X_1 X_2 \\ \sum Y X_2 &= a_0 \sum X_2 + a_1 \sum X_1 X_2 + a_2 \sum X_2^2 \end{aligned} \quad (11)$$

Each coefficient of the equation indicates the degree of influence of the corresponding factor on the outcame indicator at a fixed position of the remaining factors.

In order to identify the comparative strength of influence of separate factors and their reserves, the partial elasticity coefficients and beta-coefficients are calculated according to the formulas:

$$\varepsilon_i = a_i \frac{\overline{X_i}}{\overline{Y}}; \quad \beta_i = a_i \frac{\sigma_{X_i}}{\sigma_Y} \quad (12)$$

where $\overline{X}_i$, σ_{X_i} are means and standard deviations of *i*-th factor;

$\overline{Y}$, σ_Y are mean and standard deviation of outcome measure.

Partial coefficients of elasticity represent by how many percent, on average, the outcome measure will change with a change of 1% of each factor with a fixed position of other factors.

The absolute advantage of the correlation-regression method is the ability to take into account the variability of the real estate market, its stochastic nature and multifactoriality.

The value of real estate is known to depend on a number of price-forming factors, which are mostly of a qualitative nature. Such factors may include the location of the object, its technical condition, availability of landscaping, parking spaces, etc. Therefore, one of the main prerequisites for the application of any mathematical method in real estate evaluation is the formalization of the initial information that cannot be quantified, that is, its digitization.

Most often, in practice, the process of formalization (digitization) of qualitative parameters into quantitative ones performs by assigning them certain points on an ordinal (ranking) scale, where the highest point corresponds to the best quality of a certain parameter accordingly, the lowest point corresponds to the worst quality. At the same time, the so-called "1-9" scale (Table 1) is quite popular [3].

Table 1 – Rating scale «1-9»
Таблиця 1 – Шкала оцінювання «1-9»

Gradation of assessment	Scale value
The worst factor value	1-2
Insignificant advantage	3-4
Significant advantage	5-6
Clear advantage	7-8
Absolute advantage	9

It is quite obvious that the use of the relative scale "1-9" depends on the subjectivity of the evaluator and the initial ranking of quality parameters.

A logical question arises, are all mathematical methods equally sensitive to the method of digitization of the initial data and how does the choice of one or another score affect the final calculated value of the real estate object? In order to answer these questions, within this work, a series of computational experiments was conducted to investigate the sensitivity of the considered mathematical methods to the method of formalization (digitization) of the initial quality parameters (price-forming factors).

When studying the sensitivity of mathematical methods to ways of formalization (digitization) of the initial parameters it is advisable to evaluate them within the probability and statistical methods, while determining the following characteristics of the sample (series of numerical experiments) [7]:

- the sample mean of the value of the real estate object of n experiments:

$$\overline{X} = \sum_{i=1}^{n} \frac{X_i}{n}, \tag{13}$$

X_i is the value of the real estate object obtained in the *i*-th numerical experiment;

- sample variance and standard deviation for the investigated sample:

$$D = \sum_{i=1}^{n} \frac{X^2_i}{n} - \overline{X}^2, \ \delta = \sqrt{D}. \tag{14}$$

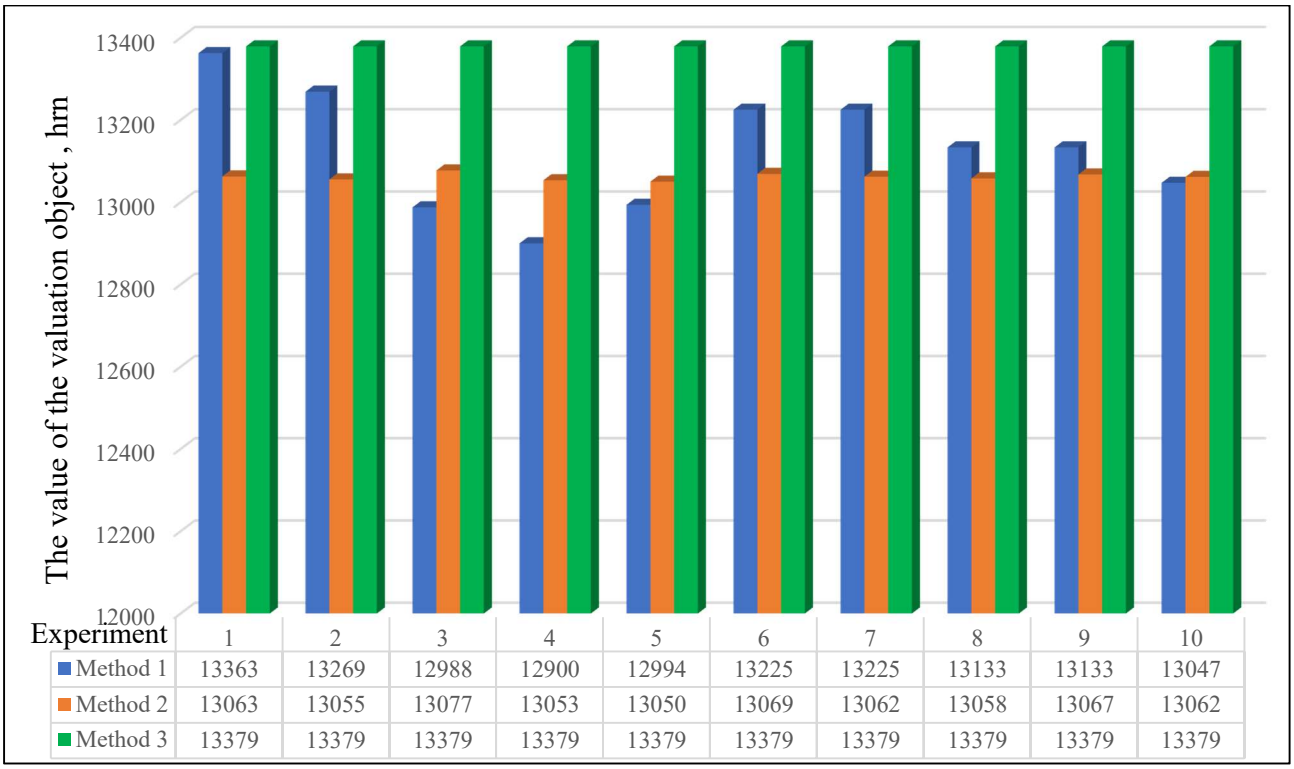
For each of the above mathematical methods, a series of 10 computational experiments was carried out, the main idea of which was to vary different methods of initial digitization of the original parameters and to compare the obtained final results of the value of the valuation object. The initial data for the test example are represented in Table 2 (E.O. is valuation object, A1-A5 are analog objects).

The analysis of the initial information (Table 2) allows us to conclude that all price-forming factors affecting the final value of the object of assessment are of a qualitative nature. Among them, the price-forming factor "availability of parking" should be formalized by using a binary variable, which will take the value 1 if there is a parking space and 0 if there is no parking space. The other three price-forming factors (location,

technical condition, availability of landscaping) can be logically ranked, which makes it possible to digitize them using a ranking scale. For example, the price-forming factor "technical condition" can be ranked as follows: satisfactory - good - excellent. At the same time, the formalization of this parameter is possible in various ways (for example, 1-2-3; 1-3-5, ...) [8].

Table 2. – Initial test data about the valuation object and analog objects
Таблиця 2 – Вихідні тестові дані про об'єкт оцінки та об'єкти-аналог

	Technical condition	Location	Availability of landscaping	Availability of parking	Value 1 м^2
V.O.	good	central	water supply, lighting	available	
A1	good	central	all good things	available	13500
A2	excellent	median	all good things	available	13500
A3	satisfactory	median	water supply, lighting	no	12900
A4	satisfactory	median	lighting	available	12850
A5	satisfactory	central	without landscaping	available	12900



Experiment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Method 1	13363	13269	12988	12900	12994	13225	13225	13133	13133	13047
Method 2	13063	13055	13077	13053	13050	13069	13062	13058	13067	13062
Method 3	13379	13379	13379	13379	13379	13379	13379	13379	13379	13379

Figure 1 – The results of a computational experiment on the sensitivity of mathematical methods for the implementation of a comparative approach in real estate valuation in relation to the procedure for digitizing the initial data
Рисунок 1 – Результати обчислювального експерименту із дослідження чутливості математичних методів реалізації порівняльного підходу в оцінці нерухомості щодо процедури оцифрування вихідних даних

Figure 1 represents the results of 10 numerical experiments on the calculation of the value of the test real estate object by the method of determining corrective amendments based on the solution of the system of linear equations (Method 1); on the basis of normalized distances in the space of price-forming factors (Method 2); correlation-regression method (Method 3).

Summarizing the results of calculations obtained by various mathematical methods (Table 3), we can conclude that the method of determining corrective amendments based on the solution of a system of linear equations (Method 1) is the most sensitive to the choice of the method of digitizing the initial data, less sensitive is the calculation method based on normalized distances in the space of price-forming factors (Method 2) and not sensitive at all is correlation-regression method (Method 3).

Table 3 – The results of a computational experiment on the sensitivity of mathematical methods for the implementation of a comparative approach in real estate valuation in relation to the procedure for digitizing the initial data

Таблиця 3 – Результати обчислювального експерименту із дослідження чутливості математичних методів реалізації порівняльного підходу в оцінці нерухомості щодо процедури оцифрування вихідних даних

	Sample mean of the value of the valuated object, hrn./m^2	Standard deviation, hrn
Method of determining corrective amendments based on the solution of the system of linear equations (Method 1)	13127,6	137,8
Method based on normalized distances in the space of price-forming factors (Method 2)	13061,6	7,65
Correlation-regression method (Method 3)	13378,9	0

Conclusions and recommendations

Nowadays, the comparative approach is the most popular at evaluating property and real estate, due to its flexibility and marketability. However, the application of known mathematical methods of implementing a comparative approach is associated with certain limitations and conditions imposed on the initial information about analog objects. Therefore, the evaluator must carefully and attentively approach the choice of one or another calculation method.

A computational experiment of investigation the sensitivity of various mathematical methods to the procedure of formalization (digitization) of the initial qualitative information at determining the value of real estate objects within the comparative approach represents the following. The method of determining corrective amendments based on the solution of a system of linear equations is the most sensitive to the choice of the method of digitization of the initial data, the method of calculation based on normalized distances in the space of price-forming factors is less sensitive, and the correlation-regression method is not sensitive and this fact is its absolute advantage.

References

1. Natsional′nyy standart №1 “Zahal′ni zasady otsinky mayna ta maynovykh prav”. Zatverdzheno Postanovoyu Kabinetu Ministriv Ukrayiny vid 10 veresnya 2003 r. N 1440 – [Elektronnyy resurs]. – Rezhym dostupu: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1440-2003-%D0%BF#Text

2. Otsinka ta upravlinnya nerukhomistyu: navchal′nyy posibnyk / [V. R. Kucherenko, M. A. Zayets′, O. V. Zakharchenko, N. V. Smentyna, V. O. Ulybina]. – Odesa: Vydavnytstvo TOV «Leradruk», 2013. – 272 s.

3. Primeneniye metodov matrichnoy algebry pri otsenke imushchestva / [S.A.Sivets, I.L.Levykina (pod obshchey redaktsiyey Ya.I.Markusa)] // Praktika otsenki/ - K. Yekonomíka, 2008. – 66s.

4. Gribovskiy S.V., Sivets S.A., Levykina I.A. Novyye vozmozhnosi sravnitel'nogo podkhoda pri reshenii starykh problem // Gosudarstvennyy informatsionnyy byuleten' o privatizatsii, №4, 2003

5. Olena Slavinska, Vyacheslav Savenko, Lyudmila Bondarenko, Andrey Bubela. (2017). Improvement of methods of the property valuation based on mathematical and numerical modeling / Eureka: physics and engineering - Vol.6. – P.3-14

6. Bondarenko L.P. Zastosuvannya metodiv matematychnoho modelyuvannya dlya pryynyattya upravlins′kykh rishen′ v otsintsi nerukhomosti / Savenko V.YA., , Bondarenko L.P, Usychenko O.YU. // Avtomobil′ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo –Vyp.98. – 2016. – S.204-212

7. Teoriya ymovirnostey ta matematychna statystyka: navchal′nyy posibnyk / O. I. Ohirko, N. V. Halayko. – L′viv: L′vDUVS, 2017. – 292 s.

8. Bubela A.V., Bondarenko L.P., Kvatadze YE.I. Osoblyvosti formalizatsiyi yakisnykh tsinoutvoryuyuchykh faktoriv pry realizatsiyi matematychnykh metodiv v otsintsi nerukhomosti // Ekonomichnyy rozvytok: teoriya, metodolohiya, upravlinnya [materialy VII Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi]. – Nemeros s.r.o. – Prague. – 2021.- S.22-29.

АНАЛІЗ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОРІВНЯЛЬНОГО ПІДХОДУ В ОЦІНЦІ НЕРУХОМОСТІ

Бондаренко Людмила Петрівна, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном, e-mail: BondarenkoLP@gmail.com, тел.+380442803942, https://orcid.org/0000-0002-8239-065X

Ляшенко Яна Григорівна, кандидат фізико-математичних наук, Національний авіаційний університет, доцент кафедри вищої математики, e-mail: Ya_Lyashnko@ukr.net, тел.+380444067323, https://orcid.org/0000-0002-7772-7879

Петренко Наталія Валеріївна, PhD за спеціальністю 051 «Економіка», Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном, e-mail: npetrenko79@ukr.net**,** тел. +380680143841, https://orcid.org/0000-0002-9873-2327

Анотація. В роботі проведено аналіз ефективності сучасних математичних методів реалізації порівняльного підходу в оцінці нерухомості. В рамках даного підходу проаналізовано такі математичні методи визначення коригуючих поправок до вартості об'єкта оцінки як: експертний метод, метод на основі розв'язання системи лінійних рівнянь, метод розрахунку на основі нормованих відстаней в просторі ціноутворюючих факторів та кореляційно-регресійний метод. Викладено основні розрахункові формули та послідовність проведення розрахунків для кожного із досліджуваних методів. Визначено основні критерії вибору того чи іншого методу на основі аналізу їх переваг і недоліків, обмежень щодо застосування. Представлено результати обчислювального експерименту із дослідження ступеню чутливості математичних методів щодо способів формалізації (оцифрування) вихідної якісної інформації при визначенні вартості об'єктів нерухомості в рамках порівняльного підходу. Показано, що найбільш чутливим по відношенню до вибору способу оцифрування вихідних даних є метод визначення коригуючих поправок на основі розв'язання системи лінійних рівнянь, менш чутливим є метод розрахунку на основі нормованих відстаней в просторі ціноутворюючих факторів та взагалі не чутливим - кореляційно-регресійний метод.

Ключові слова: нерухоме майно, оцінка майна та нерухомості, оцифрування вихідних даних, порівняльний підхід в оцінці нерухомості, вартість об'єкта нерухомості.

Перелік посилань

1. Національний стандарт №1 "Загальні засади оцінки майна та майнових прав". Затверджено Постановою Кабінету Міністрів України від 10 вересня 2003 р. N 1440 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1440-2003-%D0%BF#Text

2. Оцінка та управління нерухомістю: навчальний посібник / [В. Р. Кучеренко, М. А. Заєць, О. В. Захарченко, Н. В. Сментина, В. О. Улибіна]. – Одеса: Видавництво ТОВ «Лерадрук», 2013. – 272 с.

3. Применение методов матричной алгебры при оценке имущества / [С.А.Сивец, И.Л.Левыкина (под общей редакцией Я.И.Маркуса)] // Практика оценки / - К. Економіка, 2008. – 66с.

4. Грибовский С.В., Сивец С.А., Левыкина И.А. Новые возможноси сравнительного подхода при решении старых проблем // Государственный информационный бюлетень о приватизации, №4, 2003

5. Olena Slavinska, Vyacheslav Savenko, Lyudmila Bondarenko, Andrey Bubela. (2017). Improvement of methods of the property valuation based on mathematical and numerical modeling / Eureka: physics and engineering – Vol.6. – P.3-14

6. Бондаренко Л.П. Застосування методів математичного моделювання для прийняття управлінських рішень в оцінці нерухомості / Савенко В.Я., , Бондаренко Л.П, Усиченко О.Ю. // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво –Вип.98. – 2016. – С.204-212

7. Теорія ймовірностей та математична статистика: навчальний посібник / О. І. Огірко, Н. В. Галайко. – Львів: ЛьвДУВС, 2017. – 292 с.

8. Бубела А.В., Бондаренко Л.П., Кватадзе Є.І. Особливості формалізації якісних ціноутворюючих факторів при реалізації математичних методів в оцінці нерухомості // Економічний розвиток: теорія, методологія, управління [матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції]. – Nemeros s.r.o. – Prague. – 2021.- С.22-29

УДК 336.77: 658.14.012 **DOI: 10.33744/0365-8171-2022-111-391-398**
UDC 336.77: 658.14.012

ОСОБЛИВОСТІ ОТРИМАННЯ КРЕДИТУ В ІНОЗЕМНІЙ ВАЛЮТІ ТА ЙОГО ОБЛІК І АУДИТ НА ПІДПРИЄМСТВІ

FEATURES OF RECEIVING, ACCOUNTING AND AUDIT OF LOANS IN FOREIGN CURRENCY AT THE ENTERPRISE



Горобінська Ірина Владиславівна, *кандидат економічних наук, старший викладач кафедри фінансів, обліку і аудиту, Національний транспортний університет, e-mail: irynavladuslavivna@gmail.com +38067-782-26-74, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 424.*

https://orcid.org/0000-0001-9670-7198



Гошовська Валентина Василівна*, кандидат економічних наук, доцент кафедри фінансів, обліку і аудиту, Національний транспортний університет, e-mail: argonita2@ukr.net, +38098-465-04-54, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 424.*

https://orcid.org/0000-0002-5942-5690



Масалітіна Вікторія Володимирівна, *кандидат економічних наук, доцент кафедри фінансів, обліку і аудиту, Національний транспортний університет, e-mail: torimasalitina@gmail.com +38096-920-13-98, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 424.*

https://orcid.org/0000-0002-9088-3403



Наконечна Світлана Анатоліївна, *старший викладач кафедри фінансів, обліку і аудиту, Національний транспортний університет, e-mail: Rudenkova@ukr.net +38063-837-37-31, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 424.*

https://orcid.org/0000-0003-0507-4116

Анотація. Статтю присвячено особливостям отримання кредиту в іноземній валюті та його облік і аудит на підприємстві.

Актуальність обраної теми пояснюється тим, що забезпечення сталого розвитку підприємств вимагає належного фінансування за рахунок різних складових власного, залученого та позикового капіталів, в тому числі і кредитування в іноземній валюті. На кінець 2021 р. частка залишків за кредитами, наданими в іноземній валюті становила 29% кредитного портфеля комерційних банків, що вказує на присутність кредитування в іноземній валюті та необхідність дослідження і наукового обґрунтування механізму отримання кредиту в іноземній валюті, його облік і аудит на підприємстві.

Об'єкт дослідження – кредитування в іноземній валюті, його облік і аудит на підприємстві.

Мета дослідження – обґрунтуванні особливостей отримання кредиту в іноземній валюті та його облік і аудит на підприємстві для забезпечення повної і достовірної інформації про фінансові зобов'язання підприємства.

Методи дослідження – аналізу та синтезу, системного аналізу, статистичного аналізу для дослідження динаміки і структури кредитів, наданих підприємствам комерційними банками в іноземній валюті, динаміки середньорічних процентних ставок за кредитами, наданими підприємствам.

За показниками залишків коштів за кредитами, наданими в іноземній валюті та частки кредитів в іноземній валюті в кредитному портфелі комерційних банків визначено умовні періоди. Перший умовний період розвитку кредитування в іноземній валюті тривав до 2008 р., який характеризується високим та постійно зростаючим попитом на кредити в іноземній валюті; часткою залишків за кредитами, наданими в іноземній валюті 59% у 2008 р., зменшення валютного курсу та низькими відсотковими ставками за користування кредитами в іноземній валюті проти національної валюти. Другий умовний період розвитку кредитування в іноземній валюті розпочався під час фінансової кризи 2008 р., який характеризується зменшенням залишків за кредитами, наданими в іноземній валюті у 5 разів через запроваджені інституційні обмеження. Визначено особливості кредитування в іноземній валюті. Розроблено послідовність етапів аудиту кредитування в іноземній валюті на підприємстві.

Ключові слова: кредит, кредитування, іноземна валюта, облік кредитів підприємства, аудит кредитів підприємства.

Постановка проблеми. Забезпечення сталого розвитку підприємств вимагає належного фінансування за рахунок різних складових власного, залученого та позикового капіталів. На прикладі транспортних підприємств, вимагає належного фінансування оновлення та модернізацію основних засобів, придбання транспортних засобів, що будуть використовуватись в основній діяльності підприємства, придбання об'єктів прав інтелектуальної власності, які безпосередньо пов'язані з реалізацією інвестиційних проектів, фінансування оборотного капіталу за умови, що він використовується для забезпечення інвестиційного проекту [1, с. 85]. На кінець 2021 р. частка залишків за кредитами, наданими в іноземній валюті становила 29% кредитного портфеля комерційних банків [2], що вказує на присутність кредитування в іноземній валюті та необхідність дослідження і наукового обґрунтування механізму отримання кредиту в іноземній валюті, його облік і аудит на підприємстві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми обліку кредитів комерційних банків підприємствами завжди перебували в центрі уваги вчених: С.М. Пилипенко та Л.О. Гелей досліджували особливості ведення синтетичного обліку довгострокових і короткострокових кредитів банку [3]; М.М. Бенько та Н. В. Приймак, К. В. Безверхий досліджували актуальні питання обліку кредитування підприємств торгівлі [4-5], О. Г. Пономаренко досліджували дискусійні аспекти обліку кредитування аграрних підприємств [6]. Особливу увагу доцільно приділити обліку кредитів в іноземній валюті, що пояснюється необхідністю обліку не лише кредитів як одного з виду зобов'язань, а й курсових різниць та валютних коливань. Облікове забезпечення операцій в іноземній валюті у частині курсових різниць та валютних коливань досліджували К.С. Єлізарова [7], М.В. Рета [8], А. С. Колєсніченко [9] та ін. Однак, питання обліку та аудиту кредитів підприємств, одержаних в іноземній валюті залишаються недостатньо висвітленими та дослідженими у наукових публікаціях.

Постановка завдання. Мета статті полягає в обґрунтуванні особливостей отримання кредиту в іноземній валюті та його облік і аудит на підприємстві для забезпечення повної і достовірної інформації про фінансові зобов'язання підприємства.

Виклад основного матеріалу дослідження. Високий рівень доларизації економіки Україні через низку економічних та неекономічних факторів продукував постійний попит на кредити в іноземній валюті. За даними Національного банку України [2], за показниками залишків коштів за кредитами, наданими в іноземній валюті та частки кредитів в іноземній валюті в кредитному портфелі комерційних банків за останні два десятиліття (рисунок 1) можна визначити умовні періоди.

Перший умовний період розвитку кредитування в іноземній валюті тривав до 2008 р., який характеризується високим та постійно зростаючим попитом на кредити в іноземній валюті як від фізичних осіб, так і від підприємств; частка залишків за кредитами, наданими в іноземній валюті у 2008 р. становила 59%, що вказує на переважання валютних кредитів у кредитному портфелі комерційних банків проти кредитів наданих у національній валюті. У 2002-2008 рр. залишки за кредитами, наданими в іноземній валюті зросли у 17 разів зі збільшенням частки залишків за кредитами, наданими в іноземній валюті на 17 в.п. за умови зменшення валютного курсу (2002-2004 рр. - 5,3 грн/дол. США,

2005-2007 рр. - 5,1 грн/дол. США, 2008 р. - 5,3 грн/дол. США [10]) та нижчих відсоткових ставок за користування кредитами в іноземній валюті проти національної валюти (рисунок 2), експансії комерційних банків з іноземним капіталом на банківський ринок України та доступом до валютних вкладень від материнських банків. Погоджуємося з думкою О.І. Береславської та Я.Г. Підсосонної, що «найактивніше валютне кредитування здійснювали дочірні установи іноземних банків. Не маючи необхідного обсягу ресурсної бази в національній валюті вони могли отримувати дешеві ресурси від іноземних материнських компаній у відповідних іноземних валютах» [11, с. 129].

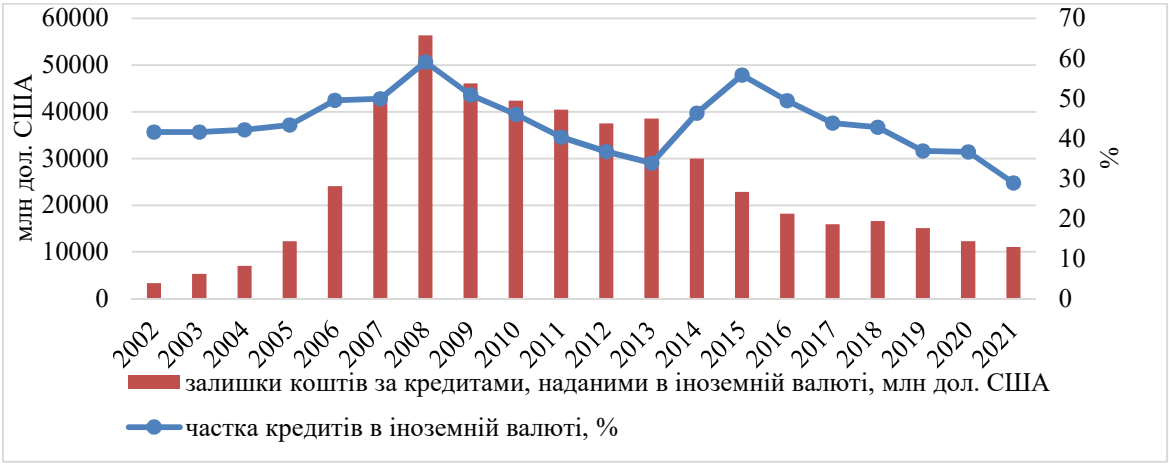


Рисунок 1 – Динаміка кредитів, наданих комерційними банками в іноземній валюті у 2002-2021 рр.
Figure 1 – Dynamics of loans granted by commercial banks in foreign currencies in 2002-2021
Джерело: створено авторами на основі даних Національного банку України [2]

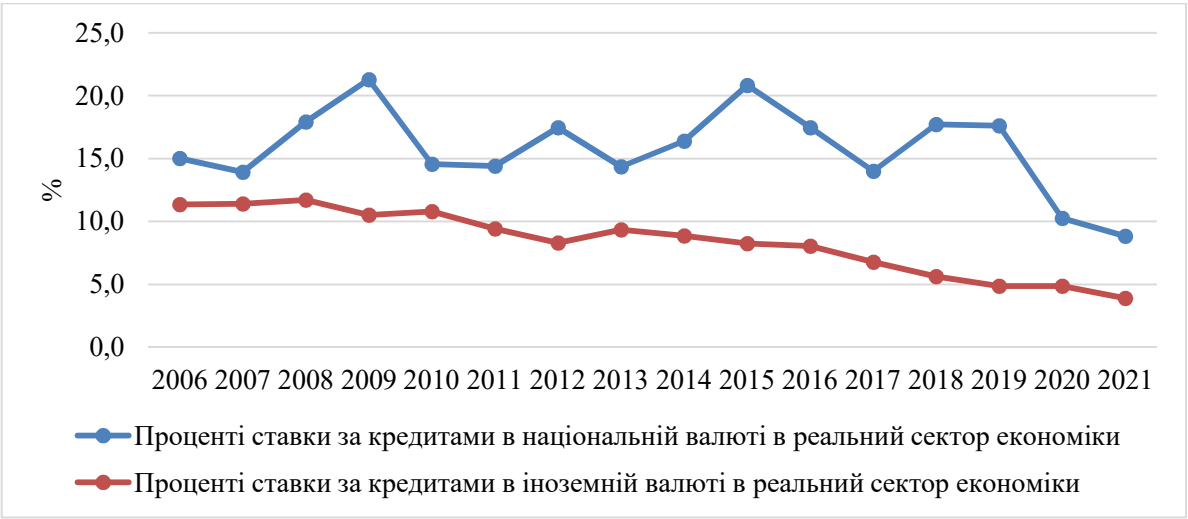


Рисунок 2 – Динаміка середньорічних процентних ставок за кредитами в реальний сектор економіки у 2006-2021 рр.
Figure 2 – Dynamics of average annual interest rates for loans to the real economy sector in 2006-2021
Джерело: створено авторами на основі даних Національного банку України [2]

Другий умовний період розвитку кредитування в іноземній валюті розпочався під час фінансової кризи 2008 р., який характеризується зменшенням залишків за кредитами, наданими в іноземній валюті у 5 разів та частки залишків за кредитами, наданими в іноземній валюті у 2 рази. Зменшення обсягів кредитування в іноземній валюті відбувалося відповідно до зміни валютної політики НБУ та запроваджених інституційних обмежень: заборона на споживче кредитування фізичних осіб в іноземній валюті за винятком оплати послуг нерезидентам за лікування та навчання за кордоном у 2009

р. [12] та повна заборона на споживче кредитування фізичних осіб в іноземній валюті у 2011 р. [13]; обмеження кредитування юридичних осіб за винятком експортно-імпортних операцій та діяльності спільних підприємств. До 2019 р. особливості отримання кредиту в іноземній валюті визначалися Положенням про порядок отримання резидентами кредитів, позик в іноземній валюті від нерезидентів і надання резидентами позик в іноземній валюті нерезидентам від 17.06.2004 № 270 [14] та передбачали наявність уповноваженого банку, максимальних значень процентної ставки (процентна ставка з урахуванням комісій, неустойки та інших установлених договором зборів, платежів, санкцій за неналежне виконання договору), реєстрацію договору Національним банком України, виключно безготівкову форму одержання кредиту та виконання боргових зобов'язань. Комерційні банки України здійснювали кредитування підприємств в іноземній валюті відповідно до особливостей їх експортно-імпортної діяльності, наявності потреби в кредитуванні у іноземній валюті для придбання у нерезидентів товарів, робіт чи послуг та наявного підтвердження одержання валютної виручки.

Таким чином, кредитування в іноземній валюті передбачене для підприємств, що мають валютні надходження. Відповідно, перелік документів для отримання кредиту в національній та іноземній валюті буде частково відрізнятися. Окрім установчих та реєстраційних документів, інформації про менеджмент позичальника, заяви про надання кредиту, бізнес-плану чи техніко-економічного обґрунтування потреби в кредиті, інформації про кредитну історію, звіт суб'єкта аудиторської діяльності з висловленою думкою/відмовою щодо фінансової звітності, для отримання кредиту в іноземній валюті необхідно надати підтверджуючі документи отримання виручки в іноземній валюті.

Воєнний стан відкоригував кредитування в іноземній валюті в напрямі тимчасової заборони кредитування юридичних осіб у національній валюті для погашення кредитів в іноземній валюті; зміни валюти виконання кредитних договорів, укладених з юридичними особами з іноземної валюти на національну валюту.

Облік кредитів в іноземній валюті має певні особливості та складність порівняно з обліком кредитів в національній валюті. Порядок обліку кредитів в іноземній валюті регламентується сукупністю нормативно-правових актів:

– Закон України «Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні» від 16.07.1999 р. № 996-XIV,

– Інструкція про застосування Плану рахунків бухгалтерського обліку активів, капіталу, зобов'язань і господарських операцій підприємств і організацій від 30.11.1999 р. № 291. Для обліку кредитів банків в іноземній валюті використовують субрахунки 502 «Довгострокові кредити банків в іноземній валюті», 504 «Відстрочені довгострокові кредити банків в іноземній валюті», 602 «Короткострокові кредити банків в іноземній валюті», 604 «Відстрочені короткострокові кредити банків в іноземній валюті», 606 «Прострочені позики в іноземній валюті», для обліку нарахованих та сплачених відсотків – субрахунок 951 «Відсотки за кредит», для обліку курсових різниць – субрахунки 744 «Дохід від неопераційної курсової різниці» або 945 «Втрати від операційної курсової різниці», для обліку витрат, пов'язаних з отриманням кредитів (комісійних та інших витрат) – 92 «Адміністративні витрати»;

– НП(с)БО 11 «Зобов'язання» від 31.01.2000 р. № 20 у частині формування в бухгалтерському обліку інформації про довгострокові та короткострокові кредити в іноземній валюті та її розкриття у фінансовій звітності;

– НП(с)БО 16 «Витрати» від 31.12.1999 р. № 318 у частині визнання витрат від операційної курсової різниці (п. 20 НП(с)БО 16), витрат за видачу кредиту (п. 18 НП(с)БО 16), витрат на проценти (п. 27 НП(с)БО 16) та невизнання витратами погашення одержаних позик, в тому числі в іноземній валюті (п. 9 НП(с)БО 16);

– НП(с)БО 21 «Вплив змін валютних курсів» від 10.08.2000 р. № 193 у частині відображення кредитів в іноземній валюті в грошовій одиниці України. Відповідно до п. 5 НП(с)БО 21, операції в іноземній валюті під час первісного визнання відображаються у валюті звітності шляхом перерахунку суми в іноземній валюті із застосуванням валютного курсу на початок дня, дати здійснення операції. Таким чином, кредит, одержаний підприємством в іноземній валюті під час первісного визнання відображаються у грошовій одиниці України із застосуванням валютного курсу на початок дня одержання кредиту. На кожну дату балансу монетарні статті в іноземній валюті відображаються з використанням валютного курсу на кінець дня дати балансу (п. 7 НП(с)БО 21). Кредити, одержані

підприємством належать до монетарних статей, тому підлягають відображенню на кожну дату балансу з використанням актуального валютного курсу. Курсові різниці від вартості кредитів, одержаних в іноземній валюті відображаються у складі інших операційних доходів (витрат).

– НП(с)БО 1 «Загальні вимоги до фінансової звітності» від 07.02.2013 р. № 73 у частині визначення періодичності складання фінансової звітності та розрахунку курсових різниць: І квартал, перше півріччя, дев'ять місяців, рік. Баланс складають та подають станом на такі звітні дати: 31 березня, 30 червня, 30 вересня (для проміжної фінзвітності) та на 31 грудня (для річної). Виходячи з цього, курсові різниці необхідно визначати за курсом НБУ, який діяв станом на 31.03, 30.06, 30.09 і 31.12. Виключенням виступають ті суб'єкти господарювання, які звітують раз на рік, для них розрахунок курсових різниць проводять на дату балансу – тобто на 31.12 [9].

Типова кореспонденція рахунків за кредитами, одержаними в іноземній валюті наведена у табл. 1. Аналітичний облік за кредитами, одержаними в іноземній валюті ведеться в розрізі кожного кредиту окремо.

Таблиця 1 – Кореспонденція рахунків за кредитами, одержаними в іноземній валюті
Table 1 – Correspondence of accounts for foreign currency loans

№ з/п	Зміст господарських операцій	Кореспонденція рахунків	
		Дебет	Кредит
1	Отримано кредит в іноземній валюті на поточний рахунок банку		
	– довгостроковий	312	502
	– короткостроковий	312	602
2	Відображено належні до сплати відсотки за кредит	951	684
3	Сплачено відсотки за користування кредитом	684	312
4	Списано на фінансовий результат нараховані відсотки за кредит	792	951
5	Погашено кредит		
	– довгостроковий	502	312
	– короткостроковий	602	312
6	Пролонговано (відстрочено) кредит		
	– довгостроковий	502	504
	– короткостроковий	602	604
7	Погашено відстрочений кредит		
	– довгостроковий	504	312
	– короткостроковий	604	312
8	Переоцінено суми кредиту на останній день кварталу (при зростанні офіційного курсу іноземної валюти)		
	– довгостроковий	502	744
	– короткостроковий	602	744
9	Переоцінено суми кредиту на останній день кварталу (при зменшенні офіційного курсу іноземної валюти)		
	– довгостроковий	945	502
	– короткостроковий	945	602

Проведення аудиту кредитів, одержаних в іноземній валюті слід проводити як складову загальної аудиторської перевірки підприємства або за ініціативи стекхолдерів. Проведення аудиту кредитів, одержаних в іноземній валюті умовно можна поділити на кілька змістовних етапів:

1. Ознайомлення з діяльністю підприємства, особливостями його діяльності, наявністю кредитів, одержаних в іноземній валюті від резидентів (комерційні банки України) та нерезидентів (іноземні комерційні банки, міжнародні фінансові організації тощо).

2. Планування аудиту кредитів, одержаних в іноземній валюті та узгодження плану з стекхолдерами.

3. Перевірка та підтвердження правильності обліку кредитів, одержаних в іноземній валюті і відображення у фінансовій звітності підприємства**. Даний етап передбачає наступні аудиторські процедури: перевірка відповідності кредитних операцій нормам чинного законодавства (**Закон України «Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні» від 30.11.1999 р. № 291, Інструкція про застосування Плану рахунків бухгалтерського обліку активів, капіталу, зобов'язань і

господарських операцій підприємств і організацій від 30.11.1999 р. № 291, НП(с)БО, МСБО або МСФЗ тощо**); дослідження первинних документів, якими здійснювалося регламентування** кредитів, одержаних в іноземній валюті (кредитний договір, графік платежів, виписки банку); **перевірка дотримання графіку погашення кредиту; перевірка дотримання графіку нарахування і сплати відсотків за користування кредитом,** одержаним в іноземній валюті; **перевірка дотримання графіку** переоцінка суми кредиту**,** одержаного в іноземній валюті тощо.

4. Підведення підсумків аудиту, яке передбачає складання аудиторського звіту та розробка сукупності рекомендацій для підприємства з питань обліку кредитів, одержаних в іноземній валюті, валютних різниць, що виникають внаслідок кредитування в іноземній валюті**.**

Висновки з даного дослідження. Отже, незважаючи на запроваджені після фінансової кризи 2008 р. інституційні обмеження кредитування в іноземній валюті, суб'єкти господарювання формують попит на кредити в іноземній валюті від резидентів та нерезидентів. Облік кредитів в іноземній валюті має певні особливості та складність порівняно з обліком кредитів в національній валюті. Наведено кореспонденцію рахунків бухгалтерського обліку за кредитами, одержаними в іноземній валюті за типовими операціями: отримання кредиту в іноземній валюті, нарахування і сплата відсотків за користування кредитом, погашення чи пролонгування кредиту в іноземній валюті, переоцінка кредиту в іноземній валюті та відображення курсових різниць.

Перелік посилань

1. Горобінська І.В. Модернізація схем банківського кредитування на основі державно-приватного партнерства. *Вісник Національного транспортного університету. Серія «Економічні науки».* 2022. Вип. 52. С. 81-88.

2. Грошово-кредитна статистика [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://bank.gov.ua/ua/statistic/sector-financial#1ms

3. Пилипенко С. М., Гелей Л. О. Проблемні аспекти обліку кредитів банку. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія : Економіка і менеджмент*. 2019. Вип. 40. С. 184-190.

4. Бенько М. М., Приймак Н. В. Актуальні питання методики бухгалтерського обліку фінансових інструментів кредитування підприємств торгівлі. *Держава та регіони. Серія : Економіка та підприємництво.* 2019. № 1. С. 141-148.

5. Безверхий К. В. Особливості бухгалтерського обліку деяких фінансових інструментів кредитування торгівельних підприємств. *Міжнародний науковий журнал "Інтернаука". Серія : Економічні науки*. 2019. № 4 (24). С. 42-47.

6. Пономаренко О. Г. Дискусійні аспекти обліку зобов'язань за кредитами банків. *Економіка та держава.* 2019. № 7. С. 50–54. DOI:10.32702/2306-6806.2019.7.50

7. Єлізарова К. С. Бухгалтерський облік зміни валютних курсів. *Фінансовий простір*. 2018. № 2. С. 55-70.

8. Рета М. В. Облікове забезпечення операцій в іноземній валюті: окремі аспекти. *Молодий вчений.* 2017. № 2. С. 312-318.

9. Колєсніченко А. С. Курсові різниці в обліку та звітності суб'єктів господарювання. *Ефективна економіка*. 2020. № 4. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2020_4_57

10. Офіційний курс гривні щодо іноземних валют [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://bank.gov.ua/ua/markets/exchangerates

11. Береславська О. І., Підсосонна Я. Г. Актуальні питання валютного кредитування в Україні. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія: Економічні науки*. 2015. Впп. 15(5). С. 129-133.

12. Закон України «Про внесення змін до деяких законів України з метою подолання негативних наслідків фінансової кризи» від 23.06.2009 р. № 1533-VI [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.Ua/laws/show/1533-17#Text

13. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо врегулювання відносин між кредиторами та споживачами фінансових послуг» від 22.09.2011 р. № 3795-VI [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.Ua/laws/show/3795-17/ed20121018#Text

14. Постанова Національного банку України «Про затвердження Положення про порядок отримання резидентами кредитів, позик в іноземній валюті від нерезидентів і надання резидентами позик в іноземній валюті нерезидентам» від 17.06.2004 р. № 270 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0885-04#Text

FEATURES OF RECEIVING, ACCOUNTING AND AUDIT OF LOANS IN FOREIGN CURRENCY AT THE ENTERPRISE

Horobinska Iryna V., Національний транспортний університет, старший викладач кафедри фінансів, обліку і аудиту, e-mail: irynavladuslavivna@gmail.com +38067-782-26-74, Ukraine, 01010, Kyiv, str. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 424, https://orcid.org/0000-0001-9670-7198
Hoshovska Valentine V., Національний транспортний університет, кандидат економічних наук, доцент кафедри фінансів, обліку і аудиту, e-mail: argonita2@ukr.net, +38098-465-04-54, Ukraine, 01010, Kyiv, str. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 424, https://orcid.org/0000-0002-5942-5690
Masalitina Viktorich V., Національний транспортний університет, кандидат економічних наук, доцент кафедри фінансів, обліку і аудиту, e-mail: torimasalitina@gmail.com +38096-920-13-98, Ukraine, 01010, Kyiv, str. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 424, https://orcid.org/0000-0002-9088-3403
Nakonechna Svetlana A., Національний транспортний університет, старший викладач кафедри фінансів, обліку і аудиту, e-mail: Rudenkova@ukr.net +38063-837-37-31, Ukraine, 01010, Kyiv, str. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 424, https://orcid.org/0000-0003-0507-4116

Abstract. The article is devoted to the features of receiving, accounting and auditing of a loan in foreign currency at the enterprise.

The topicality of the topic is explained by the fact that ensuring the sustainable development of enterprises requires adequate financing at the expense of various components of equity capital, borrowed capital and loan capital, including lending in foreign currency. the share of balances for loans granted in foreign currency was 29% of the loan portfolio of commercial banks in 2021. This indicates the presence of lending in foreign currency and the need for research and scientific substantiation of the mechanism for obtaining, clearing and auditing loans in foreign currency.

The object of the study is crediting, accounting and auditing in foreign currency at the enterprise.

The purpose of the study is to substantiate the peculiarities of obtaining, accounting and auditing foreign currency loans at the enterprise to ensure complete and reliable information about the financial obligations of the enterprise.

The methods of the study are analysis and synthesis, system analysis, statistical analysis to study the dynamics and structure of loans granted to enterprises by commercial banks in foreign currency, the dynamics of average annual interest rates on loans granted to enterprises.

Conditional periods based on indicators of balances of funds for loans granted in foreign currency and the share of loans in foreign currency in the credit portfolio of commercial banks are determined. The first conditional period of development of lending in foreign currency lasted until 2008. It is characterized by a high and constantly growing demand for loans in foreign currency; the share of balances on loans granted in foreign currency was 59% in 2008, a decrease in the exchange rate and low interest rates for using loans in foreign currency against the national currency. The second conditional period of development of foreign currency lending began during the financial crisis of 2008. It is characterized by a 5 times decrease in the balances of loans granted in foreign currency due to the introduced institutional restrictions. Features of lending in foreign currency are determined. The sequence of audit stages of crediting in foreign currency at the enterprise has been developed.

Conclusions – despite the institutional restrictions on lending in foreign currency introduced after the financial crisis of 2008, business entities form demand for loans in foreign currency from residents and non-residents. Accounting for loans in foreign currency has certain features and complexity compared to accounting for loans in national currency. Correspondence of accounting accounts for loans received in foreign currency according to typical operations: receiving a loan in foreign currency, accrual and payment of interest for using the loan, repayment or extension of the loan in foreign currency, revaluation of the loan in foreign currency and display of exchange rate differences.

Key words: credit, lending, foreign currency, enterprise credit accounting, enterprise credit audit.

References

1. Horobinska, I.V. (2022). Modernizatsiia skhem bankivskoho kredytuvannia na osnovi derzhavno-pryvatnoho partnerstva [Modernization of bank lending schemes on the basis public-private partnership]. Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu. Seriia «Ekonomichni nauky» – The National Transport University Bulletin. Series «Economics», 52, 81-88. [in Ukrainian]

2. Hroshovo-kredytna statystyka [Monetary and credit statistics]. Retrieved from https://bank.gov.ua/ua/statistic/sector-financial#1ms

3. Pylypenko, S. M., Helei, L. O. (2019). Problemni aspekty obliku kredytiv banku [Problematic aspects of bank loan accounting]. Naukovyi visnyk Mizhnarodnoho humanitarnoho universytetu. Seriia : Ekonomika i menedzhment – Scientific Bulletin of the International Humanitarian University. Series: Economics and management, 40, 184-190. [in Ukrainian]

4. Benko, M. M., Pryimak, N. V. (2019). Aktualni pytannia metodyky bukhhalterskoho obliku finansovykh instrumentiv kredytuvannia pidpryiemstv torhivli [Current issues of the methodology of accounting of financial instruments for crediting trade enterprises]. Derzhava ta rehiony. Seriia : Ekonomika ta pidpryiemnytstvo – State and regions. Series: Economy and entrepreneurship, 1, 141-148. [in Ukrainian]

5. Bezverkhyi, K. V. (2019). Osoblyvosti bukhhalterskoho obliku deiakykh finansovykh instrumentiv kredytuvannia torhivelnykh pidpryiemstv [Peculiarities of accounting of some financial instruments of lending to trade enterprises]. Mizhnarodnyi naukovyi zhurnal "Internauka". Seriia : Ekonomichni nauky – International scientific journal "Internauka". Series: Economic sciences, 4 (24), 42-47. [in Ukrainian]

6. Ponomarenko, O. H. (2019). Dyskusiini aspekty obliku zoboviazan za kredytamy bankiv [Discussion aspects of accounting for bank loan liabilities]. Ekonomika ta derzhava – Economy and the state, 7, 50–54. [in Ukrainian]

7. Ielizarova, K. S. (2018). Bukhhalterskyi oblik zminy valiutnykh kursiv [Accounting for changes in exchange rates]. Finansovyi prostir – Financial space, 2, 55-70. [in Ukrainian]

8. Reta, M. V. (2017). Oblikove zabezpechennia operatsii v inozemnii valiuti: okremi aspekty [Accounting for operations in foreign currency: individual aspects]. Molodyi vchenyi – Young scientist, 2, 312-318. [in Ukrainian]

9. Koliesnichenko, A. S. (2020). Kursovi riznytsi v obliku ta zvitnosti subiektiv hospodariuvannia [Exchange rate differences in accounting and reporting of economic entities]. Efektyvna ekonomika – Efficient economy, 4. Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2020_4_57 [in Ukrainian]

10. Ofitsiinyi kurs hryvni shchodo inozemnykh valiut [Official hryvnia exchange rate against foreign currencies]. Retrieved from: https://bank.gov.ua/ua/markets/exchangerates

11. Bereslavska, O. I., Pidsosonna, Ya. H. (2015). Aktualni pytannia valiutnoho kredytuvannia v Ukraini [Actual issues of currency lending in Ukraine]. Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnoho universytetu. Seriia: Ekonomichni nauky – Scientific Bulletin of Kherson State University. Series: Economic Sciences, 15(5), 129-133. [in Ukrainian]

12. Zakon Ukrainy «Pro vnesennia zmin do deiakykh zakoniv Ukrainy z metoiu podolannia nehatyvnykh naslidkiv finansovoi kryzy» vid 23.06.2009 № 1533-VI [Law of Ukraine "On Amendments to Certain Laws of Ukraine to Overcome the Negative Effects of the Financial Crisis" dated June 23, 2009 No. 1533-VI]. Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1533-17#Text

13. Zakon Ukrainy «Pro vnesennia zmin do deiakykh zakonodavchykh aktiv Ukrainy shchodo vrehuliuvannia vidnosyn mizh kredytoramy ta spozhyvachamy finansovykh posluh» vid 22.09.2011 № 3795-VI [Law of Ukraine "On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine Regarding Regulation of Relations between Creditors and Consumers of Financial Services" dated September 22, 2011 No. 3795-VI]. Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3795-17/ed20121018#Text

14. Postanova Natsionalnoho banku Ukrainy «Pro zatverdzhennia Polozhennia pro poriadok otrymannia rezydentamy kredytiv, pozyk v inozemnii valiuti vid nerezydentiv i nadannia rezydentamy pozyk v inozemnii valiuti nerezydentam» vid 17.06.2004 № 270 [Resolution of the National Bank of Ukraine "On approval of the Regulation on the procedure for residents to receive credits and loans in foreign currency from non-residents and residents to grant loans in foreign currency to non-residents" dated June 17, 2004 No. 27]. Retrieved from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0885-04#Text.