УДК 625.7/.8 DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-011-025

ОБГРУНТУВАННЯ РІВНІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОМУ УТРИМАННІ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

SUBMISSION OF LEVELS OF SERVICE AT GENERAL ROAD ROUTINE MAINTENANCE



***Канін Олександр Петрович**, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра транспортного будівництва та управління майном, професор, тел. +380442807909, e-mail:kaninap@ukr.net,*

https://orcid.org/0000-0001-6849-2505



***Харченко Анна Миколаївна**, кандидат кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра транспортного будівництва та управління майном, доцент, тел. +380442807909, e-mail: anna-x3@ukr.net,*

http://orcid.org/0000-0001-8166-6389



***Соколова Наталія Михайлівна,** кандидат економічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном, nata_ns@ukr.net, тел. +380442807909, e-mail: nata_ns@ukr.net,*
https://orcid.org/0000-0003-0678-8882

Анотація. В статті розглянуті проблеми обгрунтування рівнів обслуговування в довгострокових контрактах на експлуатаційне утримання автомобільних доріг загального користування. Встановлено, що вимоги до експлуатаційного стану елементів автомобільних доріг в існуючих нормативних документах є досить повними, але вони несистематизовані, що ускладнює процес їх обробки з метою укладання довгострокового контракту на експлуатаційне утримання доріг. Визначено, що згідно світового досвіду проблему обґрунтування рівнів обслуговування потрібно розглядати з деталізацією на рівні окремого дефекту.

Об`єкт дослідження – довгостроковий контракт на основі кінцевих експлуатаційних показників (рівнів обслуговування) автомобільних доріг загального користування.

Предмет дослідження – рівні обслуговування – вимоги до експлуатаційного стану автомобільних доріг загального користування.

Мета дослідження – обгрунтування рівнів обслуговування в довгострокових контрактах на експлуатаційне утримання автомобільних доріг загального користування.

Методи дослідження - аналіз та теоретичне узагальнення світового досвіду обгрунтування рівнів обслуговування при впровадженні довгострокових контрактів на експлуатаційне утримання автомобільних доріг.

Проведені дослідження показали, що для вирішення проблеми обґрунтування рівнів обслуговування слід використовувати імітаційне моделювання, зокрема, метод Монте-Карло. При цьому показники рівня обслуговування елементів доріг слід встановлювати кращими від гранично допустимих за умов забезпечення безпеки, швидкості та комфортності руху і з вимог збереження елементів доріг.

Ключові слова: довгостроковий контракт, рівень обслуговування, вимога, експлутаційний стан.

Постановка проблеми

Одним із завдань Плану заходів щодо реалізації Концепції реформування системи державного управління автомобільними дорогами загального користування (п. 8) є запровадження контрактів тривалого строку дії (до семи років) про експлуатаційне утримання автомобільних доріг [1].

Такі контракти в англомовних джерелах називаються: Performance-based Contract (PBC); Output and Performance-based Contract for Roads (OPRC); Performance-based Maintenance Contract (PBMC); Performance-based Contract for Management and Maintenance of Roads (PMMR).

Англійське слово performance уданому випадку перекладається як здатність дороги задовольняти вимоги дорожнього руху та навколишнього середовища протягом проектного строку служби, тобто, експлуатаційні якості. Найбільш загальними індикаторами погіршення такої здатності є дефекти, наприклад, дефекти покриття дорожнього одягу: втомні тріщини, колійність, нерівності, ковзання тощо. Погіршення цих індикаторів у часі є процес зносу або деградації.

Довгострокові контракти впроваджуються для збільшення суспільної ефективності доріг і ефективного їх виконання підрядними організаціями. Вони гарантують адекватність фізичного стану доріг потребам користувачів протягом всього періоду дії контракту [2-4].

В традиційних договорах (контрактах) на експлуатаційне утримання доріг підрядник несе відповідальність за виконання робіт, об’єми яких визначаються дорожньою адміністрацією (замовником), а робота підрядника оплачується по факту виконання на основі одиничних розцінок за виконані роботи та надані послуги [2, 4].

Відмінність OPRC, PBC, PBMC, PBMMC (далі будемо вживати ДККП – довгостроковий контракт на основі кінцевих експлуатаційних показників) від традиційного метод-базованого контракту полягає в тому, що більша частина оплати підряднику базується на досягнутому і виміряному «виході», який відображує прийнятий у контракті цільовий стан доріг через специфікації - «рівні обслуговування», визначені при укладанні контракту. Оплата здійснюється замовником щомісячно рівними платежами за вирахуванням штрафних сум при наявності спостережених порушень рівнів обслуговування.

Цей підхід діє в якості системи мотивації для забезпечення підрядником оптимізації витрат ресурсів, зайнятих в обслуговуванні і експлуатації доріг. Дорожні агентства, які впровадили контракти OPRC, досягли економії витрат від 10% до 40% порівняно з традиційними контрактами, що визначає зацікавленість у вповадженні даного виду контрактів в Україні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Довгострокові контракти з експлуатаційного утримання автомобільних доріг на основі забезпечення кінцевих експлуатаційних показників [5] є новим явищем в дорожньому господарстві України. В Україні перші роботи, присвячені довгостроковим контрактам, були виконані у 2015 р. в Національному транспортному університеті [6-7]. Були розроблені Методичні рекомендації з їх застосування [5], а також створена Інформаційно-аналітична система управління довгостроковими контрактами на

основі рівнів обслуговування доріг (ІАСУ-ДККП) з відповідним програмним забезпечення [8] та примірна база даних рівнів обслуговування [9].

Постановка завдання

Здійснення довгострокових контрактів базується на фундаменті специфікацій або стандартів – вимог щодо усунення дефектів в процесі експлуатаційного утримання автомобільних доріг.

Як логічний результат раніше виконаних досліджень, назріла необхідність розроблення двох нормативних документів: проектів національних стандартів: ДСТУ «Настанова з обґрунтування рівнів обслуговування при експлуатаційному утриманні автомобільних доріг» та ДСТУ «Автомобільні дороги. Рівні обслуговування при експлуатаційному утриманні». Для чого необхідно обгрунтувати вимоги щодо усунення дефектів в процесі експлуатаційного утримання автомобільних доріг.

Виклад основного матеріалу

Призначення експлуатаційного утримання доріг (в англомовних джерелах – routine maintenance) полягає в постійному профілактичному підтриманні експлуатаційного стану на рівні, не гіршому від такого, що може бути забезпечений цими видами діяльності відповідно до ДСТУ 3587-97 та П Г.1-218-113:2009 [2, 3].

Недостатній рівень фінансування експлуатаційного утримання доріг і з теоретичних міркувань і з практичного досвіду, призводить до скорочення фактичних міжремонтних строків періодичних поточних середніх і капітальних ремонтів доріг, а значить до зростання вартості життєвого циклу доріг і зменшення зовнішніх соціально-економічних вигід (рис. 1). При зростанні зусиль підрядника ε затримується погіршення стану S елементу дороги. Критичне значення стану Smin досягається пізніше, що збільшує позитивне значення функції суспільного добробуту W, однак при одночасному зменшенні значення функції корисності U для підрядника.

ДККП - це контракт, в якому оплата робіт з поточного дрібного ремонту та експлуатаційного утримання автомобільних доріг безпосередньо пов'язана з виконанням (при забезпеченні рівня стану мінімально допустимої якості) або перевиконанням підрядником чітко поставлених у контракті вимог щодо кінцевих показників експлуатаційного стану доріг, які можуть бути досягнуті шляхом виконання робіт з поточного дрібного ремонту та експлуатаційного утримання автомобільних доріг [5].

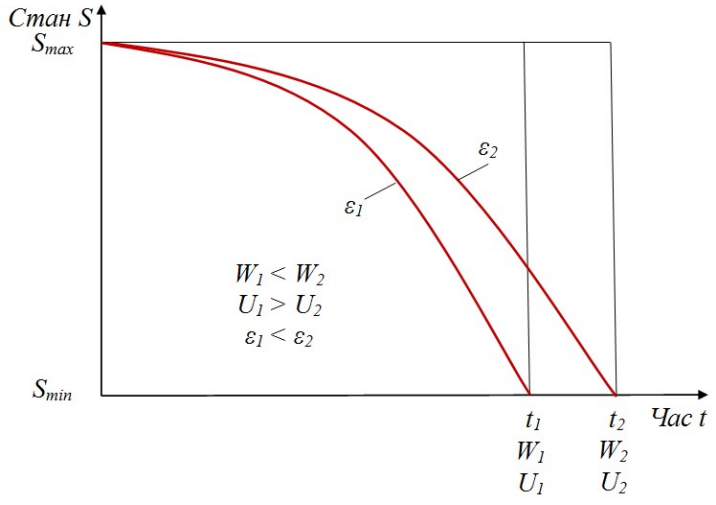


Рисунок 1 – Гіпотетичний вплив різних зусиль підрядника на стан елементу дороги

Figure 1 - Hypothetical influence of different contractor efforts on the road element condition

Ціна контракту включає:

- для послуг з поточного дрібного ремонту та експлуатаційного утримання - фіксовану суму, яка виплачується рівними щомісячними частками;

- для аварійних робіт - резервну суму, передбачену для таких цілей. Резервна сума, включена в ціну контракту, являє собою оцінену кошторисними розрахунками суму, яка використовується, у випадку її затвердження замовником, для оплати аварійних робіт і непередбачених витрат. Розмір резервної суми, залежно від умов експлуатації, повинен знаходитись у межах, які встановлені національними законодавчими актами.

Модель обґрунтування суми щомісячного платежу підряднику базується на певних концептуальних передумовах, для розуміння яких потрібно навести деякі терміни і визначення понять [5]:

- дефект (пошкодження) – це відхилення якості, форми або фактичних розмірів елементу складової дороги від вимог нормативної чи проектної документації, спричинене руйнуванням (втратою суцільності), деформацією (фактичних розмірів, форми) або погіршення властивостей елементу дороги, яке виникає при проектуванні, виготовленні, в результаті природного зносу, впливу техногенних або антропогенних чинників. [10]:
- вимога з усунення дефекту - сукупність встановлених для дефекту елементу дороги критеріїв: максимально допустимого періоду між оглядами елементу дороги; рівня втручання; терміну ліквідації - часу, протягом якого дефект повинен бути усунений і який дорівнює різниці між моментом усунення та моментом реєстрації дефекту;
- рівень втручання – характеризується граничними значеннями кількісних характеристик (розмірів, форми, якості тощо) дефекту елементу дороги, при яких порушується відповідність елемента його призначенню, що визначена нормативною чи проектною документацією, і які зумовлюють необхідність обов'язкового усунення дефекту для відновлення цієї відповідності;
- рівень обслуговування елементу дороги – вимога до стану елементу щодо забезпечення його відповідності призначенню – довговічності елементу та задоволення користувачів дороги доступом, швидкістю поїздки, безпекою і комфортом руху. Зниження рівня обслуговування характеризується наявністю неліквідованих за обумовлений у вимозі усунення дефекту час на його ліквідацію;
- кінцеві показники – показники якості експлуатаційного стану елементів дороги, які характеризуються відсутністю притаманних елементам дороги дефектів з усталеними граничними характеристиками і визначають рівень обслуговування кожного елементу автомобільної дороги і автомобільної дороги в цілому.

Стан елементів автомобільних доріг, від якого залежить значення функції суспільних вигод (1), формується під впливом двох процесів:

- процесу деградації – виникнення і розвитку в часі дефектів елементів дороги, які є результатом дії зовнішніх і внутрішніх деструктивних факторів (наприклад, транспортних навантажень, атмосферних опадів, температури, старіння матеріалів, техногенних (аварії) і антропогенних (навмисне пошкодження) чинників тощо). Процес деградації може бути кумулятивним (наприклад, погіршення рівності дорожнього покриття) або раптовим (наприклад, збиття дорожнього знаку) і дискретно-неперервним (наприклад, погіршення стану огороджень), як показано на рис. 2;
- процесу відновлення – ліквідації підрядником дефектів елементів дороги шляхом виконання робіт з ремонту та утримання елементів доріг. Кожна робота триває певний час, величина якого залежить від призначеної для її виконання кількості трудових і матеріально-технічних ресурсів (зусиль підрядника).



Рисунок 2 - Дискретно-неперервний характер процесу деградації (q_1, q_2, q_{min} – можливі кінцеві цільові рівні стану елементу, від яких залежить величина суспільної вигоди)

Figure 2 - Discrete-continuous nature of the degradation process (q_1, q_2, q_{min} - possible final target element state levels, on which the public benefit value depends)

Зауважимо, що моделі процесу деградації елементів складових доріг в Україні більш-менш детально розроблені лише для дорожнього одягу та його покриття і для елементів автодорожніх мостів. Ці дві моделі базуються на різних принципах. Рівень деградації дорожнього одягу характеризується коефіцієнтом запасу міцності, рівністю і коефіцієнтом зчеплення покриття. Рівень деградації елементів мостів характеризується рейтингом за 100-бальною шкалою, п'ятьма експлуатаційними станами, параметром надійності або характеристикою безпеки, рівнем зносу.

Задача оптимізації формулюється наступним чином [11]:

$$Max(U_r, e_i, \beta_i)\{S_0 + \sum_{i=1}^{n}(a_i \cdot e_i) - (1+\lambda)\cdot[C_0 + \sum_{i=1}^{n}\psi_i(e_i) + r\sum_{i=1}^{n}(\beta_i^2 \cdot \sigma_i^2] - \lambda \cdot U_r\}. \quad (1)$$

де U_r – корисність для підрядника; r – параметр, який представляє відношення підрядника до ризику. Інакше кажучи, U_r є вигодою, очікуваною підрядником; C_0 - складова, що включає фіксовану вартість необхідних початкових інвестицій для надання послуг; $\psi_i(e_i)$ – функція витрат підрядника в залежності від зусиль у грошових одиницях [12], причому перша і друга похідні від цієї функції: $\psi_i'(e_i) > 0$ *і* $\psi_i''(e_i) > 0$; λ – параметр, який характеризує податкову систему країни, $\lambda > 0$; α_i і β_i – фіксовані параметри, встановлені в контракті. S_0 – мінімальна суспільна вигода , отримана від якісного стану дороги, коли рівні якості за контрактом дорівнюють нулю, яка відображує той факт, що вимагається виконання певних мінімальних умов для користування дорогою.

Аргументами цільової функції (1) є зусилля підрядника e_i, $i = 1,...,n$ і функція витрат у грошових одиницях $\psi_i(e_i)$, які залежать, в тому числі, від часу відгуку – допустимого часу на ліквідацію дефекту, заданому в рівні обслуговування. Приймаючи до уваги цілочисельність деяких ресурсів (кількість робочих, машин і механізмів), можна стверджувати, що функція витрат $\psi_i(e_i)$ має кусочно-неперервний характер.

У моделі прийнято, що кожна робота з усунення дефекту знаходиться під впливом множини притаманних їй внутрішніх і зовнішніх ризикових подій. Вплив на тривалість і вартість *i*-ї роботи оцінюється через випадкові коефіцієнти затримки $\xi_{m,i}$ і здорожчення $\xi_{в,i}$ роботи, які знаходяться в інтервалі від мінімального $\xi_{m,імін}$, $\xi_{в,імін}$ до максимального $\xi_{m,імакс}$, $\xi_{в,імакс}$ значень і характеризуються гістограмами тривалості та вартості $G_{m,i}$ і $G_{в,i}$ - оцінками функцій розподілу коефіцієнтів як випадкових величин, що приймають значення в інтервалі від мінімального до максимального значення. В імітаційній моделі конкретні значення цих змінних визначаються методом Монте-Карло за допомогою гістограмам $G_{m,i}$ і $G_{в,i}$. Отже, функція витрат $\psi_i(e_i)$ в пропонованій моделі прийнята випадковою величиною:

$$\psi_i(e_i) = C_i(\tau_i) \cdot \frac{k_{c,i}^{\max} - k_{c,i}^{\min}}{m} \cdot (n - 1 + \frac{\xi - \sum_{i=1}^{n-1} p_i}{p_n}), \tag{2}$$

де $C_i(\tau_i)$ – проектна вартість роботи по усуненню дефекту за час відгуку τ_i.

Оцінка вартості роботи $C_i(\tau_i)$ здійснюється на основі технологічної карти, яка проектується з урахуванням часу відгуку τ_i. В технологічній карті потрібна кількість нескладованих ресурсів (робочих, машин) визначається округленням до більшого цілого числа, тому ефективність використання ресурсів залежить від графіку трудового процесу, де мають місце очікування одними ресурсами виконання технологічно зв'язаних попередніх операцій іншими ресурсами. Час на усунення дефекту τ_i^y складається з часу на обробку інформації відносно дефекту і його ліквідації τ_i^p, часу доставки ресурсів до місця розташування дефекту τ_i^∂, часу виконання роботи тів. Повинне виконуватись обмеження:

$$\tau_i^y = (\tau_i^p + \tau_i^\partial + \tau_i^в) \le \tau_i. \tag{3}$$

В моделі тіу є випадковою величиною, яка характеризується гістограмою Gіт імовірнісного розподілення тривалості усунення дефекту

$$\tau_i^y = \tau_i \cdot \frac{k_{t,i}^{\max} - k_{t,i}^{\min}}{m} \cdot (n - 1 + \frac{\xi - \sum_{i=1}^{n-1} p_i}{p_n}). \tag{4}$$

Коли тіу перевищує регламентований у контракті час відгуку ті, підряднику нараховується штраф [5]. Усі суми зниження оплати віднімаються з сум, належних підряднику, в кінці кожного місяця. У випадку порушення критерію рівня обслуговування фіксується дата та час реєстрації t_1 і дата та час усунення t_2. Різниця між ними $t_2 - t_1$ називається фактичним часом реагування (усунення дефекту) τ_y. Для розрахунку використовуються наступні одиниці згідно табл. 1, відповідно до зарубіжної практики:

r – регламентований час відгуку на усунення дефекту з точністю до хвилини;

n - дробове число штрафних балів за одиницю часу перевищення (наприклад, 1 бал на тиждень дорівнює 0,142857 в день);

τ_y - фактичне дробове число днів на усунення дефекту з точністю до хвилини;

c_p - вартість 1 штрафного балу.

Таблиця 1 - Розмір штрафних балів залежно від часу реагування

Table 1 – The size of penalty points depending on the response time

Показники	Затримка виконання і штрафні бали				
Інтервали часу відгуку	$0<\tau_y\leq$ r	r<$\tau_y\leq$2r	2r<$\tau_y\leq$3r	3r<$\tau_y\leq$4r	> 4r
Зазначені штрафні бали за затримку виконання	0	n	2n	5n	Можливе розірвання контракту

При розрахунку фактичного часу відгуку необхідно враховувати час несприятливих погодних умов для виконання робіт, який віднімається від фактичного часу відгуку.

Коефіцієнт перевищення фактичного часу відгуку над регламентованим (k_d) визначається за формулою (5) і округлюється до наступної цілого числа:

$$k_d = \left\lceil \frac{\tau_y - r}{r} \right\rceil, \tau_y > r; k_d = 0, \tau_y \leq r. \tag{5}$$

Округлення означає те, що, якщо термін реагування перевищує максимально допустимий строк, наприклад, на 1 хвилину, нараховується повний штрафний бал за дане порушення.

Штрафні бали за недотримання регламентованого часу відгуку (B_p) розраховуються за формулою:

$$B_p = k_d \cdot n \cdot e, \tag{6}$$

де n – кількість балів за одиницю часу (день); e – коефіцієнт кількісного застосування штрафних балів з областю значень (0, 1, 2, 5) з табл. 1.

Таким чином, функція витрат $\psi_i(e_i)$ (1) коригується шляхом урахування штрафу:

$$C_i = \psi_i(e_i) + B_i^p \cdot c_p, \tag{7}$$

де B_i^p – кількість штрафних балів за несвоєчасне усунення і-го дефекту; c_p – вартість одного штрафного балу.

Функція суспільного добробуту – це зовнішній критерій для ДККП, значення якого потрібно максимізувати. Найбільш складним питанням є кількісне визначення впливу на суспільні вигоди параметрів рівнів обслуговування, встановлених у межах поточного дрібного ремонту та експлуатаційного утримання доріг. Вплив деяких дефектів на значення функції суспільного добробуту достатньо досліджений і може бути кількісно оцінений. Перш за все, це стосується дефектів, що усуваються в процесі зимового утримання дороги – сніжно-льодовий накат і ожеледь, які знижують коефіцієнт зчеплення колеса з покриттям і, тим самим, знижують безпеку і швидкість руху. Для інших дефектів вплив на функцію суспільного добробуту не такий очевидний. Наприклад, існує зв'язок рівнів обслуговування дефектів, специфікованих в ДККП, з показником рівності дорожнього покриття. Показник рівності залежить від параметрів рівнів обслуговування не тільки самого покриття, але й інших елементів дороги, які здійснюють на покриття не безпосередній, а опосередкований вплив (наприклад, система дренажу). А вже через значення показника рівності можна визначити значення суспільної вигоди від впливу рівності покриття (рис. 3).

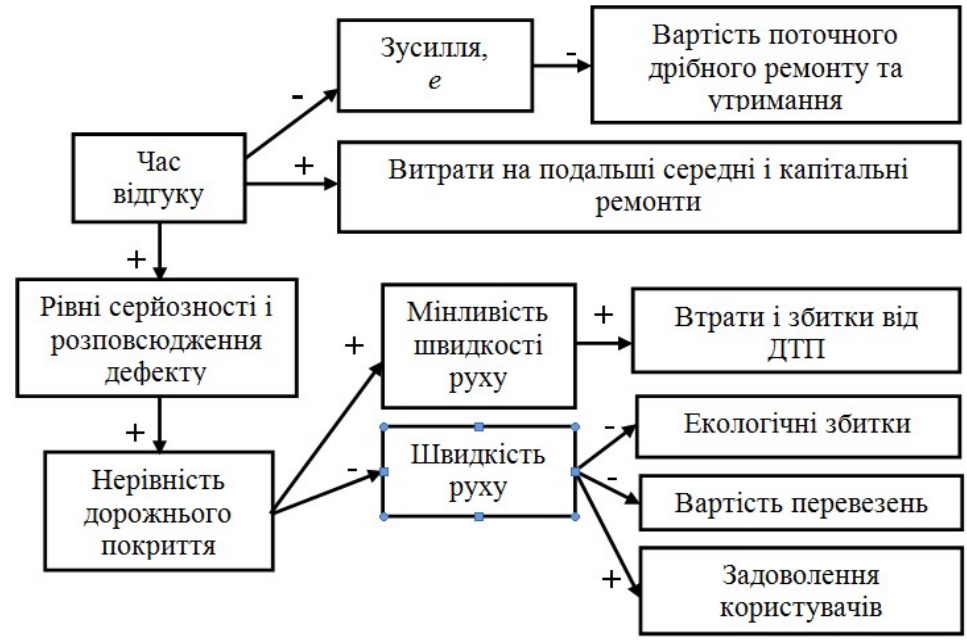


Рисунок 3 - Гіпотетичний вплив часу відгуку рівня обслуговування дефекту на суспільну вигоду: “+” означає прямий вплив, тобто збільшення (або зменшення) однієї величини (причини) визиває збільшення (або зменшення) залежної величини (наслідку); “-” - обернений вплив: збільшення (або зменшення) однієї величини (причини) визиває зменшення (або збільшення) залежної величини (наслідку)
Джерело: авторська розробка.

Figure 3 - Hypothetical effect of defect service response time on public benefit: “+” means direct impact, ie increase (or decrease) of one quantity (cause) causes increase (or decrease) of the dependent quantity (consequence); “-” - inverse effect: increase (or decrease) of one quantity (cause) causes decrease (or increase) of the dependent quantity (consequence)
Source: author's development.

Наявність дефектів елементів дороги, тривалість їх існування впливають на безпеку, швидкість та комфортність дорожнього руху і на збереження елементів дороги. В пропонованій імітаційній моделі дефекти впорядковуються в залежності від цих критеріїв і розглядаються в порядку впливу на 1) безпеку руху, 2) швидкість руху, 3) комфортність руху, 4) збереження елементу.

Слід зауважити, що на можливість негативної дії дефекту впливають фактори ризику та їх сполучення. Так, дефекти дренажу можуть значно вплинути на формування дефектів покриття дороги в період інтенсивної зливи в результаті інфільтрації вологи в конструкцію дорожнього одягу. Отже, в процесі моделювання слід відстежувати одночасний сумісний вплив факторів ризику. В імітаційній моделі запропонована така схема врахування ризиків:

- формування списку ризиків, які визивають негативний вплив дефекту;
- встановлення імовірності впливу ризиків на тривалість і вартість роботи з ліквідації дефекту методом Монте-Карло за допомогою гістограмам;
- оцінка імовірності спричиненого ризику в результаті здійснення причинної ризикової події.

Головним фактором при встановлення ціни контракту є об’єм попиту на послуги підрядника і розподілення об’єму попиту в період дії контракту. Об’єм попиту на послуги підрядника – це об’єми і

кількість дефектів елементів доріг, виникнення яких має випадковий характер. В імітаційній моделі передбачений наступний механізм моделювання об'єму попиту на послуги підрядника.

В деякі моменти часу *1, ..., t_k, …* підрядник здійснює контроль стану елементів дороги (мережі доріг) і фіксує наявність дефектів елементів дороги. Окрім того, контроль стану може здійснюватись замовником. На практиці, фіксація наявності дефектів елементів дороги виконується з отриманням цифрового фото дефекту і формуванням необхідної символьної інформації за допомогою персонального комп'ютера (планшета) та передачі фото та інформації через мережу інтернет в базу даних ІАСУ-ДККП.

Результатом контролю є кількість дефектів певного рівня обслуговування, специфікованими в умовах контракту. В залежності від часу відгуку, в моделі проектується графік виконання робіт з усунення дефектів. При цьому враховуються щоденні обмеження на нескладовані ресурси, тобто потрібна кількість робочих і машин не повинна перевищувати їх наявності у підрядника. Потім моделюється виконання робіт, причому тривалість і вартість робіт визначається методом Монте-Карло:

$$C = \sum_{r=1}^{R}\sum_{s=1}^{S_r}\sum_{e=1}^{E_{rs}}\sum_{d=1}^{D_e}\sum_{l=1}^{L_{ed}}\sum_{t=1}^{T}\psi_{rsedlt} + C_{tc}, \tag{8}$$

при $V \times T$ обмеженнях на нескладовані ресурси

$$\sum_{r=1}^{R}\sum_{s=1}^{S_r}\sum_{e=1}^{E_{rs}}\sum_{d=1}^{D_e}\sum_{l=1}^{L_{ed}} n_{rsedlij} \le N_{ij}, i = 1,2,...,V, j = 1,2,...,T, \tag{9}$$

де R – кількість ділянок доріг, які обслуговуються підрядником; S_r – кількість складових доріг; E_{rs} – кількість елементів у складовій s ділянки дороги r; D_e - кількість дефектів, притаманних елементу; L_{ed} – кількість рівнів обслуговування, притаманних дефекту; T – кількість днів у періоді, який моделюється; ψ_{rsedlt} – витрати на виконання робіт з усунення дефекту за день t; C_{tc} – трансакційні витрати; *nrsedli* – потрібна кількість нескладованого ресурсу; V – кількість видів нескладованих ресурсів. Трансакційні витрати включають, зокрема, витрати пошуку інформації, витрати вимірювання (моніторингу стану доріг) тощо.

Питомі витрати C/T в деякі періоди року можуть перевищувати суму питомого фіксованого платежу. В такому разі, місячна різниця між потребою коштів і фіксованим платежем покривається за рахунок власних коштів підрядника або кредиту. Коли місячна різниця між потребою коштів і фіксованим платежем є від'ємною, підрядник може ліквідувати заборгованість.

За період між точками контролю t_k - t_k+1 з певною вірогідністю можуть виникнути нові дефекти, що не передбачені в оперативному плані робіт, тому інтервал контролю t_k - t_k+1 встановлюється таким, при якому імовірність виникнення дефекту буде достатньо малою (< 0.05).

Замовник здійснює вибірковий моніторинг процесу ліквідації дефектів елементів доріг і нараховує штрафи у випадку порушення підрядником часу відгуку.

В момент ліквідації дефекту розраховуються можливі впливи дефекту на значення складових функції добробуту. Оцінку впливу можна розглянути на такому прикладі відновлення відстані видимості. Використаємо дані досліджень впливу відстані видимості на ризик дорожньо-транспортних подій, наведені в роботі [13].

За період Δt від виникнення дефекту до його усунення через ділянку довжиною L проїде $N{\cdot}\Delta t$ автомобілів. Зовнішній ефект від зниження ризику ДТП $\Delta R_{дтп}$ в результаті усунення дефекту відстані видимості буде (рис.4):

$$\Delta R_{дтп} = R^{д}_{дтп} - R^{н}_{дтп}, \tag{10}$$

де $R^{д}_{дтп}$ – ризик при наявності дефекту; $R^{н}_{дтп}$ – ризик після усунення дефекту.
Зниження збитку від ДТП при усередненій вартості втрат від 1 ДТП c_{los}:

$$\Delta C_{дтп} = c_{los} \cdot L \cdot N \cdot \Delta t \cdot \Delta R_{дтп}. \tag{11}$$

У фазі обґрунтування ціни контракту ex ante, як замовником, так і підрядником, за допомогою імітаційної моделі потрібно прогнозувати встановленої в результаті контролю стану кількість дефектів, параметри яких диференційовані за рівнями обслуговування. Ця кількість моделюється на основі історичних даних, накопичених в ІАСУ-ДККП [9], а при їх відсутності – на основі ймовірнісних розподілень, отриманих на основі експертних оцінок.

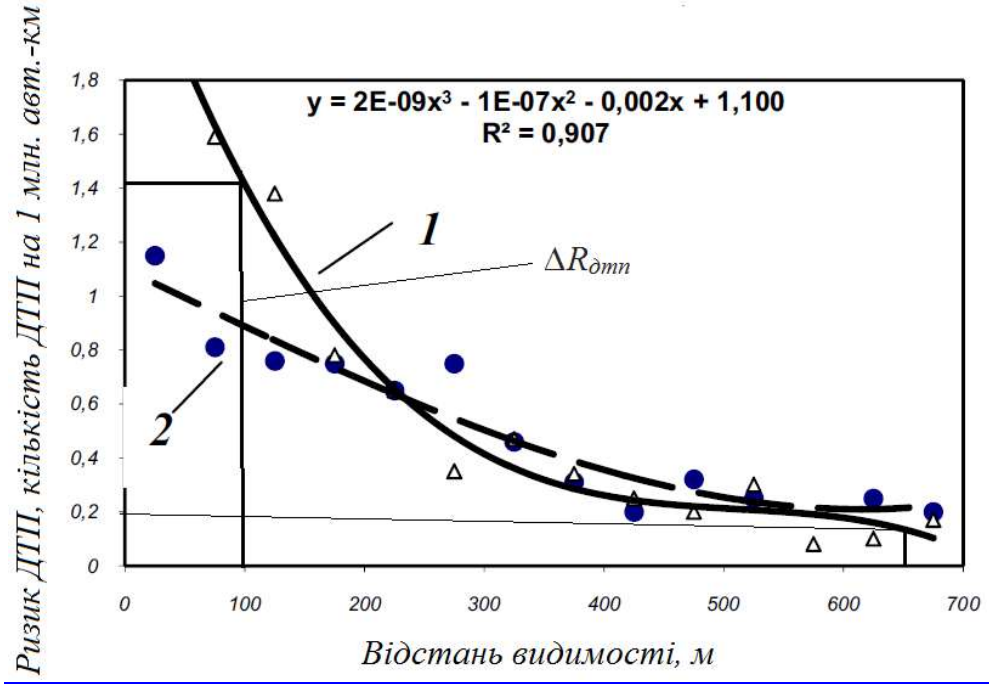


Рисунок 4 - Залежність показника ризику ДТП від відстані видимості у плані на багато смугових дорогах: 1 – з розподільчою смугою; 2 – без розподільчої смуги
Джерело: Чванов В.В. [14]. Адаптовано авторами.

Figure 4 - Dependence of the accident risk indicator on the distance of visibility in the plan on multi-lane road: 1 - with a distribution lane; 2 - without distribution lane
Source: Chvanov VV [14]. Adapted by the authors.

Випадкова кількість дефектів даного виду і даного рівня обслуговування визначається методом Монте-Карло. Інтервал коефіцієнту відхилення від k_{min} до k_{max} ділиться на 5 рівних відрізків (табл. 2).

Таблиця 2 - Вихідні дані для оцінки кількості дефектів

Table 2 – Initial data for estimating the number of defects

Середня кількість дефектів	Коефіцієнт відхилення		Гістограма оцінки ймовірностей попадання в один з 5 рівних відрізків інтервалу $k_{min} \div k_{max}$				
	мінімум	максимум					
D_{cp}	k_{min}	k_{max}	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5

Розігрується значення випадкової величини ξ, яка рівномірно розподілена в інтервалі від 0 до 1, за ним визначається номер n інтервалу з гістограми, куди попадає ξ, і кількість дефектів D обчислюється за формулою:

$$D = D_{cp} \cdot \frac{1}{5}(k_{\max} - k_{\min}) \cdot [(n-1) + (\xi - \sum_{i=1}^{(n-1)} p_i) / p_n]. \quad (12)$$

Циклічні роботи, такі як очищення покриття та укріплених узбіч від пилу і бруду або щорічні роботи з озеленення тощо плануються на регулярній основі, а деякі (наприклад, закладення тріщин в покритті) повинні бути виконані до певної дати року, проте точна кількість їх невідома.

З метою управління процесом моделювання шляхом послідовного розгляду подій системи створюється регістр системного часу – вісь часу, на якій відмічаються моменти контролю стану елементів, моменти початку і закінчення робіт з усунення дефектів та формується деяка структура даних, асоційована з цими моментами, яка ідентифікує тип моменту та його зміст. Структура даних дає можливість виконати обчислення і накопичення витрат, прирощення функції суспільного добробуту тощо і занести у регістр новий момент часу зміни стану системи.

Регістр системного часу формується за принципом, наведеним на рис. 5.

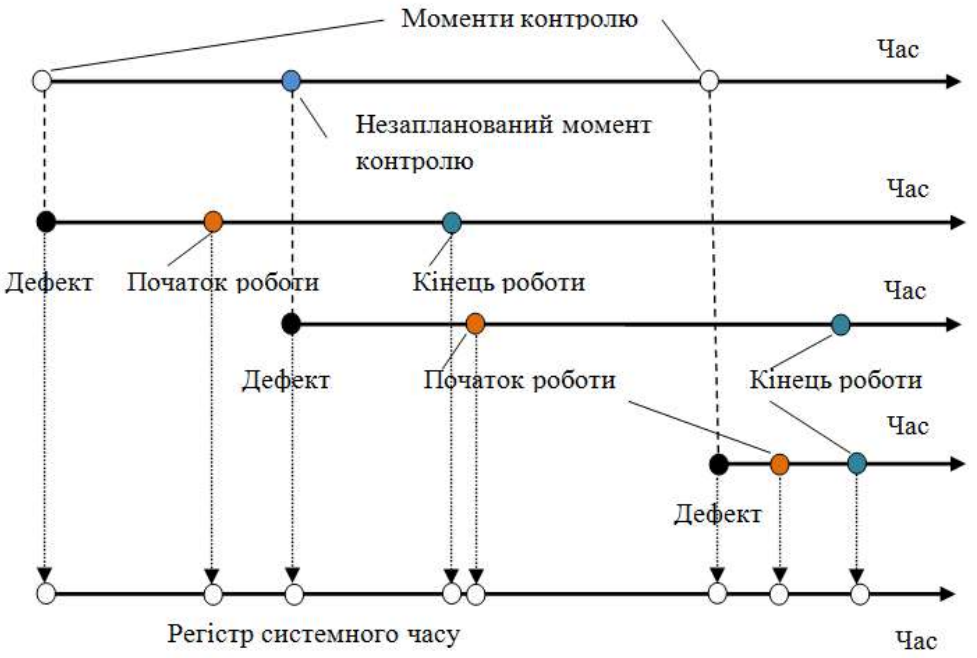


Рисунок 5 – Схема формування регістру системного часу

Джерело: авторська розробка.

Figure 5 – Scheme of the system time register forming

Source: author's development.

В деякі заплановані моменти контролю наявності дефектів фіксуються дані про спостережені дефекти, виконується планування моментів початку робіт з їх усунення, методом Монте-Карло визначаються випадкові тривалість і вартість робіт. Ці моменти заносяться в регістр системного часу у послідовності їх виникнення в часі, тобто впорядковуються. З системного регістру послідовно вибирається черговий момент здійснення події, за відповідними алгоритмами інтерпретується сутність і виконується обробка цієї події згідно з класифікацією подій.

Моменти контролю наявності дефектів можуть бути випадковими (скарги користувачів, контроль стану елементів доріг замовником). Вони також поміщуються у регістр системного часу, в результаті чого регістр коригується, і раніш заплановані моменти відбуття подій зміщуються (при необхідності).

Висновки

1. Вимоги до експлуатаційного стану елементів автомобільних доріг в існуючих нормативних документах є досить повними, але вони потребують систематизації у певній табличній формі.

2. Значення параметрів експлуатаційних рівнів обслуговування, присутні у існуючих нормативних документах приймаються нами як гранично допустимі, вони повинні бути враховані в моделях обґрунтування експлуатаційних рівнів обслуговування як обмеження.

3. Параметри рівнів втручання в експлуатаційних рівнів обслуговування встановлюються з технічних вимог забезпечення безпеки руху, проектної функціональності елементів складових доріг (наприклад, видимість знаків у нічний час, допустима пропускна спроможність труби тощо), впливу на довкілля, вимог із збереження елементів тощо.

4. Визначення ціни довгострокового контракту на утримання автомобільних доріг та інших його параметрів являє собою складну наукову проблему, яка розглядається методами аналізу сучасних економічних теорій: теорії агентства, теорії неповних контрактів і економіки трансакційних витрат.

5. Аналіз світового досвіду з розробки моделей обґрунтування експлуатаційних рівнів обслуговування показав, що проблему обґрунтування потрібно розглядати з деталізацією на рівні окремого дефекту.

6. Для вирішення проблеми обґрунтування запропонований підхід на основі імітаційного моделювання з використанням методу Монте-Карло. Ціна контракту залежить від специфікованих в умовах контракту рівнів обслуговування дефектів елементів доріг, параметри яких потрібно оптимізувати.

7. Показники рівня обслуговування елементів доріг повинні встановлюватись кращими від гранично допустимих з умов забезпечення безпеки, швидкості та комфортності руху і з вимог збереження елементів доріг.

8. Задачею технічної теорії експлуатації автомобільних доріг повинна бути розробка моделей впливу рівнів обслуговування на величину суспільного добробуту.

Перелік посилань

1. Про затвердження плану заходів щодо реалізації Концепції реформування системи державного управління автомобільними дорогами загального користування: Розпорядження // Кабінет Міністрів України, Київ. – 4 лютого 2009 р. – № 125-р.

2. Performance-Based Contracting for Maintenance. TRB's National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Synthesis 389: Performance-Based Contracting for Maintenance [Електронний ресурс] // 2011. - Режим доступу: http://www.trb.org/Main/Blurbs/161949.aspx.

3. Performance-Based Contracts for Management and Maintenance of Roads (PMMR). Introduction and Overview of PMMR. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www-esd.worldbank.org/pbc_resource_guide/Docs-latest%20edition/TrainingMaterials/Module010Introduction0and0overview.pdf.

4. Станкевич Н. Содержание и улучшение дорожной инфраструктуры с помощью контрактов, основанных на показателях качества работ [Електронний ресурс] / Н. Станкевич, Н. Кюреши, Ц. Кейроз // Транспортный бюллетень TN-27. – Вашингтон (США): Всемирный банк. –Сентябрь, 2009. – Режим доступу: http://www-esd.worldbank.org/pbc_resource_guide/Docs-latest%20edition/PBC/PBC_final_Russian_Jan16_2006.pdf.

5. МР В.3.2-02070915-844:2014 «Методичні рекомендації з управління станом автомобільних доріг на основі довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та утримання доріг за показником рівня їх обслуговування» / Канін О.П., Соколова Н.М., Харченко А.М., Шпиг А.Ю., Маковська Ю.А., Шкарівська Н.Ю. // Укравтодор. К.: 2014.

6. Розробити методику та інформаційно-аналітичну систему управління станом автомобільних доріг на основі довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та утримання доріг за показником рівня їх обслуговування / Звіт про науково-дослідну роботу № 35-13 від 18 квітня 2013р. № державної реєстрації 0113U001972. -2014.

7. Виконати аналіз та розробити вимоги до усунення дефектів елементів доріг при реалізації довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування / Звіт про науково-дослідну роботу № 49-15 від 19 червня 2015 р. № державної реєстрації 0115U001654. – 2015.

8. Канін О.П. Інформаційно-аналітична система управління довгостроковими контрактами на основі рівнів обслуговування доріг / О.П. Канін // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2015. – Вип. 94. – С. 112-123.

9. Канін О.П. База даних рівнів обслуговування в управлінні довгостроковими контрактами на основі кінцевих показників якості доріг / О.П. Канін, А.М. Харченко, Н.М. Соколова, А.Ю. Шпиг // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2015. – Вип. 94. – С. 124-134.

10. Богданофф Дж., Козин Ф. Вероятностные модели накопления повреждений / Дж. Богданофф, Ф. Козин ; [пер. с англ.] – М.: Мир, 1989. – 344 с.

11. Soliño A. S. Optimizing performance-based mechanisms in road management: an agency theory approach [Електронний ресурс] / Antonio Sánchez Soliño // EJTIR 15(4), 2015, - pp. 465-481. – Режим доступу: http://www.tbm.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/TBM/Onderzoek/EJTIR/Back_issues/15.4/2015_04_04.pdf.

12. Laffont J.-J. A Theory of Incentives in Procurement and Regulation [Електронний ресурс] / Jean-Jacques Laffont and Jean Tirole // MIT, Cambridge, London, Lecture Notes Text 14, 1993. – 22 p. – Режим доступу: https://tu-dresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/vkw/iad/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_wirtschaftswissenschaften/bwl/ee2/lehrstuhlseiten/ordner_lehre/ordner_ss_06/ordner_energiewirtschaft_4_ss_06/Lecture_Notes_Laffont_Tirole.pdf.

13. Transportation Research Board. Highway deicing. Comparing salt and calcium magnesium acetate. Special Report 235, National Research Council,Washington, DC, 1991.

14. Чванов В.В. Исследование влияния расстояния видимости на дорожную аварийность [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.rosdornii.ru/UserFiles/File/dim/21-1/14.pdf.

SUBMISSION OF LEVELS OF SERVICE AT GENERAL ROAD ROUTINE MAINTENANCE

Kanin Alexander P., PhD (Candidate of Technical Sciences), Associate Professor, National Transport University, Professor of Department of Transport Construction and Property Management, e-mail: kaninap@ukr.net, tel. +380442807909, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovycha-Pavlenka, 1, k.206. https://orcid.org/0000-0001-6849-2505.

Kharchenko Anna N., PhD (Candidate of Technical Sciences), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Transport Construction and Property Management, e-mail: anna-x3@ukr.net, tel. +380442807909, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovycha-Pavlenka, 1, k.206. https://orcid.org/0000-0001-8166-6389.

Sokolova Natalia M., PhD (Candidate of Economic Sciences), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Transport Construction and Property Management, e-mail: nata_ns@ukr.net, tel. +380442807909, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelianovycha-Pavlenka, 1, k.206. https://orcid.org/0000-0003-0678-8882.

Abstract. The article deals with the problems of substantiation of service levels in long-term maintenance contracts of public roads. It has been established that the requirements for the operating condition of road elements in existing regulatory documents are rather complete, but they are unsystematized, which complicates the process of their processing in order to conclude a long-term contract for maintenance of roads. It has been determined that according to the world experience, the problem of substantiation of service levels should be considered with detail at the level of the individual defect.

The research object is a long-term contract based on end-of-life performance (service levels) of public roads.

The subject of research - levels of service - requirements for the operational state of general roads.

The purpose of the study is to substantiate the levels of service in long-term contracts for the maintenance of public roads.

Research methods - analysis and theoretical generalization of the world experience in substantiating service levels when implementing long-term maintenance contracts of roads.

The conducted studies have shown that simulation modeling, in particular, the Monte Carlo method, should be used to solve the problem of substantiation of service levels. In this case, the indicators of the level of maintenance of the elements of roads should be set better than the maximum permissible in terms of ensuring safety, speed and comfort of motion and the requirements for the preservation of elements of roads.

Keywords: long-term contract, service level, requirement, performance

References

1. Pro zatverdzhennia planu zakhodiv shchodo realizatsii Kontseptsii reformuvannia systemy derzhavnoho upravlinnia avtomobilnymy dorohamy zahalnoho korystuvannia: Rozporiadzhennia (2009). Kabinet Ministriv Ukrainy, Kyiv, 125-p.

2. Performance-Based Contracting for Maintenance. TRB's National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Synthesis 389: Performance-Based Contracting for Maintenance (2011) URL: http://www.trb.org/Main/Blurbs/161949.aspx.

3. Performance-Based Contracts for Management and Maintenance of Roads (PMMR). Introduction and Overview of PMMR. URL: http://www-esd.worldbank.org/pbc_resource_guide/Docs-latest%20edition/TrainingMaterials/Module010Introduction0and0overview.pdf.

4. Stankevych N. (2009). Soderzhanye y uluchshenye dorozhnoi ynfrastrukturu s pomoshchiu kontraktov, osnovannukh na pokazateliakh kachestva rabot. Transportnui biulleten TN-27. Vashynhton

(SShA): Vsemyrnui bank. URL: http://www-esd.worldbank.org/pbc_resource_guide/Docs-latest%20edition/PBC/PBC_final_Russian_Jan16_2006.pdf.

5. MP B.3.2-02070915-844:2014 «Metodychni rekomendatsii z upravlinnia stanom avtomobilnykh dorih na osnovi dovhostrokovykh kontraktiv z potochnoho dribnoho remontu ta utrymannia dorih za pokaznykom rivnia yikh obsluhovuvannia»(2014). Kanin O.P., Sokolova N.M., Kharchenko A.M., Shpyh A.Iu., Makovska Yu.A., Shkarivska N.Iu. Ukravtodor. K.

6. Rozrobyty metodyku ta informatsiino-analitychnu systemu upravlinnia stanom avtomobilnykh dorih na osnovi dovhostrokovykh kontraktiv z potochnoho dribnoho remontu ta utrymannia dorih za pokaznykom rivnia yikh obsluhovuvannia (2014). Zvit pro naukovo-doslidnu robotu № 35-13 vid 18 kvitnia 2013. № derzhavnoi reiestratsii 0113U001972.

7. Vykonaty analiz ta rozrobyty vymohy do usunennia defektiv elementiv dorih pry realizatsii dovhostrokovykh kontraktiv z potochnoho dribnoho remontu ta ekspluatatsiinoho utrymannia avtomobilnykh dorih zahalnoho korystuvannia (2015). Zvit pro naukovo-doslidnu robotu № 49-15 vid 19 chervnia 2015. № derzhavnoi reiestratsii 0115U001654.

8. Kanin O.P. (2015). Informatsiino-analitychna systema upravlinnia dovhostrokovymy kontraktamy na osnovi rivniv obsluhovuvannia dorih. Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo. Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk. K.: HTU, Vyp. 94., S. 112-123.

9. Kanin O.P. (2015). Baza danykh rivniv obsluhovuvannia v upravlinni dovhostrokovymy kontraktamy na osnovi kintsevykh pokaznykiv yakosti dorih. Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo. Naukovo-tekhnichnyi zbirnyk. K.: NTU, Vyp. 94. S. 124-134.

10. Bohdanoff Dzh., Kozyn F. (1989). Veroiatnostnye modely nakoplenyia povrezhdenyi / Dzh. Bohdanoff, F. Kozyn ; M.: Myr, 344 s.

11. Soliño A. S. (2015). Optimizing performance-based mechanisms in road management: an agency theory approach. EJTIR 15(4), pp. 465-481. URL:http://www.tbm.tudelft.nl/filead-min/Faculteit/TBM/Onderzoek/EJTIR/Back_issues/15.4/2015_04_04.pdf.

12. Laffont J.-J. A Theory of Incentives in Procurement and Regulation (1993). MIT, Cambridge, London, Lecture Notes Text 14, 22 p. URL: https://tu-dresden.de/die_tu_dres-den/fakultaeten/vkw/iad/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_wirtschaftswissenschaf-ten/bwl/ee2/lehrstuhlseiten/ordner_lehre/ordner_ss_06/ordner_energiewirtschaft_4_ss_06/Lec-ture_Notes_Laffont_Tirole.pdf.

13. Transportation Research Board. Highway deicing. Comparing salt and calcium magnesium acetate (1991). Special Report 235, National Research Council,Washington, DC.

14. Chvanov V.V. Yssledovanye vlyianyia rasstoianyia vydymosty na dorozhnuiu avaryinost. URL: http://www.rosdornii.ru/UserFiles/File/dim/21-1/14.pdf.

УДК 625.85 DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-026-031

АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА МІЦНІСТЬ ЗЧЕПЛЕННЯ МІЖ АСФАЛЬТОБЕТОННИМИ ШАРАМИ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

ANALYSIS FACTORS AFFECTING FORMATION ON THE CLUTCH DURABILITY BETWEEN ASPHALT-CONCRETE LAYERS OF ROAD CLOTHING



Левківська Людмила Володимирівна, *кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра вищої математики, к. 514, вул. Бойчука 42, Київ, Україна, 01103, e-mail: l_v_g@ukr.net, тел. +380975475724,*

https://orcid.org/0000-0002-5589-5257



Елаллак Джафар Муса, *аспірант, Національний транспортний університет, кафедра дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, вул. Бойчука 42, Київ, Україна, 01103, e-mail: jafarmoosa_77@ukr.net, тел. +380668917124.*

Анотація. У даній статті відображено значення мережі автомобільних доріг для соціального розвитку суспільства та розвитку економіки держави вцілому. На основі літературних джерел проведено комплексний аналіз нинішнього стану функціонування дорожнього господарства України, сучасних тенденцій його розвитку. Встановлено, що дорожня галузь знаходиться в досить важкій ситуації, оскільки транспортно-експлуатаційний стан переважної більшості автомобільних доріг України є незадовільним. Через брак фінансових ресурсів будівництво нових доріг здійснюється вкрай рідко, а все частіше проводяться дорожні роботи по утриманню мережі вже існуючих доріг та забезпеченню їх необхідного транспортно-експлуатаційного стану.

За результатами проведеного аналізу виділена одна з основних причин передчасного руйнування новозбудованих або відремонтованих конструкцій дорожнього одягу нежорсткого типу – низька міцність міжшарового зчеплення в зоні контакту знову укладеного матеріалу з нижче розташованим шаром. Детально вивчено вплив зчеплення між асфальтобетонними шарами на міцність дорожнього одягу та його довговічність. Проаналізовано ряд факторів, які впливають на якість зчеплення між шарами.

Встановлено, що для забезпечення міцності зчеплення між асфальтобетонними шарами дорожнього одягу необхідно неухильно дотримуватись технологічних режимів їх укладання, перш за все температурних; враховувати фізико-механічні властивості матеріалів на етапі будівництва та вплив кліматичних і механічних чинників, або найчастіше їх комплексний вплив на експлуатацію автомобільної дороги.

Ключові слова: конструкція дорожнього одягу, асфальтобетонні шари, міцність зчеплення між шарами, зсув, тріщина.

Вступ. Мережа автомобільних доріг є невід'ємною частиною єдиної транспортної системи, що забезпечує роботу всіх галузей промисловості, економіки і сільського господарства, соціальний розвиток суспільства. Від стану автомобільних доріг залежать витрати на перевезення вантажів та пасажирів, рівень цін, певною мірою зайнятість населення та темпи розвитку економіки будь-якої держави загалом.

Аналіз літературних джерел [1] свідчить про те, що нинішній експлуатаційний стан більшості автомобільних доріг загального користування України є незадовільним. Практично сімдесят відсотків

з них уражено ямковістю, а окремі ділянки доріг є аварійно небезпечними та потребують термінового капітального і поточного середнього ремонтів.

Дослідження багатьох вчених [2-4] свідчать, що однією з основних причин передчасного руйнування новозбудованих або відремонтованих конструкцій дорожнього одягу нежорсткого типу є низька міцність міжшарового зчеплення в зоні контакту свіжо укладеного матеріалу з нижче розташованим шаром, оскільки умова міцного зв'язку між шарами найчастіше не дотримується. При експлуатації дорожніх конструкцій на контакті між шарами відбуваються відносні зміщення, що свідчать про недостатню міцність міжшарового зчеплення при динамічних впливах транспортних засобів і, як наслідок, виникнення високочастотних коливань призводить до швидкого руйнування дорожніх покриттів.

Мета і методи. Метою статті є аналіз існуючих факторів, які впливають на міцність зчеплення між асфальтобетонними шарами дорожнього одягу.

Результати і пояснення. На території України найбільш розповсюдженими є конструкцій дорожнього одягу з асфальтобетоним покриттям. Щоб покращити зчеплення між шарами дорожнього одягу застосовують підґрунтовки із бітуму або бітумної емульсії. Дорожні бітумні емульсії – в’яжучий і плівкоутворний матеріал, що являє собою однорідну малов’язку рідину темно-коричневого кольору, яка складається із бітуму і водного розчину емульгатора.

Сили зчеплення, які відіграють першорядну роль в забезпеченні довговічності дорожньої конструкції, обумовлюються адгезією та когезією плівки в'яжучого, що застосовується для підґрунтовки. Когезія залежить від властивостей клею, а адгезія - від фізичних та хімічних властивостей поверхонь, що склеюються і сил взаємодії цих поверхонь з клеєм.

Неналежне зчеплення асфальтобетонних шарів може призвести до порушень структури дорожнього одягу: зсуву, відшарування верхнього шару покриття та виникнення поздовжніх тріщин по смугах накату (рис. 1).



а) зсув; б) відшарування верхнього шару; с) виникнення поздовжніх тріщин

a) slippage; b) delamination of surface layer; c) longitudinal cracking

Рисунок 1 – Характерні порушення структури дорожнього одягу, викликані недотриманням умов зчеплення асфальтобетонних шарів

Figure 1 - Potential violations of road structure caused by non-compliance with the bonding conditions of asphalt concrete layers

Для зсуву характерні тріщини в формі півмісяця. Вони зазвичай мають два кінці та спрямовані в напрямку руху транспорту. Відшарування передбачає повне відділення верхнього шару дорожнього покриття від нижнього шару. Це може статися через серйозне погіршення ковзання і руйнування асфальтобетонного шару надмірною кількістю вологи. Міцні добре склеєні шари необхідні для передачі напружень розтягу та зсуву по всій конструкції дорожнього одягу, оскільки відшарування зменшує несучу здатність дорожнього покриття і прискорює появу тріщин. Основною причиною появи поздовжніх тріщин є виникнення напружень розтягу та згину в шарах дорожнього одягу під дією навантажень від автомобілів і температурних коливань, а особливо при спільній дії цих факторів. Тріщини зароджуються там, де нормальні напруження розтягу в шарі дорожнього одягу перевищують межу міцності на розтяг матеріалу відповідного шару [5].

Суттєвий вплив на якість зчеплення між шарами чинять тип, вид, структура і фактура матеріалу шарів, що з'єднуються, ступінь очищення поверхні перед нанесенням підґрунтовки й особливо якість і витрати підґрунтовки, а також рівномірність її нанесення на поверхню та час затвердівання.

Відомо, що надмірне використання емульсій призводить до проковзування між шарами дорожнього одягу, а отже, завдає шкоди міцності їх зчеплення. При виборі підґрунтовки із бітуму або бітумної емульсії важливо не тільки використовувати правильний тип, але також наносити її з правильною швидкістю.

Одним з найбільш значущих чинників, що визначають оптимальну норму нанесення дорожніх емульсій, є стан поверхні покриття. Поверхні, які є відкритими і окисленими, потребують більшого застосування емульсій для досягнення належного зчеплення між шарами дорожнього одягу.

Значний вплив на міцність склеювання чинить стан склеюваних асфальтобетонних шарів. Якщо поверхня цих шарів шорстка, то фактична площа склеювання збільшується за рахунок проникнення емульсії в пори і змочування внутрішніх стінок. Але її надмірне проникнення також небажане через можливість появи розривів по вертикалі клейової плівки. Крім того, вирішальним є граничне склеювання, а не глибинне. Збільшення пористості (при величині пор, достатній для проникнення в них клею) поверхні склеюваних асфальтових шарів підвищує міцність склеювання у кілька разів.

Дослідниками [6] відзначається той факт, що тонкий клейовий шар має більшу міцність на розрив і зсув у порівнянні з тим же товстим шаром клею, причому зі зменшенням товщини плівки міцність з'єднання зростає. Це зростання міцності часто пов'язують зі збільшенням молекулярних сил між твердим тілом і внутрішньою частиною плівки клею і зменшенням кількості дефектів у тонких клейових плівках у порівнянні з товстим шаром.

В основі прилипання бітуму, що виділився в результаті розпаду бітумної емульсії, лежать молекулярно-поверхневі явища. Адгезія бітуму залежить від великої кількості факторів, вплив яких проявляється в процесах фізичної адсорбції і хемосорбції. При наявності тільки фізичної адсорбції зчеплення плівки бітуму з поверхнею мінерального матеріалу буде значно меншим, ніж в тому випадку, коли мають місце процеси хімічної взаємодії. Для того, щоб запобігти відшаруванню водою плівки бітуму від поверхні мінерального матеріалу, необхідно, щоб адсорбційний зв'язок бітумної плівки з поверхнею мінеральної частинки був вищим адсорбційного зв'язку мінерального матеріалу з водою.

При влаштуванні дорожнього одягу слід враховувати кліматичні та грунтово-гідрологічні особливості різних регіонів України [7]. Ці особливості необхідно брати до уваги при виборі типу і марки асфальтобетону згідно з районуванням території України за кліматичними умовами роботи покриттів, при призначенні розрахункових характеристик ґрунту земляного полотна залежно від його вологості у різних областях і розрахункових характеристик асфальтобетону залежно від його температури, а також при проектуванні заходів по забезпеченню морозостійкості і осушенню дорожнього одягу.

Товщину монолітних шарів як основи, так і покриття слід призначати такою, щоб розтягуючі напруження, що діють в його найбільш напруженій зоні, не перевищували допустимих.

Верхній шар основи капітальних дорожніх одягів потрібно влаштовувати, головним чином, з монолітних матеріалів – з пористого асфальтобетону, щебеневих сумішей, фракційного щебеню, а також цементобетону.

Для влаштування нижньої частини основи в залежності від розрахункових умов руху слід надавати перевагу монолітним (укріплені ґрунти і кам'яні матеріали), а також зернистим матеріалам, що відповідають вимогам нормативних документів.

Асфальтобетонні шари дорожнього одягу слід влаштовувати лише в суху погоду [8]. Укладання холодних та гарячих асфальтобетонних сумішей потрібно проводити весною або влітку при температурі повітря не нижче + 5 °С, восени – не нижче + 10 °С.

Як виняток, роботи з використанням гарячих асфальтобетонних сумішей допускається проводити при температурі повітря не нижче ніж 0 °С, за умови дотримання наступних вимог:

- товщина шару асфальтобетону повинна бути не менше ніж 4 см;
- асфальтобетонні суміші необхідно використовувати разом з ПАР;
- нижній шар дорожнього одягу треба влаштовувати з щільних асфальтобетонних сумішей, якщо взимку та навесні по ньому передбачається рух транспорту;
- верхній шар покриття дорожнього одягу дозволяється влаштовувати по свіжоукладеному нижньому шару після охолодження його до температури не нижче ніж 20°С;

- верхній шар покриття дорожнього одягу допускається влаштовувати після прогріву нижнього шару гарячим піском, висівками або асфальторозігрівачами інфрачервоного випромінювання.

Укладання холодних сумішей потрібно закінчувати орієнтовно за 2 тижні до початку періоду осінніх дощів у даній місцевості.

Перед влаштуванням шару дорожнього одягу по існуючому покриттю необхідно відновити монолітність старого покриття відповідними ремонтними методами. При глибині колії на старому покритті понад 1 см його потрібно вирівняти шляхом влаштування вирівнюючого шару термопрофілюванням чи фрезуванням.

Основа, на яку укладається асфальтобетонна суміш, повинна бути чистою та сухою. Не пізніше ніж за 6 год до початку укладання асфальтобетонної суміші шар дорожнього одягу, що розташований нижче, потрібно обробити (підґрунтувати) будь-яким органічним в'яжучим: бітумною емульсією, рідким, в'язким бітумом марки БНД 90/130, БНД 130/200.

Підґрунтовку нижнього шару дорожнього одягу можна не виконувати, якщо цей шар влаштовано з асфальтобетонної суміші та матеріалів, просочених органічними в'яжучими не пізніше ніж за 2 доби до укладання нового шару, якщо він чистий і по ньому не пересувався технологічний та інший транспорт.

У процесі будівництва асфальтобетонних покриттів та основ треба здійснювати вхідний і операційний контроль якості робіт, результати якого потрібно відображати в журналах приготування сумішей, укладання та ущільнення їх по змінах.

При приготуванні асфальтобетонних сумішей потрібно контролювати:

- температуру органічного в'яжучого, мінеральних матеріалів та готової асфальтобетонної суміші в кузові кожного автомобіля; якість та дозування вихідних матеріалів та готової суміші –постійно;
- фізико-механічні властивості і склад суміші згідно з ДСТУ Б В.2.7-89 і ДСТУ Б В.2.7-119 – не рідше одного разу за зміну;
- фізико-механічні показники органічних в'яжучих –не рідше одного разу за зміну;
- фізико-механічні показники мінеральних матеріалів (зерновий склад, марку за дробильністю, вміст пилуватих і глинистих часток, в т. ч. глину в грудках, кількість пластинчастих часток) –не рідше одного разу за 10 змін;
- на початку будівельного сезону або при зміні постачальника продукції потрібно визначати марку щебеню за зносом у поличному барабані, марку за морозостійкістю.

У процесі влаштування покриття та основи додатково треба контролювати: температуру суміші в кожному автомобілі на місці укладання; фізико-механічні властивості асфальтобетонних сумішей за показниками випробування трьох кернів на кожні 9000 м^2 покриття; зчеплення шарів покриття (керн не повинен розділятися при ударі молотком масою 1 кг).

Висновки та рекомендації. Таким чином встановлено, що на якість зчеплення між асфальтобетонними шарами дорожнього одягу впливають такі фактори, як тип матеріалу підґрунтовки, витрати матеріалу, чистота поверхні, шорсткість поверхні, градація склеюваних шарів. Вплив цих факторів представлений у таблиці 1.

На додачу до цих чинників, які зазвичай оцінюють у лабораторії, польові дослідження показують, що недостатнє ущільнення асфальтобетонних шарів також може сприяти проникненню води, а отже, і руйнуванню міцністного зв’язку між його шарами. При облаштуванні асфальтобетонних шарів слід обов’язково застосовувати такі основні методи ущільнення, як укочування, віброущільнення і комплексний метод, при якому матеріал одночасно піддається укоченню та віброущільненню. Структура асфальтобетону, що визначає його міцність і зсувостійкість, у значній мірі формується саме в результаті ущільнення.

Для забезпечення міцності зчеплення між асфальтобетонними шарами дорожнього одягу необхідно неухильно дотримуватись технологічних режимів їх укладання, перш за все температурних; враховувати фізико-механічні властивості матеріалів на етапі будівництва та вплив кліматичних і механічних чинників, або найчастіше їх комплексний вплив на експлуатацію автомобільної дороги.

Таблиця 1 - Вплив різних факторів на міцність зчеплення між асфальтобетонними шарами дорожнього одягу

Table 1 – The influence of different factors on the clutch durability between asphalt-concrete layers of road clothing

Фактор	**Вплив на міцність зчеплення між шарами**
Тип клейового шару (підґрунтовки)	Суттєво впливає
Рівень витрат нанесення підґрунтовки	Зі зменшенням товщини клейової плівки міцність з'єднання між шарами зростає
Швидкість нанесення підґрунтовки	Впливає і залежить від температури навколишнього середовища (при низьких температурах швидкість нанесення емульсій повинна бути зменшена для досягнення належної міцності зчеплення)
Рівномірність нанесення підґрунтовки	Рівномірне нанесення забезпечує міцність зчеплення між шарами
Чистота поверхні	Чиста поверхня забезпечує більш високу міцність зчеплення між шарами
Шорсткість поверхні	Шорсткість поверхні збільшує міцність зчеплення
Градація склеюваних шарів	Больш грубі градації суміжних склеюваних шарів забезпечують більш високу міцність їх зчеплення

Перелік посилань

1. Кулицький С. Проблеми розвитку мережі автомобільних доріг в Україні. *Україна: події, факти, коментарі.* 2017. № 22. С. 56 – 65.

2. Минаков А.С., Кияшко И.В. Влияние обеспеченности межслойного сцепления на прочность дорожных одежд нежесткого типа. *Проектування, будівництво і експлуатація нежорстких дорожніх одягів:* матеріали міжнар. наук.-техн. конф., присвяченої 80-річчю ХНАДУ та дорожньо-будівельного факультету. Харків: ХНАДУ, 2010. С.112–115.

3. Мозговий В.В., Онищенко А.М., Куцман О.М., Баран С.А. Міцність дорожнього одягу – основа якості автомобільних доріг. *Автошляховик України*. 2013. № 4. С. 32 – 35.

4. Мозговий В.В., Онищенко А.М., Жуков О.О., Невінгловський В.Ф. Методика оценки сцепления между асфальтобетонными слоями при сдвиге. *Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры.* 2010. № 1. С. 53–60.

5. Левківська Л.В., Горбунович І.В., Елаллак Д.М. Аналіз факторів впливу на утворення тріщин в асфальтобетонних дорожніх покриттях. *«Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І.Вернадського. Серія: Технічні науки»* Том 30 (69) Ч.2 № 6, 2019. С. 189 – 194.

6. Плевако В.П., Ряпухин В.Н. Совершенствование метода расчета нежестких дорожных одежд. *Вестник Харьковского государственного автомобильно¬дорожного технического университета.* 1999. - Вып. 9. С. 51 – 56.

7. Левківська Л.В., Куцман О.М., Бондар В.М. Конструкції дорожнього одягу для важкого інтенсивного руху. *Гідротехнічне і транспортне будівництво:* матеріали міжнар. наук.-техн. конф. Одеса: ОДАБА, 2019. С. 49 – 51.

8.ДБН В.2.3-4:2007. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. ДБН В.2.3-4:2007. Київ. Мінрегіонбуд України. 2007.

ANALYSIS FACTORS AFFECTING FORMATION ON THE CLUTCH DURABILITY BETWEEN ASPHALT-CONCRETE LAYERS OF ROAD CLOTHING

Levkivska Liydmyla Volodymyrivna, Ph.D., National Transport University, associate professor department of high mathematics, e-mail: l_v_g@ukr.net, +380975475724, Ukraine, 01103, Kyiv, Boychuka str., 42, of. 514, https://orcid.org/0000-0002-5589-5257.

Elallak Jafar Musa, Postgraduate student of the National Transport University, Department of Road Construction Materials and Chemistry, e-mail: jafarmoosa_77@ukr.net, +380668917124, Ukraine, 01103, Kyiv, Boychuka str., 42.

Summary: This article reflects the importance of the road network for the social development of society and the development of the economy of the country as a whole. On the basis of literary sources provides complex analysis of roads in Ukraine, their current functional state and tendencies of development. It is established that the road industry is in a rather difficult situation due to unsatisfactory transport and operational conditions of the vast majority of Ukrainian roads. Construction of new roads is extremely rare because of lack of financial resources. Road works are usually carried out to preserve the network of already existing roads and to ensure their necessary transport and operational status.

According to the results of the analysis, one of the main reasons for the premature destruction of newly constructed or repaired non-rigid pavements is the low strength of interlayer adhesion in the contact area of the newly covered material with the layer below. The effect of clutch durability between asphalt layers on the road strength has been studied in detail. A number of factors that affect the quality of clutch durability between layers are analyzed.

It is established that in order to ensure the strength of grafting between asphalt concrete layers of road clothing, it is necessary to strictly observe the technological regimes of their laying, above all temperature; to take into account the physical and mechanical properties of materials at the construction stage and the influence of climatic and mechanical factors, or most often their complex effect on the operation of the highway.

Key words: road construction, asphalt-concrete layers, clutch durability between layers, shear, crack.

References

1. Kulytskyy S. Problemy rozvytku merezhi avtomobil′nykh dorih v Ukrayini. Ukrayina: podiyi, fakty, komentari. 2017. № 22. S. 56 – 65.

2. Mynakov A.S., Kyyashko Y.V. Vlyyanye obespechennosty mezhsloynoho stseplenyya na prochnost dorozhnykh odezhd nezhestkoho typa. Proektuvannya, budivnytstvo i ekspluatatsiya nezhorstkykh dorozhnikh odyahiv: materialy mizhnar. nauk.-tekhn. konf., prysvyachenoyi 80-richchyu KHNADU ta dorozhno-budivelnoho fakultetu. Kharkiv: KHNADU, 2010. S.112–115.

3. Mozhovyy V.V., Onyshchenko A.M., Kutsman O.M., Baran S.A. Mitsnist dorozhnoho odyahu – osnova yakosti avtomobilnykh dorih. Avtoshlyakhovyk Ukrayiny. 2013. № 4. S. 32 – 35.

4. Mozhovyy V.V., Onyshchenko A.M., Zhukov O.O., Nevinhlovs′kyy V.F. Metodyka otsenky stseplenyya mezhdu asfaltobetonnymy sloyamy pry sdvyhe. Vestnyk Donbasskoy natsyonalnoy akademyy stroytelstva y arkhytektury. 2010. № 1. S. 53–60.

5. Levkivska L.V., Horbunovych I.V., Elallak D.M. Analiz faktoriv vplyvu na utvorennya trishchyn v asfaltobetonnykh dorozhnikh pokryttyakh. «Vcheni zapysky Tavriyskoho natsionalnoho universytetu imeni V.I.Vernadskoho. Seriya: Tekhnichni nauky» Tom 30 (69) CH.2 № 6, 2019. S. 189 – 194.

6. Plevako V.P., Ryapukhyn V.N. Sovershenstvovanye metoda rascheta nezhestkykh dorozhnykh odezhd. Vestnyk Kharkovskoho hosudarstvennoho avtomobylno¬dorozhnoho tekhnycheskoho unyversyteta. 1999. - Vyp. 9. S. 51 – 56.

7. Levkivska L.V., Kutsman O.M., Bondar V.M. Konstruktsiyi dorozhnoho odyahu dlya vazhkoho intensyvnoho rukhu. Hidrotekhnichne i transportne budivnytstvo: materialy mizhnar. nauk.-tekhn. konf. Odesa: ODABA, 2019. S. 49 – 51.

8.DBN V.2.3-4:2007. Sporudy transportu. Avtomobilni dorohy. Chastyna I. Proektuvannya. Chastyna II. Budivnytstvo. DBN V.2.3-4:2007. Kyyiv. Minrehionbud Ukrayiny. 2007.

УДК 625.70 DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-032-040

ВИЗНАЧЕННЯ НОРМАТИВНИХ ЗНАЧЕНЬ МЕХАНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗВ'ЯЗНИХ ҐРУНТІВ ЗА ДАНИМИ ДИНАМІЧНОГО ЗОНДУВАННЯ

DETERMINATION OF NORMATIVE VALUES OF MECHANICAL INDICATORS OF BONDED SOILS BASED ON DYNAMIC PROBING DATA



***Литвиненко Анатолій Семенович**, інженер шляхів сполучення, Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П.Шульгіна», e-mai: asl.weise@gmail.com, тел. +380676992514,*

https://orcid.org/0000-0002-7414-4731



***Кушнірова Оксана Миколаївна,** Національний транспортний університет, кафедра транспортного будівництва та управління майном, старший викладач, kushnirovao@gmail.com, тел.+380442803942,*

https://orcid.org/0000-0001-6011-5609

Анотація. В роботі на основі аналітичного аналізу табличних значень механічних показників зв'язних ґрунтів природного залягання (структурованих), які наводяться в будівельних нормативних документах, та їх деякого корегування з урахуванням практичного досвіду геотехнічних вишукувань із застосуванням методу динамічного зондування, дається графічна й аналітична (формульна) інтерпретація цих значень відносно значень показника динамічного зондування $P_д$, МПа, та показника текучості I_L, од., за ступеня водонасичення цих ґрунтів $S_r \geq 0,8$ од.

Також у роботі дається фізичне обґрунтування суттєвої різниці між значеннями механічних показників зв'язних ґрунтів у їх природному стані та аналогічними техногенними ґрунтами у штучних інженерних спорудах-насипах, де їх структурні зв'язки були порушені в процесі екскавації, в місцях видобутку, розрівнювання під час укладання та пошарового ущільнення.

Ключові слова: нормативні документи, табличні дані, зв'язні ґрунти, природні, механічні показники, графічна інтерпретація, аналітичні залежності.

Вступ

Через певну складність відбирання монолітних зразків ґрунтів, складність і тривалість їх лабораторних випробувань для визначення середніх (нормативних) і розрахункових значень механічних показників, на початкових етапах проектування, а також для менш відповідальних будівель і споруд, зазвичай, користуються нормативними даними, які наводяться в табличній формі у відповідних нормативних документах із будівництва [1, с. 47–48; 2, с. 88–89, 3, с. 12—13].

Одночасно, на початкових етапах проектування, разом із традиційними буровими геотехнічними роботами вже багато років застосовують й інші, більш продуктивні, хоча і не такі точні, допоміжні методи дослідження ґрунтових масивів та основ інженерних споруд. Серед таких методів достатньо великого поширення набули методи статичного та динамічного зондування [5, с. 22]. Значними недоліками використання цих методів у вітчизняній практиці є те, що, зазвичай, обладнання для таких робіт використовують імпортного виробництва, а методику оцінювання значень механічних показників ґрунтів зашифровано в їх паспортній документації як власність відповідного виробника. Через це не можна бути достатньо впевненим, що дані, отримані в результаті якихось конкретно проведених вишукувань, відповідають саме цим ґрунтам, які насправді залягають в основі інженерних споруд.

Тому метою цієї роботи також є необхідність показати, яким чином результати конкретних досліджень можуть бути узгоджені саме із даними чинної вітчизняної нормативної будівельної бази даних.

Основна частина

Аналітичний аналіз табличних значень механічних показників зв'язних ґрунтів, у нормативних документах згаданих у вступі і в прийнятих там діапазонах (інтервалах) мінливості цих показників, можна представити у вигляді експоненціальних залежностей (рис. 1—3). У вибраних координатах і діапазонах зміни такі функції може бути представлено відрізками прямих ліній, що дозволяє досить просто знаходити необхідні показники графічним методом. До графіків також додано відповідні їм аналітичні залежності, що не тільки спрощує процес і точність визначення числових значень цих показників, але і дозволяє, при необхідності, автоматизувати цей процес так, як тепер це робиться в паспортах свердловин статичного зондування. Для пристроїв динамічного зондування такого аналітичного переходу взагалі не існувало.

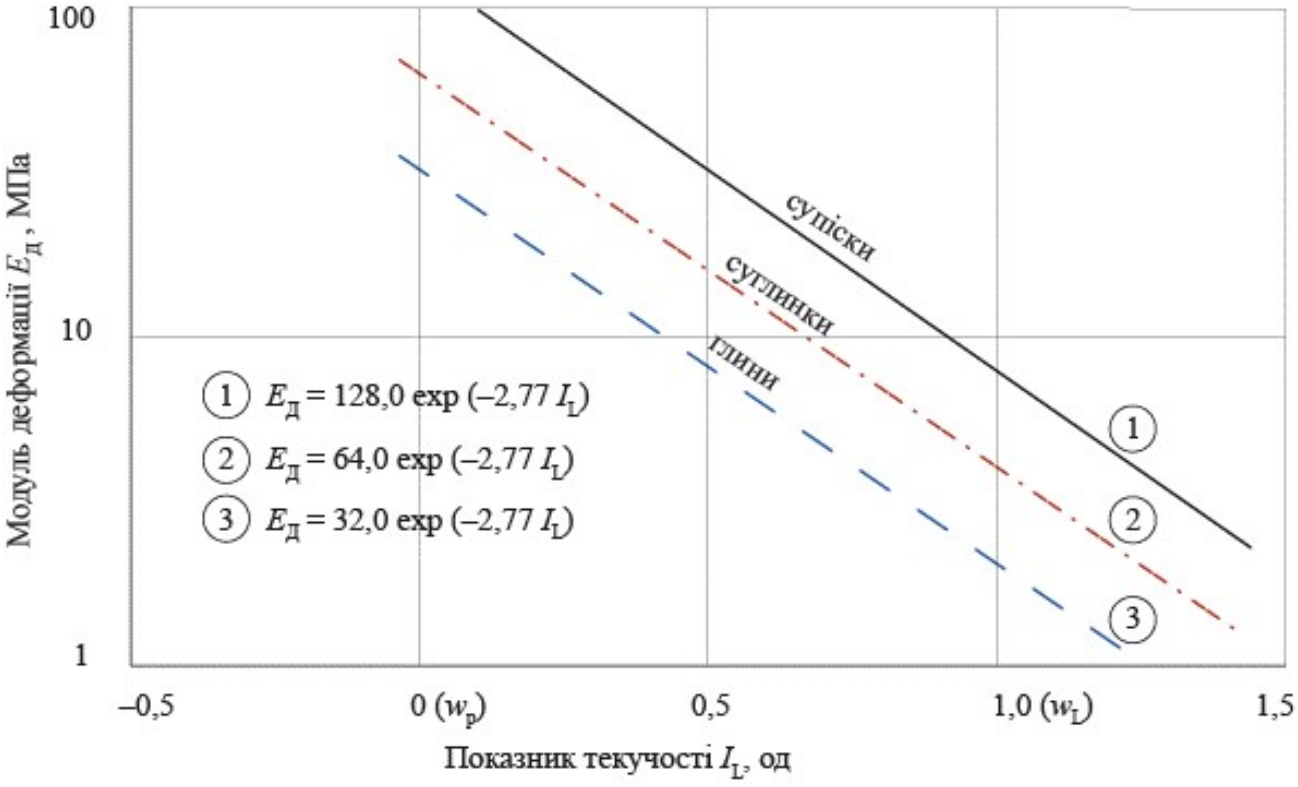


Рисунок 1 — Залежності нормативних значень модуля деформації зв'язних ґрунтів від показника текучості, коли $S_r \geq 0{,}8$ од.

Figure 1 - Dependences of the deformation modulus normative values of cohesive soils on the yield strength, when Sr ≥ 0.8 units

На рис. 4 у графічній та аналітичній формах показано можливість поєднати значення показників опору ґрунтів динамічному зондуванню $P_д$, МПа, з фізичними параметрами ґрунтів у вигляді показників текучості I_L, од., та коефіцієнта ущільненості k_d, од. (за Приклонським В. А.) [7, с. 207].

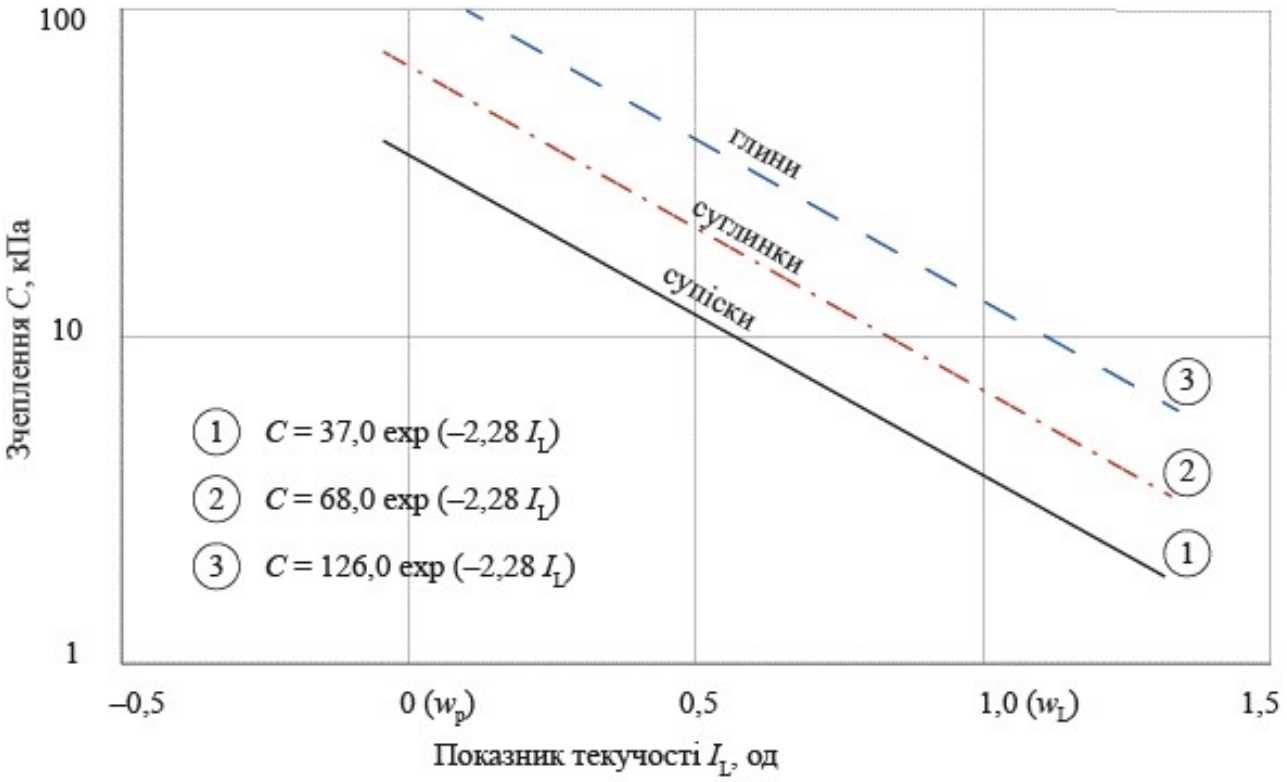


Рисунок 2 — Залежності нормативних значень зчеплення зв'язних ґрунтів від показника текучості, коли $S_r \geq 0{,}8$ од.

Figure 2 - Dependences of adhesion normative values of cohesive soils on the yield index, when Sr ≥ 0.8 units.

Показники I_L [6, с. 32] та k_d у безрозмірному вигляді пов'язані з вологістю w, од., та густиною сухого ґрунту ρ_d, г/см^3, залежностями:

$$I_L = (w_i - w_p) / (w_L - w_p), \quad (1)$$

$$k_d = (e_{w_L} - e_{w_i}) / (e_{w_L} - e_{w_p}), \quad (2)$$

де I_L — показник текучості, од.;

k_d — показник ущільненості, од.;

w_L та w_p — межі текучості та розкочування ґрунту, од.;

e_{w_L} та e_{w_p} — коефіцієнти пористості ґрунту, од., які відповідають значенням їх меж текучості та розкочування

w_i та e_{w_i} — вологість і коефіцієнт пористості кожного конкретного зразка ґрунту.

Для стану повного водонасичення $S_r = 1{,}0$ ці два показники однозначно пов'язані між собою залежністю:

$$e = w \cdot \rho_s,$$

а $I_L + k_d = 1,0$,

де w — вологість ґрунту, в од.;
ρ_s — питома маса частинок ґрунту, г/см^3.

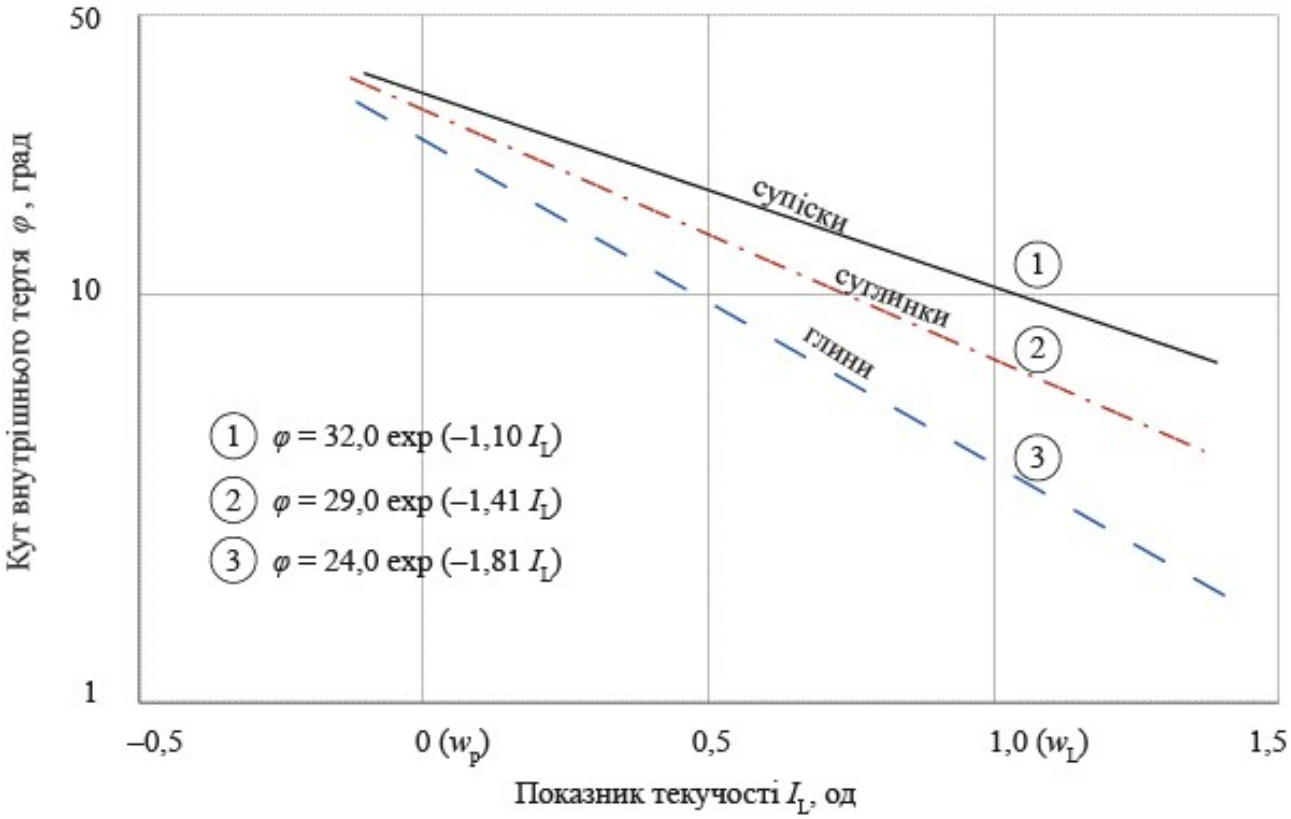


Рисунок 3 — Залежності нормативних значень кута внутрішнього тертя зв'язних ґрунтів від показника текучості, коли $S_r \geq 0,8$ МПа

Figure 3 - Dependences of the internal friction angle normative values of cohesive soils on the yield strength, when Sr ≥ 0.8 MPa

Для визначення показника ρ_s не потрібно відбирати моноліти ґрунтів.

Таким чином на рис. 4, у досить зручному графічному й аналітичному вигляді, можна бачити, як всі можливі стани ґрунтів, від твердих до текучих, так і їх зв'язок у водонасиченому стані з опором умовному динамічному зондуванню $P_Д$, МПа, що дозволяє поширити цей зв'язок і на стан ґрунтів із $S_r \geq 0,8$. На рис. 4 цю зону виокремлено відповідним забарвленням (штриховими лініями).

Усе висловлене до тепер стосується тільки природних, в тій чи іншій мірі, структурованих (кристалізаційні, водноколоїдні зв'язки) ґрунтів, і в принципі, не може бути будь-яким чином поширене на техногенні деструктуризовані ґрунти в штучних ґрунтових інженерних спорудах. Причому, це обумовлено не тільки природними властивостями самих ґрунтів, а й величиною зусиль, які на них передаються, та характером їх прикладання (динамічні зусилля).

Так, в переважній більшості споруд цивільного будівництва, тиск, який чинить споруда на ґрунтову основу, не більше ніж 0,3 МПа (3 кг/см^2). Компресійні випробування ґрунтів, зазвичай, обмежуються тиском $p \leq 0,5$ МПа (5 кг/см^2) і нормативні показники ґрунтів даються лише у межах пластичного стану ґрунтів $0 \leq I_L \leq 0,75$. Безумовно, що окремі споруди розраховують і на більший тиск на ґрунт, але вони проектуються за спеціальними проектами і дослідженнями.

У зв'язку із цим абсолютно недоречним можна вважати пристосування нормативних даних, характерних для цивільного будівництва для потреб, наприклад, дорожнього або аеродромного будівництва, що є чинним фактично і до тепер [2—4].

Зроблений нами аналітичний аналіз цих нормативних документів [2—4] для транспортного будівництва показав, що формально враховуючи руйнування природної структури ґрунтів під час спорудження насипів, в табличних даних нормативних документів дещо зменшені значення показників c — зчеплення та φ — кута внутрішнього тертя. У той самий час не зрозуміло, з яких міркувань там навіть дещо збільшені значення модулів пружності, $E_{пр}$, МПа, порівняно з наведеними в нормативних документах для цивільного будівництва модулями деформації $E_Д$, МПа.

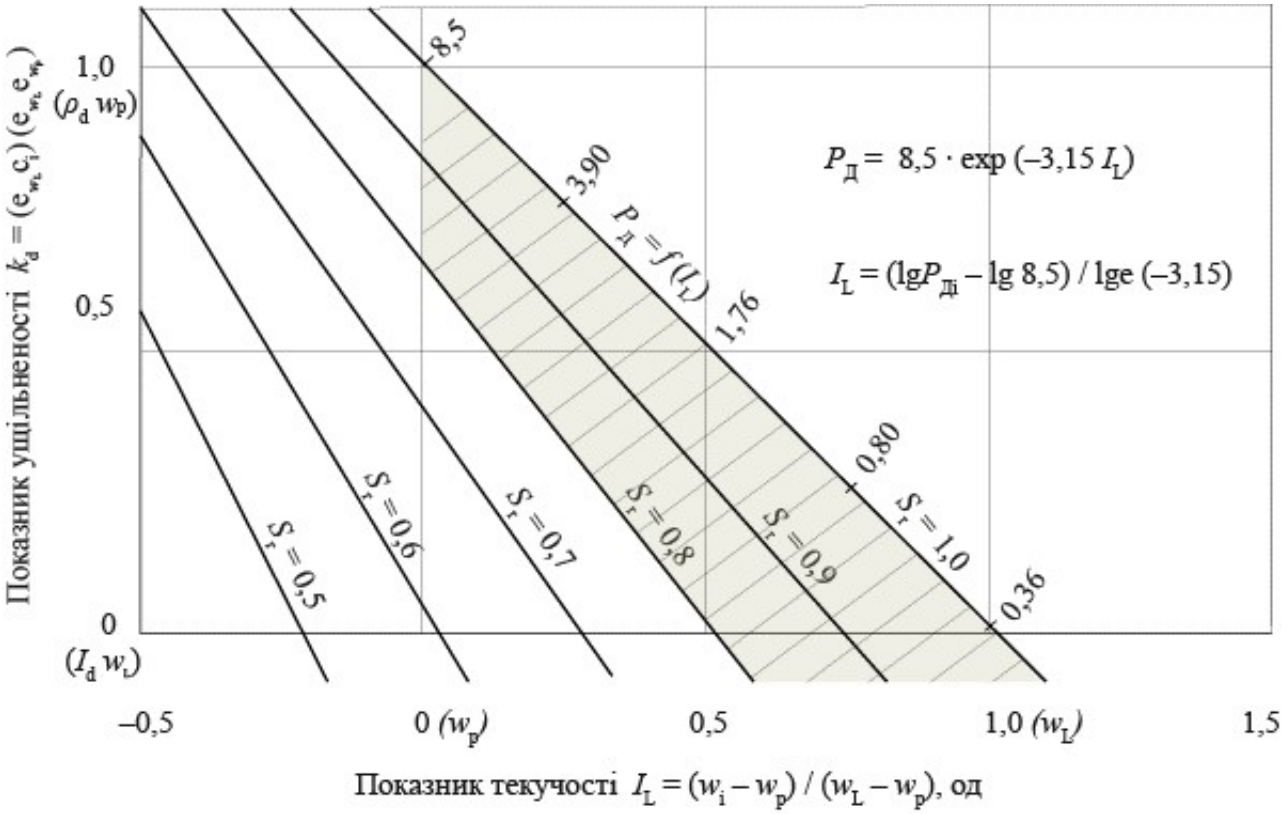


Рисунок 4 — Загальна залежність показника $P_Д$, МПа, зв'язних ґрунтів від їх показників ущільненості та текучості, коли $S_r \geq 0{,}8$ од.

Figure 4 - General dependence of cohesive soils $P_Д$, MPa, on their density and fluidity, when Sr ≥ 0.8 units

Слід взяти до уваги, що у пластичному стані зв'язних ґрунтів ($0 < I_L < 0{,}75$), для якого завжди наводяться ці показники у нормативних документах, пружні властивості таких ґрунтів практично відсутні, а так звані модулі деформації більше характеризують (особливо на початковій стадії випробування) структурні властивості ґрунтів ніж пластичних, що найкраще помітно саме для лесових ґрунтів на їх компресійних залежностях [9, с. 53].

З рис. 5 добре видно, що ґрунти, ущільнені в насипах, згідно стандартного ущільнення, повинні мати густину сухого ґрунту дещо більшу за густину сухого ґрунту відповідних зв'язних ґрунтів на межі їх розкочування w_P [10, с. 195]. У цій роботі через велику кількість графічного матеріалу це не показано, але, зазвичай, графіки стандартного ущільнення зв'язних ґрунтів у безрозмірних координатах $I_L - k_d$ дуже добре накладаються один на одного, і їх максимальна густина сухого ґрунту перевищує аналогічну густину зв'язних ґрунтів на межі їх розкочування.

Якщо для прикладу порівняти залежності модулів деформації суглинистого ґрунту природного залягання і модулів пружності штучно ущільнених ґрунтів в приладі стандартного ущільнення (рис. 6), то також нескладно побачити, що не можна в нормативних документах на спорудження автомобільних доріг, чи інших штучних інженерних ґрунтових споруд, спиратись на дані нормативних документів для цивільного будівництва як на прототип.

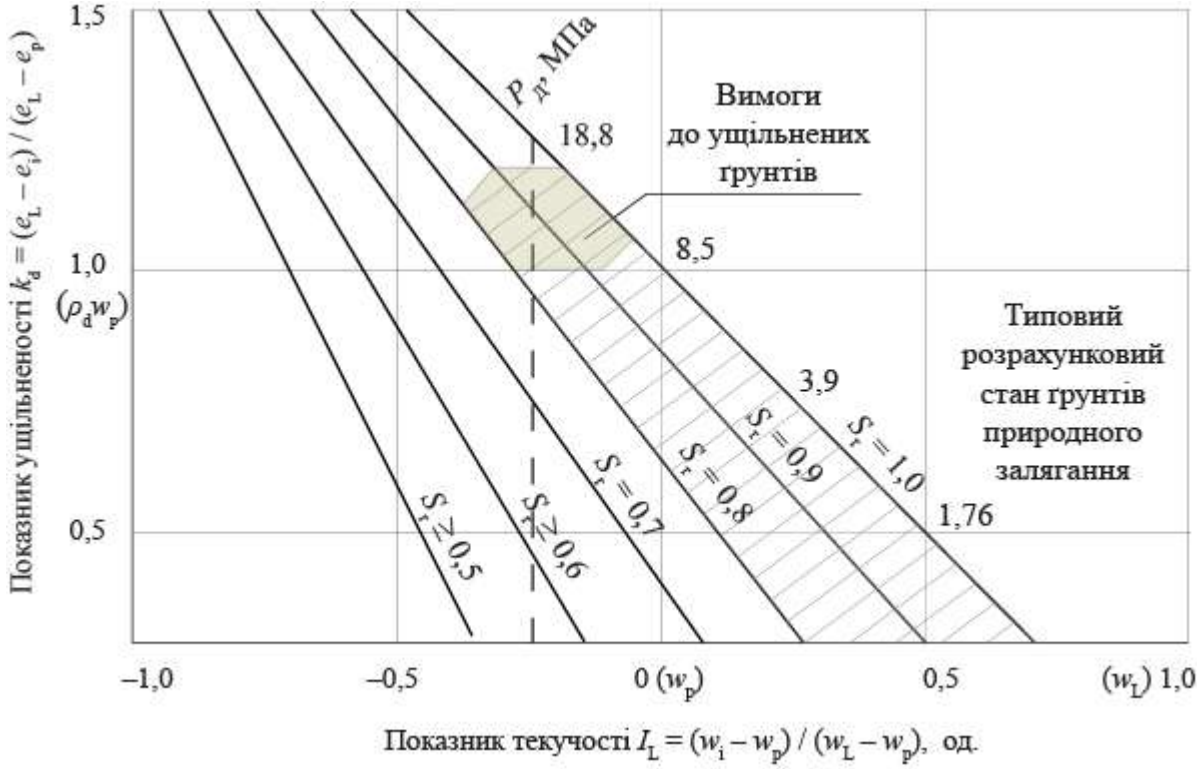


Рисунок 5 —Типові стани ґрунтів природного залягання та вимоги до стану ґрунтів, ущільнених в насипах

Figure 5 —Typical natural soils conditions and requirements for embankments compacted soil conditions

Більш того, тепер виникає питання, а чи потрібно під час розрахунків дорожніх одягів користуватись такими показниками як зчеплення і кут внутрішнього тертя? Відомо, що при якісному спорудженні насипів на ґрунт при його укочуванні, повинні діяти зусилля не менші 0,6 МПа [11, с 147, с. 152] при вологості ґрунту не більше нижньої межі пластичності wp, а це досить сухі і тверді ґрунти. Випробування таких щільних зразків ґрунтів на зріз досить проблематичне і нам не відомі літературні значення таких показників c, φ при $I_L < 0$. Та й проводити такі випробування треба було б при вертикальному тиску на зразок у межах (0,7—1,0) МПа. Таким чином єдиним і найголовнішим параметром, який характеризує будівельні властивості ущільнених у насипах ґрунтів, має бути лише модуль пружності та пов'язані з ним величини найбільшого відносного пружного прогину l_{max} і відповідна йому межа міцності $R_0 \geq 0,6$ МПа.

В результаті проведеного аналізу, з'ясовується, що на міцність і довговічність (надійність) дорожніх та аеродромних одягів більше впливає не методика їх розрахунку, а саме якість спорудження земляного полотна ґрунтової основи та достовірність виконання її контролю та пов'язані з цим процесом прилади й обладнання. Як гарантія надійної роботи дорожніх одягів в їх основі не повинно бути ґрунтів природного залягання із $\rho_d < \rho_{d_{w_p}}$ (принаймні на глибину 1,5 м від поверхні покриття) .

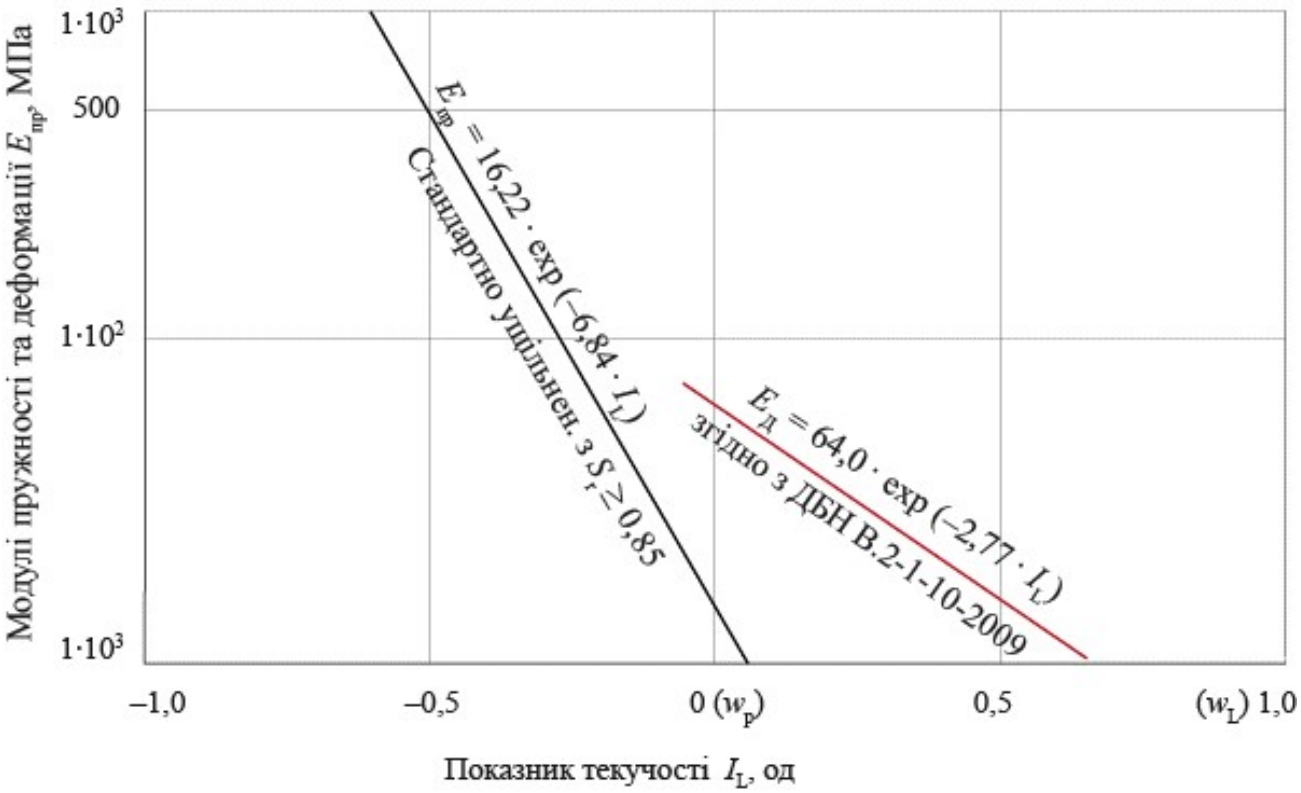


Рисунок 6 — Порівняння залежностей модулів деформації і модулів пружності суглинків від показника I_L, коли $S_r \geq 0,8$

Figure 6 - Comparison of the loam deformation modulus and elasticity modulus dependences from I_L when $S_r \geq 0.8$

Висновки

1. Виконана робота дає можливість для цивільного будівництва користуючись методом динамічного зондування, на початкових етапах проектування не тільки досить добре та якісно диференціювати геотехнічний розріз за несною здатністю ґрунтових ширів, які його складають, але і кількісно, більш-менш ефективно і точно, оцінювати фізико-механічні показники ґрунтів відповідно до середніх табличних їх значень у чинних нормативних документах без відбирання зразків-монолітів структурованих ґрунтів.

2. Теоретичний аналіз показав, що чинні нормативні дані не можуть бути ніяким чином використано як прототип під час оцінювання механічних показників деструктурованих техногенних ґрунтів, з яких споруджують штучні інженерні ґрунтові споруди.

3. Для забезпечення надійної та довговічної роботи дорожніх одягів автомобільних доріг і аеродромів, в їх робочому шарі не повинно бути ґрунтів із густиною сухого ґрунту меншою ніж густина сухого ґрунту на межі розкочування (нижній межі пластичності). Найкраще, коли середнє значення густини сухого ґрунту техногенного ущільненого ґрунту в робочому шарі буде у межах (1,05÷1,1) $\rho_{d_{wp}}$

4. При неможливості виконання з якихось причин останньої вимоги, слід застосовувати методи армування ґрунтів геосинтетиками або розробляти спеціальні заходи для збільшення несної здатності ґрунтів.

Перелік посилань

1. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. Київ, 2009. 85 с. (Інформація та документація).

2. ВБН В.2.3-218-186-2004 Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу. Київ, 2004.

3. ВБН В.2.3-218-008-97 Проектування і будівництво жорстких та з жорсткими прошарками дорожніх одягів. Київ, 1997. 98 с. (Інформація та документація).

4. Довідник № 1 розрахункових характеристик ґрунтів, матеріалів покриття і основи дорожнього одягу та навантажень від нормативних засобів. Київ, 2017. 39 с. (Інформація та документація).

5. ДСТУ Б В.2.1-9:2016 Ґрунти. Методи польових випробувань статичним і динамічним зондуванням. Київ, 2017. 25 с. (Інформація та документація)

6. ДСТУ Б В.2.1-2-96 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Класифікація (ГОСТ 25100-95). Київ, 1997. 51 с. (Інформація та документація).

7. Приклонський В.А. Грунтоведение. Часть первая. Издание 3-е. Москва, 1955. 430 с.

8. Литвиненко А.С. До питання визначення розрахункових значень показників деформативності і міцності зв'язних грунтів при розрахунках дорожніх одягів автомобільних доріг. Автошляховик України. 3(255). Київ, 2018. С. 44. DOI: 10.33868/0365-8392-2018-3-255-37-44.

9. Литвиненко А.С. Обґрунтування сучасної методики лабораторного визначення модуля пружності зв'язних ґрунтів та їх розрахункового стану в дорожній конструкції (Частина 2). Автошляховик України. 1(261). Київ, 2019. 54. DOI: 10.33868/0365-8392-2020-1-261-48-54.

10. Безрук В.М., Костірко М.Т. Геология и грунтоведение. Дориздат. Москва, 1955. 327 с.

11. Хархута Н.Я., Васильев Ю.М. Прочность, устойчивость и уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог. Транспорт. Москва, 1975. 288.

DETERMINATION OF NORMATIVE VALUES OF MECHANICAL INDICATORS OF BONDED SOILS BASED ON DYNAMIC PROBING DATA

Lytvynenko Anatoalii Semenovych, route engineer, M.P. Shulgin State Road Research Institute State Enterprise – DerzhdorNDI SE, Kyiv, Ukraine. asl.weise@gmail.com, +380676992514, https://orcid.org/0000-0002-7414-4731.

Kushnirova Oksana Mykolaivna, National Transportation University, Department of Transportation Construction and Property Management, Senior Lecturer, kushnirovao@gmail.com. https://orcid.org/0000-0001-6011-5609.

Absract. In the work on the basis of analytical analysis of tabular data, both current and previous domestic regulatory documents on civil engineering, for mechanical indicators of bonded soils of natural occurrence graphic and analytical (formula) interpretation of these values in relation to the values of the dynamic probing index of P_d, MPa, and yield index I_L, units, for the degree of water saturation of these soils $S_r \geq 0.8$ units is given.

Correlation with the value of dynamic probing of P_d, MPa allows not only to differentiate engineering and geological (geotechnical) cross-sections, more or less detailed, but also to estimate the load-bearing capacity of selected layers of bonded soils accurately enough.

The theoretical analysis has shown that the values of mechanical indicators of natural bonded soils adopted in the current regulatory documents, even taking into account their structural strength, can not be directly used as a prototype to assess similar indicators of compacted technogenic soils of artificial structures in the form of embankments of hydraulic dams, road embankments or airfields. This is due to the fact that in the vast majority of cases in civil construction assessed the properties of soils in the plastic state, which tend to have a lower density of dry soil than at the border of rolling, and a mandatory condition for the use of such soils in artificial soil structures is their compliance with the requirements of the so-called standard compaction, that is, the density of dry soil there should be more than the density of dry soil at the border of rolling. These soils are in a solid state (their concentration is ≥ 85 %) and indeed (through direct contact between the soil parts) work as an elastic body and can be characterized by a modulus of elasticity with a corresponding small

elastic deflection l_{max} and a sufficiently large design critical resistance value of $R_0 \geq 0.6$ MPa, which must be determined at each laboratory test of the samples before they fracture or disproportional movement of the stamp.

Keywords: regulatory documents, tabular data, bonded soils, natural, mechanical properties, graphical interpretation, analytical dependencies.

References

1. Ministry of Regional Development of Ukraine. (2009). DBN V.2.1-10-2009 Osnovy ta fundamenty sporud. Osnovni polozhennia proektuvannia [DBN V.2.1-10-2009 Foundations and foundations of buildings. Basic design provisions]. Kyiv. 85.

2. UkrAvtoDor. (2004). VBN V.2.3-218-186-2004 Sporudy transportu. Dorozhniy odyah nezhorstkoho typu [VBN V.2.3-218-186-2004 Transport facilities. Non-rigid pavement]. Kyiv, 105.

3. UkrAvtoDor. (1997). VBN V.2.3-218-008-97 Proektuvannya i budivnytstvo zhorstkykh ta z zhorstkymy prosharkamy dorozhnikh odyahiv [VBN V.2.3-218-008-97 Designing and construction of rigid and rigid layers of pavement]. Kyiv, 98.

4. KhNRU (2017). Dovidnyk N 1 rozrakhunkovykh kharakterystyk gruntiv, materialiv pokryttya i osnovy dorozhn'oho odyahu ta navantazhen' vid normatyvnykh zasobiv [Handbook № 1 designing characteristics of soils, paving materials and bases of pavement and loads from regulatory means]. Kharkiv. 39.

5. DP “UkrNDNC”. (2017). DSTU B V.2.1-9:2016 Grunty. Metody pol'ovykh vyprobuvan' statychnym i dynamichnym zonduvannyam [DSTU B V.2.1-9:2016 Soils. Field test methods by static and dynamic sounding]. Kyiv, State Standard of Ukraine. 25.

6. Derzhbud Ukrayiny (1997). DSTU B V.2.1-2-96 Osnovy ta pidvalyny budynkiv i sporud. Grunty. Klasyfikatsiya (HOST 25100-95) [DSTU B V.2.1-2-96 Bases and foundations of building and structures (NOST 25100-95)]. Kyiv, 1997. 51 p.

7. Priklonskyy V.A. (1955). Hruntovedenye. Chast' pervaya. Yzdanye 3-e [Soil science. Part one. 3rd edition]. Moscow, Hosheolohtekhyzdat, 430.

8. Lytvynenko A.S. (2018). Do pytannya vyznachennya rozrakhunkovykh znachen' pokaznykiv deformatyvnosti i mitsnosti zv"yaznykh hruntiv pry rozrakhunkakh dorozhnikh odyahiv avtomobil'nykh dorih [On the question of determining the calculated values of indicators of deformability and strength of cohesive soils in the calculation of road pavements]. *Avtošljachovyk Ukraïny.* Kyiv, 42. DOI: 10.33868/0365-8392-2018-3-255-37-44.

9. Lytvynenko A.S. (2019). Obgruntuvannya suchasnoyi metodyky laboratornoho vyznachennya modulya pruzhnosti zv"yaznykh gruntiv ta yikh rozrakhunkovoho stanu v dorozhniy konstruktsiyi (Chastyna 2) [Substantiation of modern methods of laboratory determination of the modulus of elasticity of cohesive soils and their calculated state in the road structure (Part 2)]. Kyiv, 54. DOI: 10.33868/0365-8392-2020-1-261-48-54.

10. Bezruk V.M., Kostirko M.T. (1955). Heolohyya y hruntovedenye [Geology and soil science]. Doryzdat, Moscow, 327.

11. Kharkhuta N.Ya., Vasyliev Yu.M. (1975). Prochnost, ustoychyvost y uplotnenye hruntov zemlyanoho polotna avtomobylnykh doroh [Strength, stability and compaction of soils of subgrade of highways]. Moscow, Transport, 288.

УДК 539.3 DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-041-048

THE CONSTRUCTION OF A SPATIAL MODEL FOR CALCULATING THE THERMALLY STRESSED STATE OF SHALLOW SHELLS ON A RIGID BASIS

ПОБУДОВА ПРОСТОРОВОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ТЕРМОНАПРУЖЕНОГО СТАНУ ПОЛОГИХ ОБОЛОНОК НА ЖОРСТКІЙ ОСНОВІ



***Marchuk Alexander V.**, Dr. Sci. (Tech.), National Transport University professor, Mechanical engineering and strength of materials department professor, e-mail: ksm_ntu@ukr.net, tel. +380994256775 Ukraine, 01010, Kiev, Mykhaila Omelianovycha-Pavlenka Str. 1, of. 113,*

orcid.org/0000-0001-8374-7676



***Levkivskiy Sergii A.**, National Transport University, Road vehicles department senior lecturer, e-mail: s.a.levkovsky@gmail.com, tel. +380978316547 Ukraine, 01010, Kiev, Mykhaila Omelianovycha-Pavlenka Str. 1, of. 226,*

orcid.org/0000-0003-1515-4240



***Gavrilenko Elena V.**, Cand. Sci. (Phys.-Math.), National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute" Associate Professor, e-mail: iem.gavrilenko@meta.ua, tel. +380935768058 Ukraine, 03056, Kiev, Polytechnic Str. 41, building 18, of. 428, 429/1,*

orcid.org/0000-0003-3509-0299

Abstract: Modern calculations of layered plates and shells in a three-dimensional formulation are based on a technique where the distribution of the desired functions over the thickness of a structure is sought by the method of discrete orthogonalization. In this article, based on the approaches developed by the authors, the thermally stressed state of layered composite shallow shells with a rigidly fixed lower surface is analyzed. The distribution of the desired functions over the thickness of the structure is found based on the exact analytical solution of the system of differential equations. An approach to studying the thermally stressed state of layered composite shells is also considered, and a spatial model for calculating the thermally stressed state of shallow shells on a rigid basis is constructed. Currently, this is a very urgent task when calculating the pavement of bridges. A feature of this approach is the assignment of the desired functions to the outer surfaces of the layers, which allows one to break the layer into sublayers, reducing the approximation error to almost zero.

To build a spatial model, a load option is selected with temperature loads (according to the sine law) and boundary conditions (Navier), which lead to the distribution of the desired functions in terms of a plate with trigonometric harmonics of the Fourier series. A polynomial approximation of the desired functions by thickness is involved.

Using the model under consideration, an analysis of flat layered composite shells on a rigid basis under the influence of temperature load was carried out. The considered example showed that the proposed model provides sufficient accuracy in the calculations of layered shallow shells when considering each layer within one sublayer. When dividing each layer into 32, 64, 128 sublayers, almost the same result was obtained.

The proposed approach can be used as a reference method for testing applied approaches in calculating the stress states of layered shallow composite shells.

Key words: temperature loads, tangential loads, thermo-stressed state, layered composite shells, semi-analytical finite element method.

Introduction. Calculations of layered plates and shells in a three-dimensional setting, including calculations for temperature effects, are most fully presented in [1]. Modern similar calculations are based on a technique where the distribution of unknown functions over the thickness of the structure is sought by the method of discrete orthogonalization.

In this article, based on the approaches developed by the authors, the thermally stressed state of layered composite sloping shells with a rigidly fixed lower surface is analyzed.

1. Construction of the solution

In order to construct a spatial model, the variant of the loading by the temperature load (by the law of the sinus) and the boundary conditions (Navier) is chosen, which leads to the distribution of the desired functions in terms of the plate by the trigonometric harmonics of the Fourier series. The polynomial approximation of the desired functions in thickness is involved.

The layered structure in the Cartesian coordinate system is considered. The faces of the layers are evenly spaced at a certain distance and have zero curvature of the torsion $k_{12} = 0$. The variability of the main curvature is neglected $k_{11} = const$; $k_{22} = const$. The construction is rather slippery, that is, for the coefficients of the first quadratic form should be taken $A_1 \approx 1$; $A_2 \approx 1$. It is assumed that the curvature radii have considerably larger thicknesses of the structure and its outer surfaces have the same curvature, and can also be written $1 + k_{11} z$; $1 + k_{22} z \approx 1$. The introduced restrictions allow us to identify the curvilinear system of orthogonal coordinates with a planar orthogonal coordinate system. The X axis (lower index 1) and Y (lower index 2) are directed in the plan view, Z axis (lower index 3) for its thickness down; a_{k-1}, a_k – the coordinates of the outer surfaces of the k-th layer of the plate along the Z-axis; comma at the level of the index means a differentiation operation.

A well-known approximation of the desired displacements by thickness is used [2]:

$$U_i^{(k)}(x,y,z) = U_{il}^{(k)}(x,y) f_{il}^{(k)}(z) + W_{p,i}^{(k)}(x,y) \varphi_{2p}^{(k)}(z):$$

$$U_3^{(k)}(x,y,z) = W_p^{(k)}(x,y) \beta_p^{(k)}(z), (i = 1,2;\ l = 1,2;\ p = 1\ldots4). \qquad (1)$$

We have $U_{i1}^{(k)}(x,y)$, $U_{i2}^{(k)}(x,y)$ – tangential displacements on the faces of the k-th layer of the structure;

$W_1^{(k)}(x,y)$, $W_2^{(k)}(x,y)$ – normal displacements on the faces of the k-th layer of the structure,

$W_3^{(k)}(x,y)$, $W_4^{(k)}(x,y)$ – shift functions in the direction of the X and Y axes;

$f_{i1}^{(k)}(z)$, $f_{i2}^{(k)}(z)$, $\beta_1^{(k)}(z)$, $\beta_2^{(k)}(z)$ – predetermined first degree polynomials;

$\varphi_{i1}^{(k)}(z)$, $\varphi_{i2}^{(k)}(z)$, $\beta_3^{(k)}(z)$, $\beta_4^{(k)}(z)$ – second-degree polynomial;

$\varphi_{i3}^{(k)}(z)$, $\varphi_{i4}^{(k)}(z)$ – third-degree polynomials.

The components of the strain tensor of a layer of a structure using the introduced approximation (1) are determined on the basis of the following relations:

$$e_{ii}^{(k)} = U_{il,i}^{(k)} f_{il}^{(k)} + W_{p,ii}^{(k)} \varphi_{ip}^{(k)} + k_{ii} W_p^{(k)} \beta_p^{(k)}; \; e_{33}^{(k)} = W_p^{(k)} \beta_{p,3}^{(k)};$$

$$2e_{12}^{(k)} = U_{1l,2}^{(k)} f_{1l}^{(k)} + U_{2l,1}^{(k)} f_{2l}^{(k)} + W_{p,12}^{(k)} (\varphi_{1p}^{(k)} + \varphi_{2p}^{(k)});$$

$$2e_{i3}^{(k)} = U_{il}^{(k)} f_{il,3}^{(k)} + W_{p,i}^{(k)} (\varphi_{ip,3}^{(k)} + \beta_p^{(k)}). \qquad (2)$$

The stress, taking into account the expressions for deformations (2), is written on the basis of Hooke's law:

$$\sigma_{ii}^{(k)} = C_{ii}^{(k)} (U_{il,1}^{(k)} f_{il}^{(k)} + W_{p,ii}^{(k)} \varphi_{ip}^{(k)} + k_{ii} W_p^{(k)} \beta_p^{(k)}) +$$

$$+ C_{ij}^{(k)} (U_{jl,j}^{(k)} f_{jl}^{(k)} + W_{p,jj}^{(k)} \varphi_{1p}^{(k)} + k_{jj} W_p^{(k)} \beta_p^{(k)}) + C_{i3}^{(k)} W_p^{(k)} \beta_{p,3}^{(k)} -$$

$$- (C_{ii}^{(k)} \alpha_i^{(k)} + C_{ij}^{(k)} \alpha_j^{(k)} + C_{i3}^{(k)} \alpha_3^{(k)}) t^{(k)} f_7^{(k)};$$

$$\sigma_{33}^{(k)} = C_{31}^{(k)} (U_{1l,1}^{(k)} f_{1l}^{(k)} + W_{p,11}^{(k)} \varphi_{1p}^{(k)} + k_{11} W_p^{(k)} \beta_p^{(k)}) +$$

$$+ C_{32}^{(k)} (U_{2l,2}^{(k)} f_{2l}^{(k)} + W_{p,22}^{(k)} \varphi_{1p}^{(k)} + k_{22} W_p^{(k)} \beta_p^{(k)}) + C_{33}^{(k)} W_p^{(k)} \beta_{p,3}^{(k)} -$$

$$- (C_{31}^{(k)} \alpha_1^{(k)} + C_{32}^{(k)} \alpha_2^{(k)} + C_{33}^{(k)} \alpha_3^{(k)}) t^{(k)} f_7^{(k)};$$

$$\sigma_{i3}^{(k)} = G_{i3}^{(k)} (U_{il}^{(k)} f_{il,3}^{(k)} + W_{p,i}^{(k)} (\varphi_{ip,3}^{(k)} + \beta_p^{(k)}));$$

$$\sigma_{12}^{(k)} = G_{12}^{(k)} (U_{1l,2}^{(k)} f_{1l}^{(k)} + U_{2l,1}^{(k)} f_{2l}^{(k)} + W_{p,12}^{(k)} (\varphi_{1p}^{(k)} + \varphi_{2p}^{(k)})),$$

$$(i \neq j = 1,2; \; l = 1,2; \; p = 1 \ldots 4). \qquad (3)$$

here $f_7^{(k)} = a_0^{(k)} + a_1^{(k)} z + a_1^{(k)} z^2$ (the coefficients $a_0^{(k)}$ and $a_1^{(k)}$ are found on the basis of the solution of the equation of stationary thermal conductivity).

Equations of equilibrium, using expressions for deformations (2) and stresses (3), are obtained on the basis of the Lagrange variational equation.

They have the following form:

$$-B11_{\bar{l}l}^{(k)}U_{1l,11}^{(k)}+TU1_{\bar{l}l}^{(k)}U_{1l}^{(k)}-B611_{\bar{l}l}^{(k)}U_{1l,22}^{(k)}-(B612_{\bar{l}l}^{(k)}+B12_{\bar{l}l}^{(k)})U_{2l,12}^{(k)}-$$
$$-BD11_{\bar{l}p}^{(k)}W_{p,111}^{(k)}-(BD12_{\bar{l}p}^{(k)}+BD611_{\bar{l}p}^{(k)}+BD622_{\bar{l}p}^{(k)})W_{p,221}^{(k)}+$$
$$+(TUW1_{\bar{l}p}^{(k)}+CUW1_{\bar{l}p}^{(k)}-SD1_{\bar{l}p}^{(k)}-k_{11}WC11_{\bar{l}p}^{(k)}-k_{22}WC12_{\bar{l}p}^{(k)})W_{p,1}^{(k)}+$$
$$+BBT1_{\bar{l}}^{(k)}t_{,1}^{(k)}-q_{1\bar{l}}^{(k)}=0;$$
$$-(B612_{\bar{l}l}^{(k)}+B12_{\bar{l}l}^{(k)})U_{1l,12}^{(k)}-B22_{\bar{l}l}^{(k)}U_{2l,22}^{(k)}+TU2_{\bar{l}l}^{(k)}U_{2l}^{(k)}-B622_{\bar{l}l}^{(k)}U_{2l,11}^{(k)}-$$
$$-BD22_{\bar{l}p}^{(k)}W_{p,222}^{(k)}-(BD12_{\bar{l}p}^{(k)}+BD611_{\bar{l}p}^{(k)}+BD622_{\bar{l}p}^{(k)})W_{p,112}^{(k)}+$$
$$+(TUW2_{\bar{l}p}^{(k)}+CUW2_{\bar{l}p}^{(k)}-SD2_{\bar{l}p}^{(k)}-k_{11}WC21_{\bar{l}p}^{(k)}-k_{22}WC22_{\bar{l}p}^{(k)})W_{p,2}^{(k)}+$$
$$+BBT2_{\bar{l}}^{(k)}t_{,2}^{(k)}-q_{2\bar{l}}^{(k)}=0;$$
$$BD11_{\bar{p}l}^{(k)}U_{1l,111}^{(k)}+(BD12_{\bar{p}l}^{(k)}+BD611_{\bar{p}l}^{(k)}+BD622_{\bar{p}l}^{(k)})U_{1l,221}^{(k)}-$$
$$-(TUW1_{\bar{p}l}^{(k)}+CUW1_{\bar{p}l}^{(k)}-SD1_{\bar{p}l}^{(k)}-k_{11}WC11_{\bar{l}p}^{(k)}-k_{22}WC12_{\bar{l}p}^{(k)})U_{1l,1}^{(k)}+$$
$$BD22_{\bar{p}l}^{(k)}U_{2l,222}^{(k)}+(BD12_{\bar{p}l}^{(k)}+BD611_{\bar{p}l}^{(k)}+BD622_{\bar{p}l}^{(k)})U_{2l,112}^{(k)}-$$
$$-(TUW2_{\bar{p}l}^{(k)}+CUW2_{\bar{p}l}^{(k)}-SD2_{\bar{p}l}^{(k)}-k_{11}WC21_{\bar{l}p}^{(k)}-k_{22}WC22_{\bar{l}p}^{(k)})U_{2l,2}^{(k)}+$$
$$+DD11_{\bar{p}p}^{(k)}W_{p,1111}^{(k)}+DD22_{\bar{p}p}^{(k)}W_{p,2222}^{(k)}+$$
$$+(DD12_{\bar{p}p}^{(k)}+DD611_{\bar{p}p}^{(k)}+DD622_{\bar{p}p}^{(k)}+DD612_{\bar{p}p}^{(k)})W_{p,1122}^{(k)}+$$
$$-(TW2_{\bar{p}p}^{(k)}+CC2_{\bar{p}p}^{(k)}+CW2_{\bar{p}p}^{(k)}-ZD2_{\bar{p}p}^{(k)}-k_{11}WO21_{\bar{p}p}^{(k)}-k_{22}WO22_{\bar{p}p}^{(k)})W_{p,22}^{(k)}+$$
$$+(ZZ_{\bar{p}p}^{(k)}+k_{11}W11+k_{22}W12+k_{11}W21+k_{22}W22+$$
$$+k_{11}k_{11}WW11+k_{11}k_{22}WW12+k_{22}k_{11}WW21+k_{22}k_{22}WW22)W_{pc}^{(k)}+$$
$$+DDT1_{\bar{p}}^{(k)}t_{,11}^{(k)}+DDT2_{\bar{p}}^{(k)}t_{,22}^{(k)}+$$
$$+(ZT_{\bar{p}}^{(k)}+k_{11}DT1_{\bar{p}}^{(k)}+k_{22}DT2_{\bar{p}}^{(k)})t^{(k)}-q_{3\bar{p}}^{(k)}=0. \quad (4)$$

For the hinged support of the heat conduction equation has the form:

$$-\frac{\lambda_1^{(k)}}{\lambda_3^{(k)}}\left(\frac{\pi n x}{a}\right)^2-\frac{\lambda_2^{(k)}}{\lambda_3^{(k)}}\left(\frac{\pi n y}{b}\right)^2+f_{7,33}^{(k)}=0.$$

It is desirable to realize such an equation by the grid method (it is possible to accurately satisfy the boundary conditions on the surface of the layers, both in temperature and in heat flux, without particular complications in the implementation).

The second derivative with respect to the temperature distribution function over the thickness of the structure is based on the following difference equation:

$$f_{7,33}^{(k)}=\frac{f_{7(i-1)}^{(k)}-2f_{7(i)}^{(k)}+f_{7(i+1)}^{(k)}}{h^{(k)}}.$$

The temperature values determined in this way on the surfaces of the layers and at their center make it easy to determine the coefficients of the polynomial $f_7^{(k)}=a_0^{(k)}+a_1^{(k)}z+a_1^{(k)}z^2$. Further, it is possible to solve the system of equations (4) for hinged support.

2. Results of numerical studies

As an example, the thermo-stressed state of a three-layer hollow shell with the following physical-mechanical characteristics was considered: $E_0=1\,MPa$; $E_1^{(1)}=172\cdot1000\cdot E_0$; $E_2^{(1)}=E_3^{(1)}=6{,}9\cdot1000\cdot E_0$; $G_{12}^{(1)}=G_{13}^{(1)}=3{,}45\cdot1000\cdot E_0$; $G_{23}^{(1)}=1{,}38\cdot1000\cdot E_0$; $\nu_{12}^{(1)}=\nu_{13}^{(1)}=\nu_{32}^{(1)}=0{,}25$ $(\nu_{21}/E_2=\nu_{12}/E_1)$; $\lambda_1^{(1)}=1{,}2\,\frac{W}{m\cdot deg}$; $\lambda_1^{(1)}=0{,}8\,\frac{W}{m\cdot deg}$; $\alpha_0=1\,deg$; $\alpha_1^{(1)}=8{,}0\cdot10^{-6}\cdot\alpha_0$; $\alpha_2^{(1)}=\alpha_3^{(1)}=163{,}0\cdot10^{-6}\cdot\alpha_0$; $h^{(1)}=\frac{h}{4}$ $(h=1\,m)$.

The second layer, the $h^{(2)}=\frac{h}{2}$ thickness, identical to the first, but returned to 90^0, the third layer is similar to the first, $\frac{a}{h}=5$ $(a=b)$. The thermomechanical contact of the layers is ideal. A plate loaded on the upper surface by a temperature distributed according to the law of the sine $T_{q31}=50\cdot T_0$ ($T_0=1\,deg$). On the lower surface, the temperature is zero $T_{q32}=0$. Curvature of the shell

$k_{11} = \pm kr1;\ k_{22} = \pm kr2$ ($kr1 = \frac{8 \cdot (h/5)}{(a+b)/a}$; $kr2 = \frac{8 \cdot (h/5)}{(a+b)/b}$). The calculation was carried out when each layer was considered within the same sublayer (P_1). The accuracy was confirmed by calculation according to the applied model with breakdown of each layer into 128 sublayers (P_128).

The temperature at the boundaries of the layers with consideration of each layer within the same sublayer 50; 34,9685; 10.8110; 0 with breakdown of each layer into 128 sublayers 50; 35,0164; 10.7681; 0.

Table 1 shows dimensionless values of displacements $\bar{U}_1 = \frac{U_1}{h \cdot \alpha_0 \cdot T_0 \cdot 10^{-4}}$, $\bar{U}_3 = \frac{U_3}{h \cdot \alpha_0 \cdot T_0 \cdot 10^{-3}}$ as well as stresses $\bar{\sigma}_{11} = \frac{\sigma_{11}}{\alpha_0 \cdot T_0 \cdot E_0}$ and $\bar{\sigma}_{22} = \frac{\sigma_{22}}{\alpha_0 \cdot T_0 \cdot E_0}$ at the boundaries of layers of a shallow shell with rigid contact between layers and with a rigidly fixed lower surface.

A variant with negative and positive curvature was considered (the Z axis is directed downwards).

Conclusions. The developed approach to the investigation of the thermally stressed state of layered composite shells is constructed and a spatial model is constructed for calculating the thermally stressed state of shallow shells on a rigid basis. The peculiarity of this approach is the assignment of the unknown functions to the outer surfaces of the layers, which makes it possible to break the layer into sublayers, reducing the error of approximation to practically zero. With the use of the model under consideration, the analysis of gently sloping composite shells on a rigid substrate under the effect of a temperature load is performed. The considered example showed that the proposed model provides sufficient accuracy in the calculations of layered shallow shells when considering each layer within a single sublayer. When each layer was broken into 32, 64, 128 sublayers, the result was almost the same.

Table 1. Dimensionless values of displacements and stresses on the boundaries of layers with rigid contact between layers and layers and with a rigidly fixed lower surface

Таблиця 1. Безрозмірні значення переміщень і напружень на кордонах шарів з жорстким контактом шарів і прошарків і з жорстко закріпленою нижньою поверхнею

Layer #	$\bar{U}_1$		$\bar{U}_3$		$\bar{\sigma}_{11}$		$\bar{\sigma}_{22}$	
	P_128	P_1	P_128	P_1	P_128	P_1	P_128	P_1
$k_{11} = -kr1;\ k_{22} = -kr2$								
1	-8.874 -5.052	-8.774 -5.010	-4.654 -2.570	-4.667 -2.581	41.12 11.885	40.08 11.52	-46.38 -34.935	-46.51 -35.06
2	-5.052 -1.818	-5.010 -1.893	-2.570 -.3075	-2.581 -.3070	-36.07 -10.98	-36.08 -11.06	49.34 4.617	45.22 .3799
3	-1.818 0	-1.893 0	-.3075 0	-.3070 0	4.003 .4486	4.677 .4215	-10.97 .3625	-11.19 .3406
$k_{11} = kr1;\ k_{22} = kr2$								
1	-12.12 -7.867	-12.08 -7.868	-4.642 -2.552	-4.659 -2.566	24.67 13.91	24.06 13.89	-47.97 -35.48	-48.07 -35.57
2	-7.867 -2.194	-7.868 -2.266	-2.552 -.3024	-2.566 -.3035	-36.17 -10.96	-36.16 -11.02	36.86 8.464	33.23 4.619
3	-2.194 0	-2.266 0	-.3024 0	-.3035 0	4.701 .4284	5.367 .4182	-10.84 .3462	-11.04 .3379

References

1. Hryhorenko YA.M., Vasylenko A.T., Pankratova N.D. (1991) Zadachi teoriyi upruhosti neodnoridnykh tel (The problems of the theory of elasticity of inhomogeneous bodies).- K .: Naukova dumka,-216 s. (rus)

2. Marchuk A.V., and Piskunov V.G. Statics, vibrations and stability of composite panels with gently curved orthorropic layers. 1. Statics and vibrations // Mechanics of Composite Materials..– 1999.–35,N4.– P.285–292.

3. Hryhorenko YA.M., Vlaykov H.H., Hryhorenko A.YA. (2006) Chyslenno-analitychne rishennya zadach mekhaniky obolonok na osnovi riznykh modeley (Numerically-analytical solution of the problems of shell mechanics on the basis of different models). -K .: Akadempyryodyka,-472 s. (rus)

4. Marchuk A.V., and Piskunov V.G. Calculation of layered structures by semianalytic method of finite elements // Mechanics of Composite Materials. – 1997.–33,N6.–P.553-556.

5. Grigorenko Ya. M., Grigorenko A. Ya. Static and Dynamic Problems for Anisotropic Inhomogeneous Shells with Variable Parameters and Their Numerical Solution (Review) // Int. Appl. Mech.–2013.– 49,N2.– P.123-193.

6. Marchuck A. V., Piskunov V. G. (1997) Raschet sloistykh konstruktsiy poluanaliticheskim metodom konechnykh elementov (Sandwich structure calculation via semianalytic method of finite elements). // Composite materials mechanics. (rus)

7. Bazhenov V.A., Guliar A.I., Sakharov A.S., Solodey I.I. (2012) Napivanalitychnyy metod skinchennykh elementiv v zadachakh dynamiky prostorovykh til (Semianalytic method of finite elements in strain bodies mechanics) // K.: NII SM. (ukr)

8. Zenkevich O., Morgan K. (1986) Konechnyye elementy i approksimatsiya (Finite elements and approximation). M.: Mir. (rus)

ПОБУДОВА ПРОСТОРОВОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ТЕРМОНАПРУЖЕНОГО СТАНУ ПОЛОГИХ ОБОЛОНОК НА ЖОРСТКІЙ ОСНОВІ

Марчук Олександр Васильович, доктор технічних наук, Національний транспортний університет, професор кафедри опору матеріалів і машинознавства, e-mail: ksm_ntu@ukr.net, тел. +380994256775, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка (Суворова), 1, к. 113., https://orcid.org/0000-0001-8374-7676.

Левківський Сергій Анатолійович, Національний транспортний університет, старший викладач кафедри дорожніх машин, e-mail: s.a.levkovsky@gmail.com, тел. +380978316547, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка (Суворова), 1, к. 226, https://orcid.org/0000-0003-1515-4240.

Гавриленко Олена Валеріївна, кандидат фізико-математичних наук, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» доцент кафедри автоматизованих систем обробки інформації та управління, e-mail: iem.gavrilenko@meta.ua, tel. +380935768058 Україна, 03056, м. Київ, вул. Політехнічна, 41, будівля 18, к. 428, 429/1, https://orcid.org/0000-0003-3509-0299.

Анотація. Сучасні розрахунки шаруватих плит і оболонок в тривимірній постановці засновані на методиці, де розподіл шуканих функцій по товщині конструкції розшукується методом дискретної ортогоналізації. В даній статті на основі підходів, розроблених авторами, проаналізований термонапружений стан шаруватих композитних пологих оболонок з жорстко закріпленою нижньою поверхнею.

Знаходження розподілу шуканих функцій по товщині конструкції відбувається на основі точного аналітичного рішення системи диференціальних рівнянь. Також розглянутий підхід до дослідження термонапруженого стану шаруватих композитних оболонок та побудовано просторову модель для розрахунку термонапруженого стану пологих оболонок на жорсткій основі. На теперішній час це є вельми актуальна задача при розрахунку дорожніх покриттів мостів. Особливістю такого підходу є віднесення шуканих функцій до зовнішніх поверхонь шарів, що дозволяє розбивати шари на підшари, зменшуючи похибку апроксимації практично до нуля

Для побудови просторової моделі вибирається варіант навантаження температурним навантаженням (за законом синуса) і граничних умов (Нав'є), який призводить до розподілу шуканих функцій в плані плити за тригонометричними гармоніками ряду Фур'є. Залучається поліноміальна апроксимація шуканих функцій по товщині.

З використанням розглянутої моделі проведений аналіз пологих шаруватих композитних оболонок на жорсткій основі під впливом температурного навантаження. Розглянутий приклад засвідчив, що пропонована модель забезпечує достатню точність в розрахунках шаруватих пологих оболонок при розгляданні кожного шару в рамках одного підшару. При розбиванні кожного шару на 32, 64, 128 підшарів отримували практично однаковий результат.

Запропонований підхід може застосовуватися у якості еталонного методу при тестуванні прикладних підходів в розрахунках напружених станів шаруватих пологих композитних оболонок.

Ключові слова: температурні навантаження, дотичні навантаження, термонапружений стан, шаруваті композитні оболонки, напіваналітичний метод кінцевих елементів.

Перелік посилань

1. Григоренко Я.М., Василенко А.Т., Панкратова Н.Д. Задачи теории упругости неоднородных тел.– К.: Наукова думка,1991.–216 с.

2. Marchuk A.V., and Piskunov V.G. Statics, vibrations and stability of composite panels with gently curved orthorropic layers. 1. Statics and vibrations // Mechanics of Composite Materials..– 1999.–35,N4.– P.285–292.

3. Григоренко Я.М., Влайков Г.Г., Григоренко А.Я. Численно-аналитическое решение задач механики оболочек на основе различных моделей. –К.:Академпериодика, 2006. –472 с.

4. Marchuk A.V., and Piskunov V.G. Calculation of layered structures by semianalytic method of finite elements // Mechanics of Composite Materials. – 1997.–33,N6.–P.553-556.

5. Grigorenko Ya. M., Grigorenko A. Ya. Static and Dynamic Problems for Anisotropic Inhomogeneous Shells with Variable Parameters and Their Numerical Solution (Review) // Int. Appl. Mech.–2013.– 49,N2.– P.123-193.

6. Марчук А.В., Пискунов В.Г. Расчет слоистых конструкций полуаналитическим методом конечных элементов // Механика композитных материалов.– 1997.– 33, N6.– С. 781–785.

7. Баженов В.А., Гуляр О.І., Сахаров О.С., Солодей І.І.. Напіваналітичний метод скінченних елементів в задачах динаміки просторових тіл.–К., 2012.–248 с.

8. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация. –М.: Мир.– 1986.–318 с.

УДК 625.7/.8 DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-049-055

РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ ШТАМПОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ДОРОЖНІХ КОНСТРУКЦІЙ

LABORATORY TESTS RESULTS OF A MEASURING STATION FOR PLATE BEARING TESTS OF ROAD STRUCTURES



Shuliak Ivan Stanislavovych, *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



Sukhonosov Serhii Oleksandrovych, *State Enterprise «Scientific and technical center «Road quality control», Head of the Department of supervision over road operating condition and traffic safety, e-mail: s.o.sukhonosov@gmail.com, +380630637653,*

https://orcid.org/0000-0001-5140-920X



Chechuha Oleksand S., *Candidate of Engineering Science (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Transport Construction and Property Management, e-mail: chechuga77@gmail.com, tel. +380662019442, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka Str., 1, office 138.*

https://orcid.org/0000-0003-1643-6354

Abstract. An article devoted to the development of the latest equipment for testing road structures during the diagnostics of roads both in the process of repair and construction, and in the process of operation.

A measuring station for stamp tests of road structures and their layers has been developed, which unites the test equipment into a single automated complex mounted on the base car. This eliminates the need for manual labor of the operator, increases productivity and accuracy of tests, provides the ability to perform multiple loads.

At the same time, any truck or road vehicle can be used to create the load. A measuring unit with special software installed on it is used for registration and processing of measurement results.

The results of laboratory tests of the measuring station, which were carried out in the laboratory of the department of metrological support of measurements of geometric quantities of SE «Ukrmetrteststandard» are highlighted.

The obtained results indicate that the values of measuring force, absolute error and range of measurements of the station of movement of the station meet the regulatory requirements.

Keywords: static stamp tests, measuring station, laboratory tests, measuring force, absolute error.

Introduction. Today, the issue of objective assessment of the condition of road structures for effective management of the road network and rational allocation of financial resources is extremely important for the road industry of Ukraine.

The use of heavy goods vehicles for freight transport has led to a sharp deterioration in the condition of many roads, causing progressive damage to their pavement.

In these conditions, the issues of instrumental diagnostics of highways and allocation of areas in need of major repairs or reconstruction are of great importance. The most objective assessment of such sites is possible with the use of modern technical means and advanced test methods.

Materials and methods.

In the laboratory of roads and airfields of the National Transport University a measuring station for stamp tests of road structures and their layers was developed [1-5].

The station is a complex measuring instrument, which is a set of test equipment combined into a single automated complex for the rapid determination of the deformation characteristics of road structures and their layers during stamp tests.

The laboratory tests of station were carried out in the laboratory of department of metrological support of geometric values measurements of SE «Ukrmetrteststandart» in accordance with program and methodology given in [6, 7].

The purpose of laboratory tests was to determine measuring force values, the absolute error and station range displacement node measurements and to check their compliance with the regulatory requirements.

Results and Discussion. The tests were performed by conditions shown in Table 1, with certified measuring instruments and working standards use, technical characteristics of which are given in Table 2.

Table 1 – Conditions for laboratory tests
Таблиця 1 – Умови проведення лабораторних випробувань

Name of the parameter	Parameter value
Exterior temperature, °C	from 15 to 25
Relative air humidity, %	from 30 to 80
Atmosphere pressure, kPa	from 80 to 106

Table 2 – Technical characteristics of measuring instruments and working standards
Таблиця 2 – Технічні характеристики засобів вимірювальної техніки та робочих еталонів

Name and marking of working measurement standard and measurement technique means	Legal requirements	Specifications manual
Flat-parallel end measures of length IV class	DSTU 3741	Bogey values of length measures from 0,1 to 10 mm, $\delta = \pm (0{,}2 + 2 \cdot L_m)$ μm
Scales for static weighing	GOST 29329	Measuring range from 0,2 to 3 kg, $\Delta = \pm 3$ g
Rack C - II	GOST 10197	H = 250 mm, the flatness of table 0,004 mm
Meteorological glass thermometer TM-6	GOST 112-78	Measuring range from 10 to 30 ºC; graduating mark 1 ºC; $\Delta = \pm 1$ ºC
Control aneroid barometer M-67	TC 2504-1797	Graduating mark 0,1 kPa; $\Delta = \pm 0{,}15$ kPa

Before tests starting, the station's displacement unit was checked for mechanical and other defects that could affect measurements accuracy, mounted on a laboratory bench and connected to a power source.

The measurement force of displacement node was determined using scales for static weighing during contact of measuring probe rod with weight pad. For this purpose, the measuring sensor of displacement node

was fixed in a type C - II rack with a displacement range not less than the measurement range of the displacement node.

The measuring sensor core was lowered and weight readings were taken at the beginning, middle and end of the measuring range of the displacement node when the sensor core was moved directly (when lifting the measuring sensor rod).

The weights in grams divided by 100 were equal to the measurement force in newton's (N).

As a result of testing, it was found that measuring force value of node displacement station is within 1 - 3 N, which meets regulatory requirements given in [6, 7].

The absolute measurement error using the station displacement node was determined by means of plane-parallel end measures of length IV discharge with a nominal size of 0,1 mm, 2 mm, 4 mm, 6 mm, 8 mm, 10 mm (Fig. 1).



1 – station measuring displacement sensor node; 2 – rack C - II; 3 – rack table C - II; 4 – station measuring unit; 5 – plane-parallel end measures of length IV discharge

Figure 1 – Determination of absolute measurement error using the station displacement node

Рисунок 1 – Визначення абсолютної похибки вимірювань з використанням вузла переміщень станції

The methodology for determining the absolute error was to do following actions:

- measuring sensor of the movement node is fixed in the rack;
- lowered the core of the measuring sensor to contact with table working surface;
- readings of station measuring unit were set to «zero»;
- on the table rack the distance piece was set with the lowest bogey value;
- the final measure length was measured, pre-installing the core of the measuring sensor on its work surface;
- the core of the measuring probe was lifted and installed distance piece was replaced on the distance piece of larger size;
- the measurement of each distance piece was carried out three times, removing the readings on the display screen of the station measuring unit.

The length L_p of each six finite measures, p = 1…6, measured by station displacement node, was determined by the formula:

$$L_p = \frac{\sum_{i=1}^{3} L_{pi}}{3}, \tag{1}$$

where L_{pi} – readings of the station measuring unit at the i - th measurement of the p - th distance piece, mm.

The absolute error Δ_p of displacement node when measuring the length of each six distance piece, $p = 1…6$, was determined by the formula:

$$\Delta_p = L_p - L_{pd}, \tag{2}$$

where L_{pd} – real length value p - th distance piece, mm.

For the real value of measurements absolute error with help of station displacement node the maximum obtained values were taken.

Standard deviation of displacement node random error component when the length of each six distance piece was measuring, $p = 1…6$, was calculated by the formula:

$$S_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{3}(L_{pi} - L_{pd})^2}{2}}. \tag{3}$$

The range of displacements measurements was taken to be the range in which the absolute error in the displacements measurement did not exceed the maximum permissible value ± 0,01 mm.

The results are shown in Table 3.

Table 3 – Results of absolute error and measurements range of station displacement node computations

Таблиця 3 – Результати визначення абсолютної похибки та діапазону вимірювань вузла переміщень станції

N	Distance piece $L_{pд}$, mm	Readings of displacement node L_{pi}, mm	Distance piece L_p, mm	Absolute variations Δ_p, mm	Standard deviation S_p, mm
1	0,10	0,08	0,1000	0,000	0,0141
2		0,11			
3		0,11			
1	2,00	2,00	2,0067	0,007	0,0094
2		2,02			
3		2,00			
1	4,00	4,01	4,0100	0,010	0,0000
2		4,01			
3		4,01			
1	6,00	5,99	6,0067	0,007	0,0125
2		6,02			
3		6,01			
1	8,00	8,01	8,0033	0,003	0,0094
2		8,01			
3		7,99			
1	10,00	10,01	10,0133	0,013	0,0047
2		10,01			
3		10,02			
Real value of absolute variations of displacement node Δ_{max} = 0,013 mm					
Maximum standard deviation S_{max} = 0,0141 mm					
The range of displacement node measurements from 0,1 to 10,0 mm					

According to the table, the real value of absolute variations measurements using station displacement node does not exceed the maximum permissible value ± 0,01 mm, and the measurement range is from 0,1 to 10,0 mm, which meets the regulatory requirements given in [6, 7].

The standard uncertainty in absolute variations determining using the station displacement node was calculated by the formula:

$$u = \sqrt{u_a^{\,2} + u_b^{\,2} + u_c^{\,2} + u_d^{\,2}}, \tag{4}$$

where u_a – uncertainty of plane-parallel distance piece (for distance piece of IV class $u_a = 0,00012$ mm);

u_b – uncertainty of picking up ($u_b = 0,003$ mm);

u_c – uncertainty of picking up $S_{\max}$, mm;

u_d – uncertainty of ambient temperature deviation from 20 °C, (for measurements at the laboratory $u_d = 0$).

Extended uncertainty in absolute variations determining using the station displacement node was calculated by the formula:

$$U = k \cdot u, \tag{5}$$

where k – coverage factor, (for confidence figure 0,95 under Gaussian law $k = 2$).

The results are shown in Table 4.

Table 4 – The results of the calculation of uncertainty in determining the absolute measurement error

Таблиця 4 – Результати розрахунку невизначеності при визначенні абсолютної похибки вимірювань

N	The name of the parameter	The value of the parameter
1	Standard uncertainty u, mm	0,013
2	Extended uncertainty U, mm	0,026

As follows from the table, the extended uncertainty U when determining the absolute error of measurements using the node of the station movements does not exceed the maximum allowable value of ± 0,03 mm, which meets the regulatory requirements given in [8].

Conclusions and Recommendations. Therefore, in general, we can conclude that the developed sample of the automated measuring station for stamp tests of road structures and their layers has successfully passed laboratory tests, as a result of which it was found that the values of measuring force, absolute error and measuring range of the station regulatory requirements.

References

1. Shuliak, I.S., Pavliuk, D.A., Pavliuk, V.V., Pavliuk, V.V., Lebedev, A.S., Shuryakov M.V. et al. (2013). Stantsiya dlya shtampovykh ispytaniy dorozhnykh konstruktsiy i ikh sloyev [Station for plate bearing test of road constructions and their layers]. *Avtoshliakhovyk Ukrainy - A Scientific and Industrial Journal the Avtoshliakhovyk Ukrayiny, 2,* 30-35 [in Ukrainian].
2. Shuliak, I.S., Pavliuk, D.O., Pavliuk, V.V., Lebedev, O.S., Gladun S.A. (2016). Prystrii dlia shtampovykh vyprobuvan dorozhnikh konstruktsii i yikh shariv [Equipment for plate bearing test of road constructions and their layers]. Patent UA, no. u 2016 01295 [in Ukrainian].

3. Shuliak, I.S., Pavliuk D.A., Pavliuk V.V., Pavliuk V.V., Lebedev A.S. et al. (2015). Rezultaty naukovoi ta doslidno-konstruktorskoi roboty laboratorii avtomobilnykh dorih ta aerodromiv Natsionalnoho transportnoho universytetu [Results of research and design and development activities of the Highways and Airfields Laboratory of the National Transport University]. *Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection, 1 (31),* 401-414 [in Ukrainian].
4. Avtomobilni dorohy. Metody vyznachennia deformatsiinykh kharakterystyk zemlianoho polotna ta dorozhnoho odiahu [Motor roads. Methods for the determination of deformation characteristics of subgrade and road pavements]. (2016). *DSTU B V.2.3-42:2016 from 1st April 2017*. Kyiv: Minrehion Ukrainy [in Ukrainian].
5. Shuliak, I.S., Pavliuk, D.A., Shuryakov M.V., Gladun S.A. (2015) Obgruntuvannia formul dlia vyznachennia modulia deformatsii yak pokaznyka ushchilnennia gruntiv zemlianoho polotna [Substantiation of formulas for determining the Young modulus as an indicator of soil compaction]. *Avtoshliakhovyk Ukrainy - A Scientific and Industrial Journal the Avtoshliakhovyk Ukrayiny, 3,* 41-43 [in Ukrainian].
6. Metrolohiia. Vuzol vymiriuvannia peremishchen vymiriuvalnoi stantsii dlia shtampovykh vyprobuvan dorozhnikh konstruktsii. Prohrama i metodyka metrolohichnoi atestatsii [Metrology. Station displacement node measurement for plate bearing test of road constructions. Program and methodology of metrological certification]. (2015). Kyiv: Natsionalnyi transportnyi universytet [in Ukrainian].
7. Metrolohiia. Interferometry kontaktni. Metodyka kalibruvannia [Metrology. Contact interferometers. Method of calibration]. (2015). *MKU 463-23/01-2015.* Kyiv: Ukrmetrteststandart [in Ukrainian].
8. Prohrama i metodyka pryimalnykh vyprobuvan. Doslidnyi zrazok. Vymiriuvalna stantsiia dlia shtampovykh vyprobuvan dorozhnikh konstruktsii [Program and methodology of acceptance trials. Test sample. Measuring station for plate bearing test of road constructions]. (2015). Kyiv: Ukravtodor [in Ukrainian].

РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ВИПРОБУВАНЬ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СТАНЦІЇ ДЛЯ ШТАМПОВИХ ВИПРОБУВАНЬ ДОРОЖНІХ КОНСТРУКЦІЙ

Шуляк Іван Станіславович, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, e-mail: i.s.shuliak@gmail.com, +380506437690, https://orcid.org/0000-0003-0609-731X

Сухоносов Сергій Олександрович, Державне підприємство «Науково-технічний центр «Дорожній контроль якості», завідувач відділу нагляду за експлуатаційним станом доріг та безпеки руху, e-mail: s.o.sukhonosov @gmail.com, +380630637653, https://orcid.org/0000-0001-5140-920X

Чечуга Олександр Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном e-mail: chechuga77@gmail.com, тел. +380662019442, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 138. https://orcid.org/0000-0002-8074-6798

Анотація. Стаття присвячена питанням розробки новітнього обладнання для випробувань дорожніх конструкцій під час діагностування автомобільних доріг як в процесі ремонту та будівництва, так і в процесі експлуатації.

Розроблено вимірювальну станцію для штампових випробувань дорожніх конструкцій і їх шарів, яка об'єднує випробувальне обладнання в єдиний автоматизований комплекс, що монтується на базовому автомобілі. При цьому виключається необхідність ручної праці оператора, підвищується продуктивність та точність випробувань, забезпечується можливість виконання багаторазових навантажень.

В той же час для створення навантаження можна використовувати будь-який вантажний автомобіль чи дорожню машину. Для реєстрації та обробки результатів вимірювань використовується вимірювальний блок з встановленим на ньому спеціальним програмним забезпеченням.

Висвітлено результати лабораторних випробувань вимірювальної станції, що проводились в лабораторії відділу метрологічного забезпечення вимірювань геометричних величин ДП «Укрметртестстандарт».

Отримані результати свідчать про те, що значення вимірювального зусилля, абсолютної похибки та діапазону вимірювань вузла переміщень станції відповідають нормативним вимогам.

Ключові слова: статичні штампові випробування, вимірювальна станція, лабораторні випробування, вимірювальне зусилля, абсолютна похибка.

Перелік посилань

1. Шуляк И. С., Павлюк Д. А., Павлюк В. В., Павлюк В. В., Лебедев А. С., Гаврищук В. В., Шурьяков М. В. Станция для штамповых испытаний дорожных конструкций и их слоев. *Автошляховик України*. 2013. № 2. С. 30–35.
2. Пристрій для штампових випробувань дорожніх конструкцій і їх шарів: пат. 109061 Україна: МПК E01C 23/07. № u 201601295; заявл. 15.02.16; опубл. 10.08.16, Бюл. № 15. 4 с.
3. 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.
4. ДСТУ Б В.2.3-42:2016. Автомобільні дороги. Методи визначення деформаційних характеристик земляного полотна та дорожнього одягу. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2016. 47 с.
5. Шуляк І. С., Павлюк Д. О., Шур'яков М. В., Гладун С. А. Обґрунтування формул для визначення модуля деформації як показника ущільнення ґрунтів земляного полотна. *Автошляховик України*. 2015. № 3. С. 41–43.
6. Метрологія. Вузол вимірювання переміщень вимірювальної станції для штампових випробувань дорожніх конструкцій. Програма і методика метрологічної атестації. Київ : НТУ, 2015. 8 с.
7. МКУ 463-23/01-2015/ Метрологія. Інтерферометри контактні. Методика калібрування. Вид. офіц. Київ : Укрметртестстандарт, 2015. 27 с. (Методичний документ з метрології).
8. Програма і методика приймальних випробувань. Дослідний зразок. Вимірювальна станція для штампових випробувань дорожніх конструкцій. Вид. офіц. Київ : Укравтодор, 2015. 9 с. (Нормативний документ Укравтодору).

УДК 332.3:504.54 DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-056-060

A STUDY OF MODERN TECHNIQUES OF LAND MANAGEMENT AND CADASTRE FOR SUSTAINABLE CITIES

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА КАДАСТРУ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ МІСТ



Wen Mingming, *PhD, Dean of the Human resource management Department, e-mail: kostia.mamonov2017@gmail.com, mel.: +38099 291-73-54, China, 163319, Daqing, Road Xinfeng, 5.*



Slavins'ka Olena Serhiyivna, *Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Professor of the department of Transport construction and property management, e-mail: elenaslavin9@gmail.com, tel.: +380509698109*

https://orcid.org/0000-0002-9709-0078



Mamonov Konstantin A., *doctor of economic sciences, professor, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, professor of the department of land administration and GIS, e-mail: kostia.mamonov2017@gmail.com, tel.: +38068 578-23-11*

https://orcid.org/0000-0002-7805-3132

Abstract. The work is devoted to the study of land resources of Ukraine and search of ways of improvement of modern approaches to land management decisions. Special attention is paid to determination of methods of rational use of land Fund of Ukraine. Investigated the processes occurring in the land sector of the country that require the development of new conceptual approaches to the implementation of the land administration processes on the basis of conscious analysis of modern problems of land management and cadaster.

Key words: land use decisions, land resources, land fund, land management, land cadaster, land, territorial device.

Formulation of the problem. In the current conditions of land use issues of land management and cadastre become more and more relevant. The transformational processes taking place in the social and economic life of the country require the development of new conceptual approaches to the implementation of land management processes based on the analysis of land management and cadastre problems. In the socio-economic development of the society of land resources, land use and land relations throughout the human history played a key role.

As an object of legal regulation, land from an economic point of view acts as an object of economic activity and is the material base of any production process, organically serving as a source of satisfaction of a

wide range of diverse human needs. Earth in the ecological sense is a natural object, an integral part of the natural environment that interacts with other objects of nature in a broader sense that encompasses all natural resources.

The purpose of the article is to study the methods of land and cadastral issues, as well as to develop modern approaches to solving land management issues, stimulate rational land use and nature management.

To achieve this goal, the following tasks are addressed:

- to study the current state of land management of the country;
- to analyze the possibilities of modern approaches to rational land use;
- to develop optimal complex approaches by generalizing existing ones;
- to make a choice of principles and approaches after comparative analysis;
- To define an approach that satisfies the modern vision of land management and cadastre.

Main part. The land fund of Ukraine covers all land within its territory, regardless of its intended use, types of management and forms of ownership. The composition and purpose of the lands of Ukraine are defined in the Land Code of Ukraine. All categories of land have a special legal regime. The main purpose of the land of Ukraine is divided into the following categories [2]:

- agricultural purpose;
- residential and public buildings;
- nature conservation and other nature conservation purposes;
- health appointment;
- recreational destination;
- historical and cultural destination;
- the forest fund;
- water fund;
- industry, transport, communications, energy, defense and other purposes.

Of great technical importance are the land provided for the needs of agriculture. Their main part consists of lands, which include arable land, pastures, gardens, and hayfields.

The settlements' lands have a legal regime in which the development of a base for communal, cultural and housing and housing construction is being developed, which contributes to the development of the service sector.

In the category of land, industry, transport, communications, defense are territories in the use of industrial production, enterprises of various types of transport; land provided for the operation and deployment of military units, and others.

The lands of nature protection, recreation, recreation and historical-cultural destination have great recreational and environmental significance. In recent years there has been a tendency to increase the area of land in this category, which is a positive factor in determining the ecological and recreational role of these territories.

To date, the state administration of land resources is carried out by legislative and executive authorities that regulate land relations. The work of these authorities is to predict and plan the use of land resources, as well as to establish norms and procedures for land use.

State regulation of the use of land resources is a system of interconnected technical, economic, environmental, economic and legal measures aimed at the regulation of land relations and the organization of the rational use of land resources and their protection.

According to Art. 162 of the Land Code of Ukraine, which protects land is a system of legal, organizational, economic and other measures aimed at the rational use of land, the prevention of unjustified agricultural land seizures, protection against harmful anthropogenic influences, reproduction and increase of soil fertility, increase of productivity of forest land , provision of a special regime for the use of lands for nature conservation, recreation, recreation, and historical and cultural purposes.

Protection of land resources presupposes the preservation and restoration of useful properties of soils; reduction of ecological destructive anthropogenic influence and increase of ecological influence on land and natural resources; promotion of rational use of land resources; preservation of nature reserves and recreational territories; prevention of environmental problems and timely liquidation of their consequences.

The main measures aimed at the protection of land are the construction of anti-erosion facilities, amelioration works, the creation of protective plantations on the ground, the introduction of new technology and

technology, and the improvement of the quality characteristics of low-productive land. It should be noted that the effectiveness of these activities is directly related to the process of rationalizing the use of land resources, which involves the implementation of sound environmental norms, the use of resource-saving technologies, planning of economic activity and environmental and technical justification of the location of production, installation of treatment facilities. In addition, the rational use of land resources should correspond to their intended purpose and ensure the profitability of production, which will promote the development of industries for which land is the main means of production.

The main areas of rational use of land include:

- correct organization of production and its rational placement;
- optimal distribution of land resources between sectors of the national economy;
- development and introduction of a new system of agriculture, aimed at preserving and improving the natural properties of land;
- specialization of production;
- improvement of the regulatory framework;
- introduction of a rigid system of penalties;
- Clear planning of the volume of public procurement,
- effective price policy;
- timely carrying out of economic land management;
- establishment of clear requirements for the accuracy and timeliness of submission of land cadastral data;
- monitoring of the activities of land protection bodies;
- introduction of a system of motivation for rational land use at different levels;
- development of environmentally safe production.

The modern system of rational use of land resources should be aimed at preserving and recreating the land-resource potential; introduction of efficient land use technologies; optimization of use of agricultural lands; creation of an effective land market; formation of the state and regional system of management and monitoring of the use of land resources; settlement of land ownership relations; consolidation of agricultural land.

Actual problems of land management and cadastre affect the technical, ecological, economic and social aspects of our society's life.

Currently, the problem of land management and inventories is actual, as in our country the potential is being implemented very slowly, impeding both social and economic development. Lack of proper organization and financing of land management led to the following problems of land management:

- loss of reliable information and databases on quantitative and qualitative state of land;
- destruction of agricultural infrastructure;
- occurrence of spatial defects of land plot

The disadvantages of land use of agricultural enterprises often arise as a result of the complex process of forming the land masses of agricultural enterprises and lead to high economic costs to eliminate these problems:

- delays in the registration of land-use documentation for legal entities and individuals;
- Excessive cost of land management services.

At present, expensive land management works are on the shoulders of landowners, since there is not enough public funding. For the organization and financing of land management, a competent policy is required from the state.

There are no inventories on agricultural land, most of the land plots are not cadastral, so they are not considered to be registered. Land-holding works on the transfer of ownership or use (lease) to agricultural organizations or citizens of non-agricultural lands have not been carried out. All this does not allow obtaining reliable information about land plots, boundaries, qualitative characteristics and location. Such disadvantages indicate a cadastral failure. As a result, the state is losing due to the reduction of the total amount of budget receipts from registration of transactions with land shares and other land plots.

The main disadvantage of the Ukrainian land cadastre is its fragmentation, the availability of information in it only about 10% of legally used land plots, that is, information in the Unified State Register of land is available only on land plots placed on cadastral accounting on a declarative principle.

The ecological efficiency of land management is manifested through the influence of land management measures on the environment and the nature of the use of land, the restoration and conservation of land, the reclamation of disturbed lands, protection of lands from erosion, villages, flooding, waterlogging, secondary salinization, drying, consolidation, etc. reclamation measures in the land management system allow for economically profitable land.

The main task is to prevent deterioration of natural resources and their exhaustion. At the heart of solving this problem are the increase of waste gas production, the development of new ways to obtain energy, solve the demographic problem, the development of resource-saving technologies. Do not violate ecological balance, giving ecosystem recovery, can only be based on the rational use of land. The essence of land use is environmental regulation and a system of prohibitions on all forms of exploitation that lead to the destruction of the integrity of the territory.

In the socio-economic development of the society of land resources, land use and land relations, throughout the human history, played a key role, therefore, the nature and extent of land transformation should be considered as one of the decisive factors determining the level of effectiveness of the development of the national economic system.

It is worth noting that the ecological aspects of land use for solving global problems in the field of ecology involve the joint efforts of many land users. The significance of these problems is due to the fact that they affect the regulation of land relations.

Conclusions and perspectives of further exploration. The land utilization and cadastre system is currently in the stage of improvement and development, and therefore requires a deep elaboration of many issues, including the principles of determining the cadastral value. Consideration and elimination of problems in the system of land management and cadastre, their knowledge and changes in practice are extremely important for humanity. This will preserve the natural significance of objects of land management.

Consequently, the article examines the methods of land and cadastral issues, as well as developed modern approaches to solving land management, promoting sustainable land use and nature management.

The following tasks were solved:

- the state of land management of the country is studied;
- the possibilities of modern approaches to rational land use are analyzed;
- developed optimal complex approaches by generalization of existing ones;
- selected principles and approaches after comparative analysis;
- an approach, which satisfies the modern vision of land management and cadastre, is defined.

The main results obtained in the development of this article are the implementation of certain approaches for the management of land resources in Ukraine.

As a result of the research, further scientific advances have been made on the rational use of land, the promotion of rational land use and cadastre.

References

1.Horlachuk, V.V. (1999). Rozvytok zemlekorystuvannya v Ukrayini [Development of Land Use in Ukraine], K.: Dovira [in Ukrainian].

2.Tretyak, A.M., Druhak, V.M., Tretyak, R.A., Hun′ko, L.A. (2007). Zemlevporyadne proektuvannya: ekoloho-landshaftne zemlevporyadkuvannya sil′s′kohospodars′kykh pidpryyemstv: navch. Posibnyk [Land Design: Ecological-Landscape Land Management of Agricultural Enterprises: Teaching. Guide], K.: Ahrarna nauka – Agrarian Science, 120 [in Ukrainian].

3.Kostets′ka, Y. M. (2009). Metodychni vkazivky z kursu “Metody i prylady vysokotochnykh inzhenerno-heodezychnykh vymiryuvan′” [Methodological instructions from the course" Methods and devices of high-precision engineering-geodetic measurements], L′viv Vydavnytstvo Derzhavnoho universytetu “L′vivs′ka politekhnika” – Lviv Publishing house of the State University" Lviv Polytechnic ", 76 [in Ukrainian].

4.Kryvov, V. M. (2001). Deyaki pytannya hruntovodookhoronnoho zabezpechennya zemel′noyi reformy [Some questions of ground-protection maintenance of land reform], Zemlevporyadnyy visnyk K – Land management bulletin K, 1, 14 – 16 [in Ukrainian].

5.Levkivs′kyy, S. S. (2011). Ratsional′ne vykorystannya i okhorona vodnykh resursiv: navch. posibnyk [Rational Use and Protection of Water Resources: Teach. manual], K : Lybid′, 280 [in Ukrainian].

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА КАДАСТРУ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ МІСТ

Вень Мінмін, кандидат економічних наук, Хэйлунзянський Бауи аграрний університет, декан факультету управління людських ресурсів, e-mail kostia.mamonov2017@gmail.com, тел.: +38099 291-73-54, Китай, 163319, м. Дачин, вул. Синфон, 5.
Славінська Олена Сергіївна, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри транпортного будівництва та управління майном, e-mail: elenaslavin9@gmail.com, тел.: +380509698109, Україна, 01010, Київ, вул. Омеляновича – Павленка 1, http://orcid.org/0000-0002-9709-0078.
Мамонов Костянтин Анатолійович, доктор економічних наук, професор, Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова, професор кафедри Земельного адміністрування та геоінформаційних систем, e-mail: kostia.mamonov2017@gmail.com, тел.: +38068 578-23-11, Україна, 61002, м. Харків, вул. Маршала Бажанова, 17. https://orcid.org/0000-0002-7805-3132

Анотація. Робота присвячена дослідженню земельних ресурсів України, пошуку шляхів вдосконалення сучасних підходів до вирішення землевпорядних рішень. Особлива увага приділяється визначенню методів раціонального використання земельного фонду України. Досліджені процеси, що відбуваються в земельній сфері країни, які вимагають розробки нових концептуальних підходів до здійснення процесів управління земельними ресурсами на основі сучасного свідомого аналізу проблем землеустрою та кадастру.
Ключові слова: землевпорядні рішення, земельні ресурси, земельний фонд, землевпорядкування, земельний кадастр, ділянка, територіальний устрій.

Перелік посилань

1. Горлачук В.В. Розвиток землекористування в Україні [Текст] / В. В. Горлачук – К.: Довіра, 1999 р.

2. Третяк А.М. Землевпорядне проектування: еколого-ландшафтне землевпорядкування сільськогосподарських підприємств: навч. Посібник [Текст] / А.М. Третяк, В.М. Другак, Р.А. Третяк, Л.А. Гунько – К.: Аграрна наука, 2007. – 120 с.

3. Костецька Я. М. Методичні вказівки з курсу “Методи і прилади високоточних інженерно-геодезичних вимірювань” [Текст]/ Я. М. Костецька – Львів Видавництво Державного університету “Львівська політехніка”, 2009 рік. – 76 с.

4. Кривов В. М. Деякі питання грунтоводоохоронного забезпечення земельної реформи [Текст]/ В. М. Кривов // Землевпорядний вісник. – К., 2001. – №1 С. 14 – 16

5. Левківський С. С. Раціональне використання і охорона водних ресурсів: навч. посібник [Текст]/ С. С. Левківський. – К.: Либідь, 2011. – 280 с.

УДК 528 DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-061-068

ЛІДАРНЕ ЗНІМАННЯ ЯК ОСНОВА СТВОРЕННЯ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ ТА ТРИВИМІРНИХ МОДЕЛЕЙ СПОРУД

AN AIRBORN LASER SCANNING IS A BASIC FOR TOPOGRAPHIC PLANS AND THREE-DIMENSIONAL MODELS OF CONSTRUCTIONS



Хом'як Анна Ярославівна, *кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, кафедра проектування доріг, геодезії та землеустрою, доцент, akhomjak@gmail.com, +380673990164,*

http://orcid.org/0000-0002-2483-8153



Омельчук Сібілла Костянтинівна, *кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, кафедра проектування доріг, геодезії та землеустрою, доцент, sib-@ukr.net, +380974403827,*

http://orcid.org/0000-0003-2191-1551



Неізвестна Наталія Володимирівна*, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, кафедра проектування доріг, геодезії та землеустрою, доцент, supernesh@ukr.net, +380957970158,*

http://orcid.org/0000-0003-2406-3906



Фещенко Ганна Миколаївна*, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном, e-mail:fanna17@ukr.net, тел.+380677441754, Україна, 01010, м. Київ, вул Михайла Омеляновича-Павленка, 1,*

https://orcid.org/0000-0002-8212-5362



Набільський Олександр Петрович*, Національний транспортний університет, факультет транспортного будівництва, спеціальність «Геодезія», студент, nabilskii.allo@gmail.com, +380635996370,*

https://orcid.org/0000-0001-5043-9415

Анотація Лідарне знімання місцевості дозволяє сьогодні отримати хмару точок з чітко визначеними просторовими координатами. Якщо класифікувати цю хмару точок, то на базі отриманої інформації є можливість створення різноманітних моделей.

Сьогодні тривимірні моделі споруд використовують в багатьох галузях для аналізу, прогнозування розвитку тих чи інших явищ, пов'язаних із самою спорудою, тож існує необхідність дослідити методи створення тривимірних моделей споруд та описати алгоритм їх побудови.

В роботі розглядається метод лідарного знімання, аналізується обробка даних, отримуваних у вигляді хмари точок, в програмному забезпеченні з метою створення інформаційних моделей.

Ключові слова: лідар, сканування, лазер, хмара точок, тривимірна модель, інформаційна модель.

Вступ *Мобільне лазерне сканування* - технологія отримання високоточних тривимірних просторових даних об'єктів лазерними сканерами в русі з використанням різних наземних транспортних засобів.

Лідарне знімання засноване на безперервному отриманні відгуку від поверхні, що підсвічується лазерним променем з фіксованою довжиною хвилі. Лідарне знімання місцевості дозволяє отримати хмару точок з чітко визначеними просторовими координатами. Якщо класифікувати цю хмару точок, то на базі отриманої інформації є можливість створення різноманітних моделей.

Протягом останнього десятиріччя дані мобільного лазерного сканування застосовуються як при проектуванні, так і при моніторингу різних об'єктів інфраструктури та природних процесів. Спектр застосування системи дуже широкий – від побудови 3D моделей, картування берегової лінії, прогнозування зсувів і повеней, вивчення місць існування тварин до оцінок наслідків різних впливів на навколишнє середовище.

Мобільне лазерне сканування слід виконувати при геодезичних вишукуваннях і моніторингу стану автомобільних і залізничних доріг, для оцінки технічного стану тунелів, при тривимірному моделюванні міської інфраструктури та інших об'єктів уздовж транспортних шляхів.

При використанні технології повітряного лазерного сканування досягається висока продуктивність польових робіт при мінімальних фінансових і часових витратах, що, в свою чергу, позитивно впливає на вартість, якість і швидкість проведення інженерних вишукувань, а також на можливість отримання більш точних і повних даних, ніж при проведенні вишукувальних робіт традиційними методами.

Мета і методи Поняття інформаційного моделювання споруд як засіб визначення їх параметрів було запропоновано професором Технологічного інституту Джорджії Чаком Істманом у 1975 р. під назвою Building Description System (Система опису будівлі). Пізніше, у 1986 р., англієць Роберт Ейш вперше використав термін Building Modeling у його нинішньому розумінні при проектуванні Термінала 3 в аеропорту Хітроу. Саме він вперше сформулював основні принципи інформаційного підходу у проектуванні: тривимірне моделювання, автоматизація отримання креслень, інтелектуальна параметризація об'єктів, розподіл процесу будівництва на етапи.

По хмарах точок можна вирішувати наступні завдання: побудова тривимірних цифрових моделей поверхні виміряних об'єктів; побудова планів, профілів; оцінка поточного стану різних конструкцій в порівнянні з проектною моделлю; визначення деформацій об'єкта в результаті порівняння послідовно виконаних вимірювань; виконання «віртуальної» топографічної зйомки місцевості в офісі.

Найпоширенішим способом збирання матеріалів для створення 3D моделей є лазерне сканування. Найбільш продуктивним є метод повітряного лазерного сканування, оскільки він дозволяє отримувати інформаційні моделі для великих площ.

Результати і пояснення Лідарне знімання засновано на безперервному отриманні відгуку від поверхні, що підсвічується лазерним променем з фіксованою довжиною хвилі. Дані системи працюють

за принципом безперервного отримання смуг сканування. Лазерний промінь у межах однієї смуги відхиляється дзеркалом або призмою (в оптичних сканерах), а набір смуг отримується внаслідок руху носія. Схема виконання лідарного зніманні наведена на рис.1.

Густота точок відбиття залежить від частоти генерування імпульсів. У деяких системах це 100 кГц, тобто за одну секунду фіксується 100 000 точок відбиття.

Окрім згаданої вище апаратури, деякі системи оснащені й допоміжною апаратурою – однією або двома відеокамерами. Перша орієнтована в напрямку до землі, а друга – під кутом 45 градусів й скерована вперед. Отримані зображення можна використовувати як доповнення до побудованої сканером цифрової моделі. Деякі найновіші системи оснащені цифровими аерознімальними камерами, що у сукупності утворює потужний багатоцільовий знімальний комплекс.

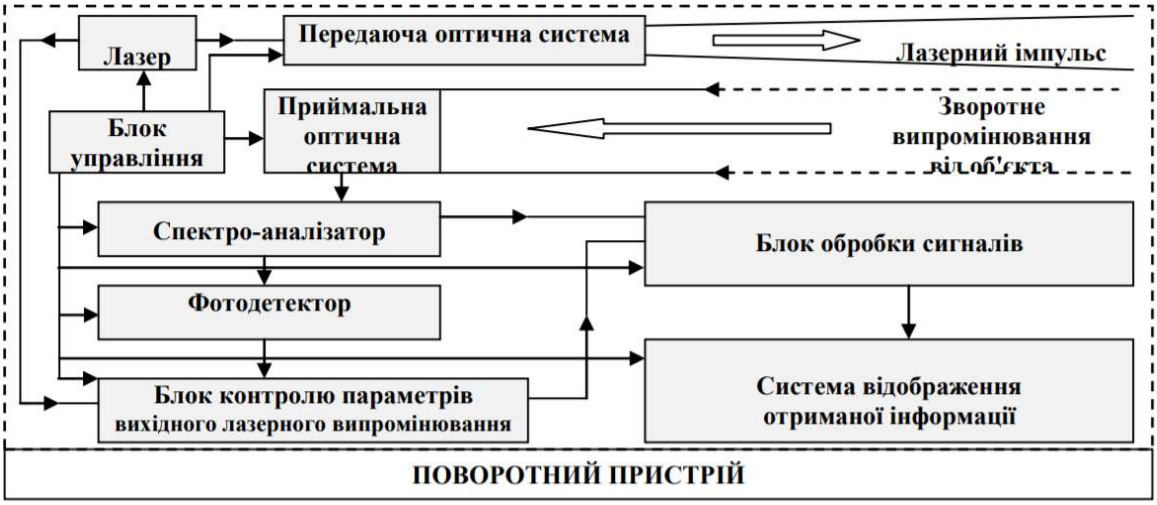


Рисунок 1 – Загальна структурна схема лідарного знімання
Figure 1 – The general structure of the airborne laser scanning

Сучасні лідарні системи дають змогу фіксувати декілька відбитків променя від об’єкта (Рис. 2) Наприклад, якщо лазерний промінь падає на крону дерева, то перше відбиття буде від крони, а наступне – від поверхні Землі. Лазерний промінь широко використовують на практиці, оскільки можна побудувати, наприклад, цифрову модель лісового покриття за кронами дерев, цифрову модель дахів будинків для забудованих територій, цифрову модель високовольтних ліній електропередач тощо.

Коли йдеться про картографування територій, то з технологічного погляду побудова цифрових моделей вимагає так званого "чищення", тобто усуваються імпульси, що не пов’язані з поверхнею Землі. Частково це робиться апаратно-програмно, проте повністю цей процес автоматизувати не вдається, й тому потрібно втручання оператора-фотограмметриста.

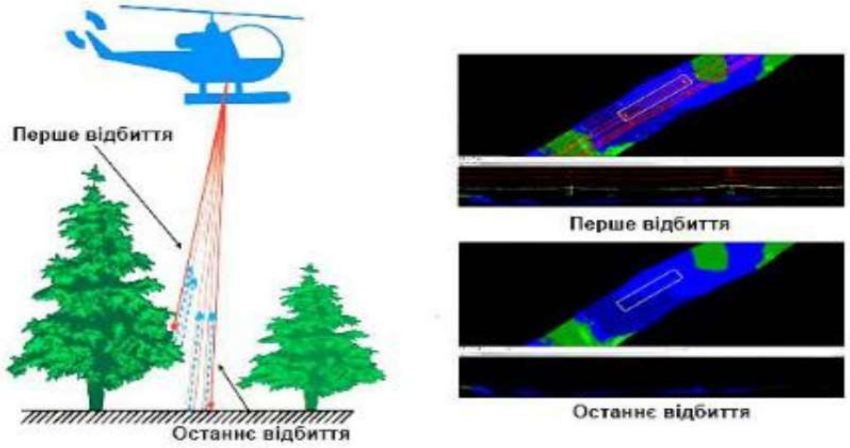


Рисунок 2 – Схема проходження лазеного променя
Figure 2 – The Plan of Airborne laser scanning

Окрім лазера, який надсилає імпульс з оптичного центру, на носії встановлено GPS-приймач для фіксації просторових координат точки та інерційно навігаційну систему (INS), що фіксує нахил платформи з лазером, тобто три кути Ейлера.

Кінцевим результатом лазерного сканування є визначені просторові координати точок земної поверхні.

Сукупність точок відбиття лазерних променів утворює нерегулярну сітку з великою кількістю таких точок. За цими даними математичним способом можна, після камерального доопрацювання, отримати цифрову модель рельєфу (ЦМР) поверхні у вигляді регулярної сітки .

Для отримання аерофотознімків, з якими традиційно працюють фотограмметричні додатки, необхідні повітряні носії знімального обладнання. В якості таких носіїв використовують літаки, вертольоти, а також останнім часом БПЛА. Для високоточного аерофотознімання в топографічних цілях переважно використовують пілотовані літаки.

Вибір літака - один з етапів планування знімання. Загальні вимоги до літака: хороша поздовжня та поперечні стійкості; достатній діапазон швидкості, невеликий радіус повороту, висока швидкість; запас горючого на 6-8 годин польоту; оснащення високоточним навігаційним обладнання; зручність розміщення та експлуатації аерофотоапаратури та інших приладів, необхідних для знімання; наявність фотолюка для камери. По типу силової установки або двигуна розрізняють літаки : поршневі; турбогвинтові та реактивні.

Для обробки лазерного сканування використовують програмні пакети (ПП): MicroStation, ArcMap та Autodesk Civil 3D. ПП MicroStation є багатофункціональним, високопродуктивним пакетом автоматизованого проектування (CAD, САПР), який забезпечує функції креслення, візуалізації, аналізу, моделювання і керування базами даних. Microstation імпортує й експортує різні векторні формати (DWG, DXF, IGES і CGM), растрові формати (TIF, JPG, CI, COT, RGB, RLE, PCX, PCT, EPS, RS, TGA, BMP, WPG). Передбачено можливість використання растрових зображень як підкладки (референт файлів), а також їхнього геометричного перетворення, що дозволяє, наприклад, спільно обробляти аерокосмічні зображення і векторну графіку.

Bentley Systems Incorporated є одним зі світових лідерів в області поставок комплексних програмних рішень для підтримки інфраструктури. Саме архітектори, інженери, конструктори і експлуатуючі організації покликані поліпшити наш світ і якість життя, тому місія компанії полягає в тому, щоб

підвищити ефективність їх проектів. Bentley підтримує фахівців в сфері інфраструктури, допомагаючи їм освоювати інформаційні технології, організовуючи навчання і освоєння передового досвіду.

Як правило, в складі знімального комплексу повітряного лазерного сканера присутня цифрова аерофотокамера, що здійснює синхронну аерофотозйомку місцевості з високою роздільною здатністю (розмір пікселя на місцевості від 3 см в залежності від висоти зйомки). Використання комплексу в такому складі дозволяє в кілька разів скоротити час і витрати при подальшій обробці польових матеріалів і створенні карт і планів, так як значення елементів зовнішнього орієнтування знімків виходять з високою точністю практично під час зйомки.

Результатом повітряного лазерного сканування є некласифікована «хмара» точок («сирі дані»). Хмара точок - це величезні набори висотних 3D точок, що мають значення x, y, z, а також додаткову атрибутику, наприклад, час GPS, інтенсивність і т.д. Конкретні поверхні, що відобразили сигнал, класифікуються за початкової обробки хмари точок. Точки земної поверхні, будівель, покриву лісу, шляхопроводів та інших об'єктів, з якими стикається лазерний промінь, складають дані хмари точок. Крім позиційних значень x, y і z системою зберігається також додаткову інформацію. Для кожного лазерного імпульсу записуються і зберігаються такі атрибути: інтенсивність, номер відображення, кількість відбитих сигналів, значення класифікації точки, крайні точки лінії польоту, значення RGB, час GPS, кут і напрямок сканування.

Після отримання автоматично згенерованої моделі споруди обов'язковим кроком є перевірка цієї моделі на правильність побудови та на відповідність «хмарі» точок, яка проводиться в повністю ручному режимі.

Наводимо один з прикладів складної будівлі з елементами баштового типу. Автоматично програма намагалася згенерувати модель по точках, але перешкодою стала куполоподібна фігура (Рис.3). Через це дана модель перебудовується в ручному режимі, в результаті отримуємо модель з відбудованими основними скатами. (Рис.4).

Далі моделюється куполоподібна частина. Основа матиме форму круга, але за основу приймається правильний восьмикутник – це дозволяє побудувати геометрично правильну модель. Вимальовується «каркас» частини моделі з використанням *Bentley Microstation.* Важливим нюансом є використання в цій процедурі інструменту *Toggle Accu Draw,* який дозволяє малювати лінії паралельно осям координат. На рисунках 3 та 4 зображений процес створення «каркасу» з площин. Відмалювавши дану частину, проводяться дії з шарами: розгруповуються всі полігони даху в окремі одиниці, видаляються стіни старої моделі та вже по новому даху створюються стіни нової моделі, з куполоподібною частиною використовуючи інструмент *Create Buildings from poligons* Отримуємо 3D модель споруди (Рис.5).

В результаті по отриманій 3D моделі ми маємо можливість визначати розмір споруди з точністю до 5 см.

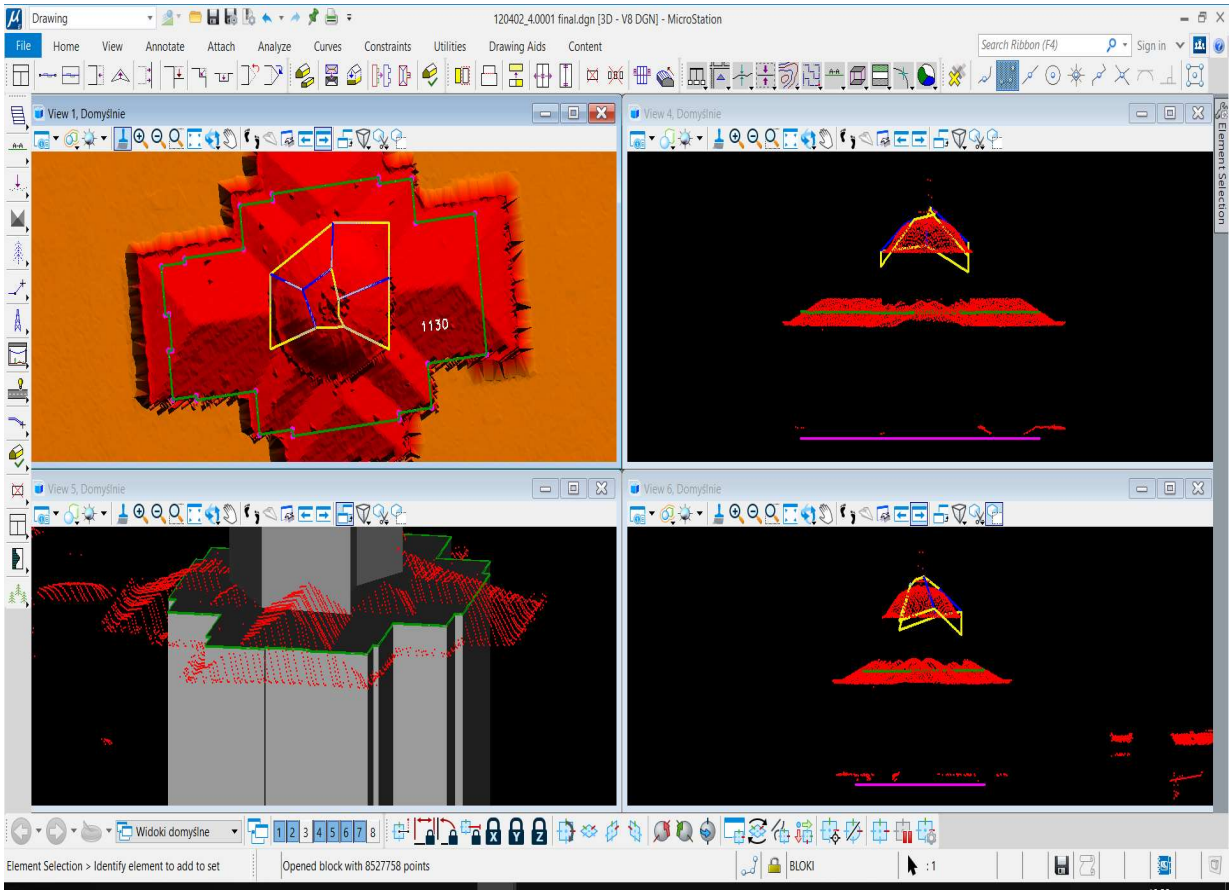


Рисунок 3 – Автоматично згенерована модель з елементами баштового типу

Figure 3 – Authomatically generated model with elements of the tower type

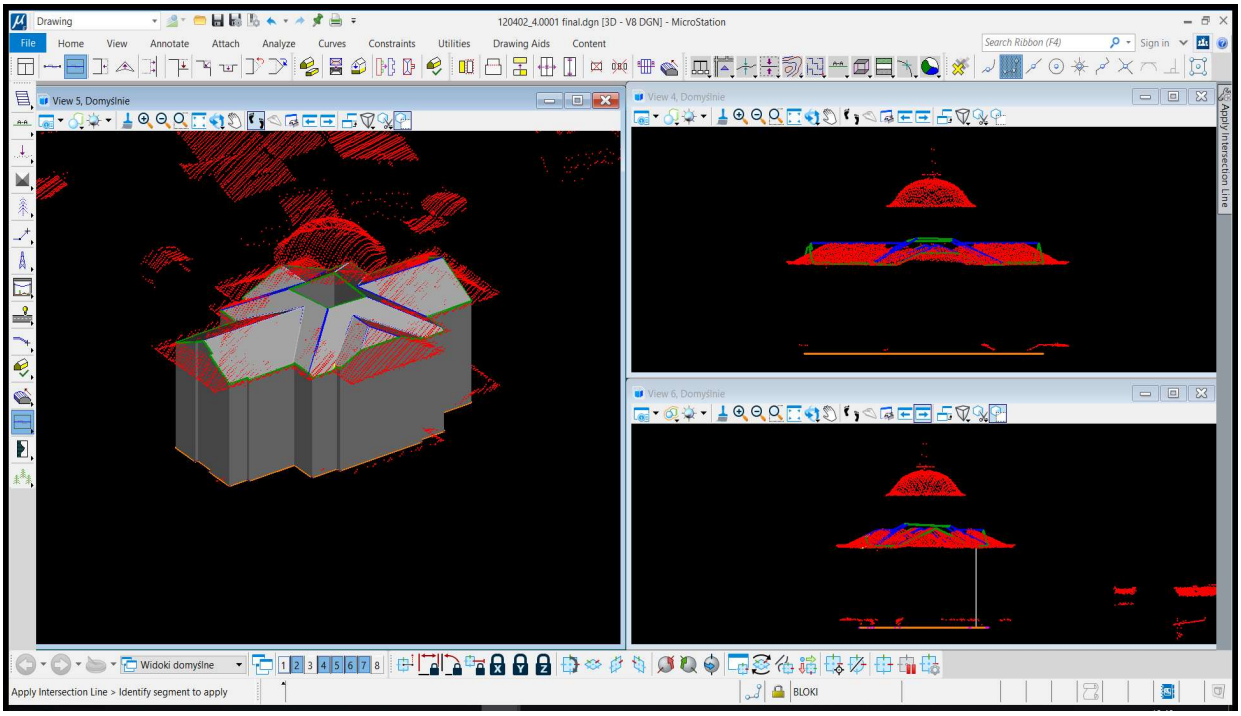


Рисунок 4 – Побудова основних скатів споруди

Figure 4 – Construction of the main construction ramps

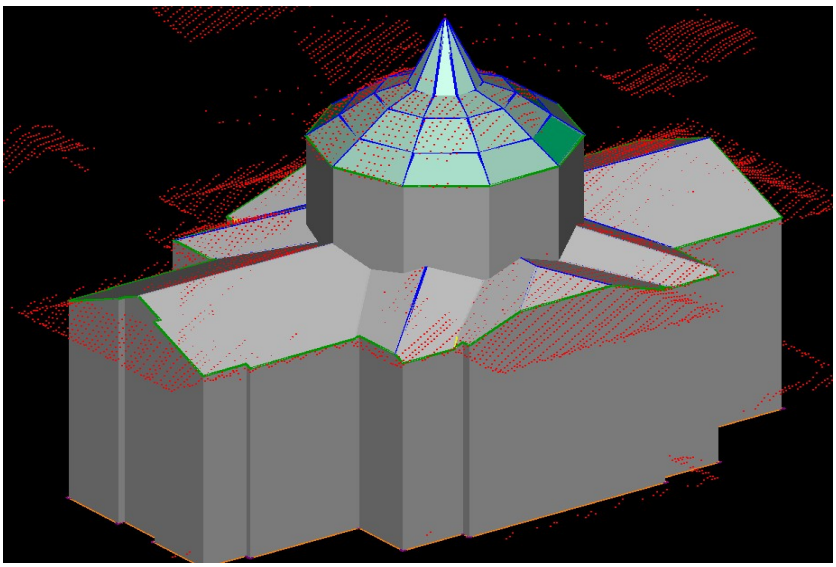


Рисунок 5– Результат побудови моделі з елементами баштового типу
Figure 5 – Results of developed model with the elements of tower type

Висновки та рекомендації Лідарне знімання є одним із найсучасніших видів вишукувальних робіт. Кінцевим результатом обробки «хмари» точок в програмному забезпеченні є 3D модель міліметрової точності (геометрично твердотільна модель об'єкта, доступна для імпорту практично в будь-яку САПР).

Застосування лідарного знімання дозволяє досягати високої продуктивності при виконанні польових робіт при мінімальних фінансових і часових витратах, що, в свою чергу, позитивно впливає їх на вартість, якість і швидкість та на можливість отримання більш точних і повних даних, ніж при застосування традиційних методів.

Перелік посилань

1. Буданов П. Ф. Лідари. Основні властивості і перспективи застосування в зразках озброєння і військовій техніці / П. Ф. Буданов, М. П. Буданов, Б. О. Демидов // Системи озброєння і військова техніка. — 2008. — № 1. — С. 30-37.

2. A schematic diagram of 3D remote sensing [Інтернет джерело] URL:https://www.researchgate.net/figure/A-schematic-diagram-of-3D-remote-sensing-using-helicopter-borne-and-ground-based-scanning_fig1_6763758 (дата звернення: 28.04.2018)

3. Лазерне сканування як джерело даних для ЦМР [Інтернет джерело] URL:https://studfiles.net/preview/6440954/page:33/ (дата звернення: 28.04.2018)

4. К.А. Мамонов та ін. *Принцип роботи мобільних лазерних пристроїв сканування* [Інтернет джерело]. URL: http://eprints.kname.edu.ua/45549/1/4922-9780-1-SM.pdf (дата звернення: 28.04.2018)

5.Теоретичні основи поверхностей [Інтернет джерело]. URL:http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/guide-books/extensions/3d-analyst/fundamentals-of-3d-surfaces.htm (дата звернення: 29.04.2018)

6. SRTM (ЦМР) України [Інтернет джерело]. URL: http://mapgroup.com.ua/services/32-dem-ukraine/83-srtmv4 (дата звернення: 28.04.2018)

7. Метод прямого розрахунку [Інтернет джерело]. URL: https://studfiles.net/preview/5083029/page:8/ (дата звернення: 5.06.2018)

8. Черкесов, Е. Н. Применение воздушного лазерного сканирования в нефтегазовой отрасли / Е. Н. Черкесов //Геопрофи.- 2006. — №4. — С. 57 — 58.

AN AIRBORN LASER SCANNING IS A BASIC FOR TOPOGRAPHIC PLANS AND THREE-DIMENSIONAL MODELS OF CONSTRUCTIONS

Khomiak Anna, National Transport University, Department of Road Designing, Geodesy and Land Management, PhD in technical science, Associate Professor, akhomjak@gmail.com, +380673990164, http://orcid.org/0000-0002-2483-8153
Omelchuk Sibilla, National Transport University, Department of Road Designing, Geodesy and Land Management, PhD in technical science, Associate Professor, sib-@ukr.net, +380974403827, http://orcid.org/0000-0003-2191-1551
Neizvestna Natalia, National Transport University, Department of Road Designing, Geodesy and Land Management, PhD in technical science, Associate Professor, supernesh@ukr.net, +380957970158, http://orcid.org/0000-0003-2406-3906
Feshchenko Anna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of the Department of Transport Engineering and Management
e-mail: fanna17@ukr.net, tel. +380677441754, Ukraine, 01010, m. Kiyiv, street Mikhail Omelyanovich-Pavlenka, 1, https://orcid.org/0000-0002-8212-5362
Nabilskyi Oleksandr, National Transport University, Transport construction department, speciality «Geodesy», student, Geodesy and Land Management, nabilskii.allo@gmail.com, +380635996370, https://orcid.org/0000-0001-5043-9415

Summary: An Airborne laser scanning allowed to get the cloud of points with clearly defined spatial coordinates. If that cloud is classified, the various models could be created based on received information.

Nowadays, 3D models of buildings are used in a variety of industries for analysis and different processes development forecasting, connected with buildings. It explains why the methods of creating 3D models should be researched and algorithms of its developing should be created.

The Airborne laser scanning is researched in the paper, analysis of data (the cloud of points) processing is done in programs that allowed to create information system

Key words: lider, scanning, laser, cloud of points, 3D model, information model.

References

1. Budanov P. F. Liders. Main features and perspectives of implementing at examples of military weapon and military machines. / P. F. Budanov, M. P. Budanov, B. O. Demydov //Arms and military equipment systems. — 2008. — № 1. — p. 30-37.

2. A schematic diagram of 3D remote sensing [Інтернет джерело] URL:https://www.researchgate.net/figure/A-schematic-diagram-of-3D-remote-sensing-using-helicopter-borne-and-ground-based-scanning_fig1_6763758

3. Laser scanning as a source of data for Digital Relief Model
[Internet source] URL:https://studfiles.net/preview/6440954/page:33/

4. Mamonov K.A. etc Principals of mobile laser devices functioning [Internet source]. URL: http://eprints.kname.edu.ua/45549/1/4922-9780-1-SM.pdf

5. Theoretical basis of surfaces[Internet source].
URL:http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/guide-books/extensions/3d-analyst/fundamentals-of-3d-surfaces.htm (дата звернення: 29.04.2018)

6. SRTM of Ukraine [Internet source]. URL: http://mapgroup.com.ua/services/32-dem-ukraine/83-srtmv4 (дата звернення: 28.04.2018)

7. Method of direct calculation [Internet source]. URL: https://studfiles.net/preview/5083029/page:8/ (дата звернення: 5.06.2018)

8. Cherkesov E.N Implementing airborne laser scanning Применение воздушного лазерного сканирования in the oil and gas industry / E.N. Cherkesov //Geoprof.- 2006. — №4. — p. 57 — 58.

УДК 625.7/.8 DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-069-078

GEODESIC ACCURACY OF RAILWAY NETWORKS UKRAINE IN CONNECTION WITH ACCESSION TO THE EU

ГЕОДЕЗИЧНА ТОЧНІСТЬ ЗАЛІЗНИЧНИХ МЕРЕЖ УКРАЇНИ В ЗВ'ЯЗКУ З ВСТУПОМ ДО ЄВРОСОЮЗУ



Shevchenko Anna Oleksandrivna, *candidate of technical sciences, associate professor. Ukrainian State University of Railway Transport, Feierbakh Square 7. Department "Research and design of communications, geodesy and land management". E-mail: Annshevc@gmail.com. Mob.tell. +380976753512.*

https://orcid.org/0000-0001-6276-9761



Matviienko Oleksander Oleksandrovich, *candidate of technical sciences. Engineering systems "El-term". Vosstaniya Square 7/8. E-mail: Anna112358@mail.ru. Mob.tell. +380675723099.*

https://orcid.org/0000-0003-0266-7223



Manuylenko Vladimir Grigorovich, *associate professor. Ukrainian State University of Railway Transport, Feierbakh Square 7. Department "Research and design of communications, geodesy and land management". E-mail: manujlenko@kart.edu.ua. Mob.tell. +380677837451.*

https://orcid.org/0000-0002-2739-2222



Uzhvieva Elena Nikolayevna, *candidate of technical sciences, associate professor. Ukrainian State University of Railway Transport, Feierbakh Square 7. Department "Research and design of communications, geodesy and land management". E-mail: elena.uzhviieva.72@gmail.com. Mob.tell. +380980245385.*

https://orcid.org/0000-0002-3399-0472



Maliavin Anatoliy Nikolayevich, *candidate of technical sciences, associate professor. Ukrainian State University of Railway Transport, Feierbakh Square 7. Department "Research and design of communications, geodesy and land management". E-mail: anmalajvin@gmail.com. Mob.tell. +380675703980.*

https://orcid.org/0000-0001-7567-100X



Chechuha Oleksand S., *Candidate of Engineering Science (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Transport Construction and Property Management, e-mail: chechuga77@gmail.com, tel. +380662019442, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka Str., 1, office 138,*

https://orcid.org/0000-0003-1643-6354

Summary. The operation of international transport corridors is primarily assessed in terms of direct economic efficiency. Profit associated with the transit of transport operations and cargo. However, projects for the creation and development of international transport corridors always entail socio-economic changes. Including: the development of industrial and social infrastructure, the transformation of industrial and economic relations, environmental change, etc. This article discusses the existing problems and the ways of Ukraine's transition to standards (survey, design, construction, operation, modernization stages) and rules operating the railways of the European Union. Taking into account the actual technical condition of the infrastructure of the Ukrainian railway. The parameters limiting the speed of the existing sections of the railway are considered. These include - the radius of the curve, the length of the transition curve, displacement, increase in the external rail, insufficient increase; type of the upper part of the route and its wear; directed translations; artificial constructions; passenger platforms; communication and blocking systems; energy saving systems; rolling stock; train speed and more. Line plan analysis on curves and straight sections of international transport corridors. Calculations using the method of registration of measurement accuracy in high-speed movement confirmed the urgent need to account for the volume of labor costs. The cost of restructuring curves and energy savings to establish rational parameters of the plan in accordance with the specified maximum speed levels.

Keywords: geoinformation systems, arrow method, curve measurement, line layout, radius measurement, international transport corridors, trackwagons and mobile laser scanning, maximum speed.

Introduction. The Association Agreement between Ukraine and the European Union has fully entered into force on September 1, 2017. The need to develop and implement a methodology for assessing the efficiency of regional transport and logistics infrastructure is dictated by circumstances that objectively limit the development of regional economic systems, as well as the modernization of their structure. Namely: high capital intensity of infrastructure, long-term return of large volumes of investment resources; imperfection, instability of the state and regional regulatory framework, greatly increase the level of risks for infrastructure projects; limiting the effect of market competitive mechanisms; inflexible state tariff policy for products and services of the infrastructure industries - monopolists. All of the above factors hinder the achievement of strategic goals of public administration. In the absence of a unified methodology for assessing the effectiveness of state infrastructure and monitoring its impact on the structural dynamics of social and economic parameters of economic systems, implementation of development programs is complicated.

In the established practice of the functioning of international transport corridors, the position of direct economic efficiency related to revenues from transit transport operations is firstly estimated. However, projects of international transport corridors always entail socio-economic changes, including: the development of industrial and social infrastructure, the transformation of production and economic relations, changing the economic situation, etc. At the same time, technologies of integrated assessments of the functioning of international transport corridors have not been worked out so far, which complicates the deliberate decision-making on their creation and development.

Considering international transport corridors as an independent category investment projects, one can distinguish the following characteristic features their implementation, which determine the nature the assessment:

- coordination processes development transport infrastructure in the interests integration international transport systems for the unhindered movement across the borders passengers and goods;
- optimization transport processes that improve the quality transportation, including the reduction of transport costs, lead to an increase in the attractiveness international transport corridors;
- harmonization interconnection between different modes transport in intermodal transport chains;
- assistance in the development a new territories, the development a new international markets for goods and services;

- increasing mobility the population, including the development international tourism and cultural ties, due to increased transport accessibility the regions.

Analysis train speeds, especially passenger traffic, shows that they do not match the requirements international railway lines in their technical condition.

Materials and Methods. A large number speed restrictions on the Ukrainian railways is associated with the parameters the plan and the state the railroad. To increase speed the train along the curve, it is necessary to determine the optimal parameters and put the curve in the correct, projected position. Calculations show that when designing rail repairs it is possible to achieve a significant increase in the time train movement only due to the requirements the CP-113 (p.2.3.2-2.3.4 – correction of curves in terms of restoration of design radii) [1, 6, 8,], that is, to make tracks during capital repairs in the project position. Work on the restructuring curves performed on the railways Ukraine is an inaccurate model in which it is believed that three adjacent points the curve lie in a circle. On this principle, the work the dressing-finishing machine, is constructed - the method smoothing. The absolute majority of modern methods curve correction calculations are based on the determination the displacements at separate points the track due to the difference in the length the involutes for the existing and design variants (the involutes model). With long curves, large values landslides and significant variations in the curvature an existing track, an involutes model can produce significant errors. More precisely, the shifts can be determined in the coordinate system by geometric representation the design variant and finding the distance from the starting point to its design position (coordinate model). As the speed increase brings higher requirements for design quality, correction and current curvature, new approaches to filming, calculations and execution work are required. Of course, this will increase the cost a filming and designing such sites, but this is a compulsory step, without which it will be practically impossible to implement a qualitative increase in speed. What weakly influenced the trains' performance at speeds 90–120 km / h, is becoming important at speeds 160–250 km / h. In order to determine how the outline information on the plan line affects the determination the rational parameters the curves and the permissible speed the trains, an analysis the methods filming was conducted, fig.1.

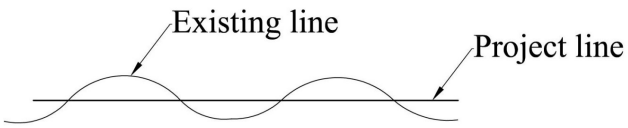


Figure 1 – Geodetic survey accuracy
Рисунок 1 – Точність геодезичної зйомки

Train speed may be limited:

1. Parameters the plan: the radius curve, the length transition curve, diversion bias, increase the external rail, insufficient increase;
2. Type the upper structure the track and its wear;
3. Shift transfers;
4. Artificial structures;
5. Passenger platforms;
6. Communication and locking systems;
7. Energy saving systems;
8. Rolling stock and so on.

The speed limitations are permanent and temporary nature.

Removal permanent restrictions is possible as a result reconstruction the section track, temporary - in accordance with the plan performance travel works.

If there are several restrictions in one place, the minimum limit is taken

By the condition the track, the following restrictions on the speed trains are possible:

1. Under the terms profile;
2. Upper structure the track;
3. Shift transfers;
4. Artificial structures;
5. Disease the earth's canvas;
6. On the elements road plan.

The appearance the restriction the speed trains is affected by many operational factors:

1. Quantity goods transported;
2. Wear elements the track;
3. Depreciation street transfers;
4. Contamination the ballast layer;
5. Untimely performance the travel works;
6. Inconsistency the top structure the track with the conditions operation and other.

Restrictions on the speed passenger and freight trains along the longitudinal profile are possible on the brakes on the slopes and on the implementation the power locomotives on the ascent.

According to the established norms DBN V.2.3.-19-2008 at 120 km / h, the slope the profile should not be more than 15 ‰.

The maximum speed the passenger and freight trains on the slopes is determined by traction calculations or according to the brakes specified in [6].

For all-metal passenger carriages, equipped with electropneumatic brakes on slopes up to 14 ‰ permitted speed 140 km / h.

By the power the locomotive VL82, which is currently used for passenger and freight trains, the construction speed 110 km / h. For freight trains on the driving slope – 51 km / h.

When switching to a passenger locomotive BS2 or BS7 speed restrictions will not be. The gain in time can be determined by the formula:

$$t = 60Z\left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2}\right) \tag{1}$$

where Z – length section;

V_1 – maximum speed with existing locomotive;

V_2 – maximum speed at the design locomotive.

If the turnout is in a curve radius $R > 788\,m$ the speed motion is determined by the formula:

$$V_{\max} = 8{,}6\sqrt[3]{R} \tag{2}$$

at the radius the curve $R < 788\,m$ the speed movement is determined by the formula:

$$V_{\max} = 2{,}83\sqrt{R}\,. \tag{3}$$

On bridges with riding on a ballast, the stability the rail-sleeper lattice should be ensured. For this, the shoulder width the ballast prism should be at least 35 cm, or filled with ballast troughs. The boom the rails on the metal bridges in the extreme spans should be in the range 1/2500 ÷ 1/3000, and in medium spans – 1/5000 ÷ 1/6000 the estimated span.

The maximum speeds the trains on the bridges must be determined experimentally on the basis dynamic tests.

The earth saw should be strong, stable, protected from natural and other factors and comply with applicable design standards.

The suitability an earthwork for passage passenger trains at a speed 200 km / h, is determined by a soil laboratory based on engineering geological, engineering-geodesic, engineering-hydrometeorological and hydrological surveys. If necessary, the engineering seismic and other types refinement, as well as the actual determination the deformation properties soils, should be performed additionally. There is a diagnostic mobile complex "Era" and "Integral" for studying the condition the earth's canvas.

The restriction the speed trains on passenger platforms depends on their width, type and location and is determined by the design standards DBN V.2.3-19-2008 section 15 "Passenger".

According to the plan, the speed limitation line depends on the following factors:

1. V_{passenge} – the given speed a passenger train;
2. V_c – weighted average train speed;
3. V_{maxcargo} – maximum speed a freight trains;
4. V_{mincargc} – the minimum speed a freight trains;
5. f – speed lifting wheel on a rail;
6. a_{passenge} – unsuppressioned acceleration the passenger train;
7. a_{maxcargo} – unsuppressioned acceleration the freight train at V_{maxcargo};
8. a_{mincargc} – unsuppressioned acceleration the freight train at V_{mincargc};
9. ψ – the rate growth a unearned accelerations.

Depending on these parameters, it is necessary to determine:

1. R – the radius the curve;
2. h – increase the curve;
3. l – the length the transition curve;
4. i – deviation slope increase external rail.

Due to the fact that the relationship between values is nonlinear, the problem relates to multivariate and is executed on the basis existing programs computer technology and modeling in the design railways on the main criteria for driving comfort given in tabl.1

Table 1 – Criteria for driving comfort

Таблиця 1 – Критерії комфортності їзди

Country	$a_{\text{passenger}}, m/c^2$	$\psi, \ m/c^2$	$f, mm/c$	h, mm
Japan	0,50	0,14	45	180
England	0,65	0,25	38 – 57	150
Italy	0,85	0,15 – 0,33	56	160
France	0,85 – 1	0,30 – 0,85	50	180(200)
Germany	0,65 – 0,85	0,30 – 0,70	28 – 31	150
Poland	0,60	0,30 – 0,70	28 – 35	150
Russia	0,40 – 0,70	0,30 – 0,70	24 – 45	150
USA	0,50	0,30	32	140

Method of arrows. The method allows a fairly accurate estimate the curvature two adjacent points, but gives an error in determining the angle of rotation, which is calculated as the sum the arrows. Random measurement errors the arrows are distributed according to the normal law with the parameters: the mathematical expectation the arrow difference is zero, the mean square deviation is 1.2 mm.

Filming a track-measuring car. The asymmetry the measuring circuit, the large error measurement the traversed path does not allow to obtain reliable parameters the line plan based on the results the races the track-measuring vehicle.

Filming with straightening machines with the system "Navigator", "Arrow". Accurate system measuring the distance traveled; small asymmetry, high accuracy bending arrows.

Method Gonikberg. When measuring Goniberga's method, the empirical error distribution curve was approximated by the normal distribution curve, with the parameters the mathematical expectation the difference in arrows equal to zero, the mean-square deviation is equal to 3.3 mm.

Coordinate filming with the help electronic spacers allows to accurately determine the spatial position the track section, but because the errors coordinates individual points (up to 20 mm) does not give a real correlation the curvature, the neighboring points, the track at their close location.

Using GPS devices. Accuracy at the level an electronic tacheometers, such receivers give only with a differential scheme and parking at each point for a sufficiently long period time, which prevents such filming directly on the track in the "window".

The use modern equipment and innovative technologies opens up new opportunities for solving various problems faced by engineers - designers, builders and railwaymen. It is important to get data in full details when filming not only simple but also multi-level complex objects such as a contact network at large railway stations (it is extremely difficult to determine their characteristics with the required accuracy).

The method omobile laser scanning, especially effective for prompt reception, processing and updating a large volume of high-precision data. Project and construction organizations, services exploitation objects strategic importance, railways require constant and accurate monitoring the constructive state objects - these data can be obtained using mobile laser scanning, which allows for a short period time to collect high-dimensional three-dimensional information about all objects that are in the scope the scanning system. At a filming speed 60 kilometers per hour it is possible to achieve precision at the level several centimeters and density – about 3000 points per square meter.

Used scanning system, which was installed on the roof the railway platform. Basic GNSS stations were installed to ensure high accuracy measurements along the passage corridor. They were located every 20 kilometers on pre-installed base points.

Together with the scan, this system allows you to take pictures the territory the object with four wide-angle cameras with a filming frequency up to 20 frames per second. The data from the cameras can significantly improve the perception objects, analyze their characteristics, assign true colors to points and object attributes.

Automatic correction the brightness the image, waterproof system, range scanning provide the ability to perform filming in adverse weather conditions and at any time a day (even at night - with artificial lighting in the area). Due to the compactness the device and the convenient mounting structure, the system mobile laser scanning can be mounted on any vehicle.

The high frequency scanning allows to collect data without significant losses in the density measurements.

After filming and processing mobile laser scanning data, control was carried out, in which reference objects were used, fixed in characteristic points along the railway line. Data control was carried out by combining the cloud laser reflection points (TLOs) with reference objects. The discrepancies data mobile laser scanning on the reference objects: plan and height position which do not exceed 5 cm are received.

As a result mobile laser filming received the following set data: TLO; geotagged photos; trajectory the motion the scanning system; GNSS observation data at base stations.

After data processing is created: 3D-model terrain in the format AutoCAD and ArcGIS c insertion in the database attribute characteristics; digital models railway infrastructure objects; digital terrain models in ESRI GRID and ASCII format; topographic plans scale 1: 1000; classified TCO.

In addition, the latest software developments in the field digital cartography, CAD and GIS from the well-known manufacturers Autodesk, Bentley, TechNet, ESRI, RIEGL, InnovMetric, TerraSolid, are used.

Especially noteworthy is the software product SiRailScan German company TechNet. With its help, the cloud points laser reflection in the automatic mode check the dimensions the railways and formulate detailed reports detected violations. In the long run, such reports can be used in the reconstruction and repair of railways.

By results data processing the following tasks will be solved:

– creation a complex system spatial data ohe infrastructure of railway transport;
– construction longitudinal and transverse profiles;
– planning and calculating the trajectories of railway transport;
– analysis parameters of railway infrastructure objects and comparison with normative values;
– detection areas on a railway canvas and ballast prisms requiring repair or reconstruction;
– definition the dimensions the infrastructure along the railway track and the calculation critically dangerous values (determination the wires the contact network and close-up transmission lines, deformation the infrastructure objects, landslides the earth's canvas);
– inventory of railway infrastructure objects.

Results and Discussion. At present, a single geoinformation system is being created, in which the integration cloud points, 3D models and topoplanes of railways with databases will be implemented. It's advantage in the bulk picture, which is achieved by working with data in a three-dimensional space. This will enable operative design train schedules and railways reconstruction, planning and conducting inventory works, calculating geometric parameters of railway infrastructure objects, and solving many other tasks.

Traditional technologies in Ukraine do not allow to solve the problems modernization the line plan at the proper level. If the filming a plan for design reconstruction can be performed by coordinate methods, the accuracy such filming will not be sufficient in the current maintenance and repair the track, since the error the coordinate individual points can reach 10–20 mm. At the same time, filming curves symmetric or asymmetric arrows methods will give an increasing error along the length the curve [4, 6]. During filming and racking a not long curves with bending machines, accuracy is sufficient to provide standards for the content, but the results measurements have a high uncertainty for building a plan and profile sites. This is due to the fact that the angle rotation is practically determined by summing the measured arrows, and the position the trace in space is double summed. Since measurements are performed with an accuracy 0.1 mm at distances less than a meter, the uncertainty the position the end measured area after double summing the arrows is very high. Without additional comparison the results arrival with the measured coordinate's individual points, this information will also be unreliable [4, 8, 9]. For detailed calculations the line plan in order to increase the speed, it is necessary to accurately coordinate the existing plan two tracks, straighten the plan on the results these calculations and check the performed stratification in accordance with the "Methods for the analysis of accuracy of filming, calculations and correction of rail curves by different types machines / CP-0164". The realization such filming and ensuring the subsequent maintenance the plan track at the proper level is possible only with the creation a single ramp system of Ukrzaliznytsya. Technical and economic indicators project design evaluation, project design efficiency determine the quality the project as a whole and the feasibility its implementation in particular. System indicators describing the quantitative and qualitative characteristics an object is used to select the best project design. The combination these indicators gives an objective assessment the feasibility

restructuring the curve and economic efficiency. The savings time observed during the reconstruction the railway plan relate to the most common performance indicators and are widely used in the theory of railway design (time train, time traffic locomotive and carriage, travel time passenger, time intervals). In addition, time is included in the dimension many performance indicators, such as speed, throughput and shipping capacity. Determination the effectiveness the project solution is carried out using indicators overall and comparative efficiency investment costs [5]. The indicators the overall effectiveness design decisions include net discounted income, profitability index, the internal rate discount, the term investment return. Comparative indicators include the comparative integral effect, the construction and operating costs and the payback period additional investments. As you know, investment costs in railway construction are in the form investments.

Conclusions and Recommendations. One the main tasks in organizing high-speed traffic in Ukraine is to ensure high accuracy and maintenance the upper structure the track. The intensity the wear and tear the upper structure the track and the rolling stock, the accident-free and comfortable traffic at high speeds largely depends on the magnitude the deviation the track from the design position in terms profile and height. Foreign experience shows that the most effective way to control the geometry a track based on a stationary reference grid along the track. Measurement this grid allows the most accurate determination the displacement rails.

References

1. Regulations on carrying out planned preventive repair and travel works on the railways in Ukraine. CP-0113 – K. Ministry Transport of Ukraine – 2004. – 32 p.
2. On the preparation infrastructure for the introduction accelerated trains on the directions Kyiv-Poltava-Krasnograd-Lozova-Donetsk, Kiev-Korosten-Zdolbuniv-Lviv / Order No. 159-P dated April 22, 2011.
3. Berduta V. Radius for high-speed // Magistral – 2011. – №36 (1619). – P. 6-12.
4. Korzhenevich I.P. New possibilities for designing plan redevelopment and correction of curves when using the program RWPlan 1.2 / Railway transport of Ukraine) – №5. – P. 79-82.
5. Kulayev Yu. F. Methods of economic evaluation of investment projects in transport: A teaching-method. allowance / Comp. Yu. F. Kulaev, - K .: Transport of Ukraine) – 2001. – 182 p.
6. DBN V.2.3-19-2008. Constructions of transport. Railways 1520 mm [Text]. - Introduction. 2008-08-01. - K .: Minregionstroy of Ukraine) – 2008. – 123 p.
7. Kirpa G.N. Railways of the world in the XXI century [text]: / G.N. Kirpa - Dn .: Dnepropetrovsk) – 2004 – 224 p.
8. Instructions for ensuring the safety of trains when performing travel works [text]: CP / 0067: Shutdown. Minister dance Ukraine from 12.2000 - D.: Art-Press) – 2001 – 132p.
9. Guidance on the main issues of the arrangement and maintenance of the Railroad [text]: CP / 0161: Zat. By order of Ukrzaliznytsia 20.12.2006. -K .: Transport of Ukraine – 2007. – 264p.
10. Introduction of high-speed traffic - the most important way of development of the market of rail passenger and freight transport - Vladimir Omelyan. Online resource: https://www.kmu.gov.ua/ua/news/zaprovadzhennya-visokoshvidkisnogo-ruhu-najvazhlivishij-shlyah-rozvitku-rinku-zaliznichnih-pasazhirskih-ta-vantazhnih-perevezen-volodimir-omelyan. Date of access: 10.02.2019.
11. Kurgan M. B., Khmelevskaya N. P., Baidak S. Yu. (DNUZT) Determination of rational parameters of railway curves for a given level of maximum speed. Online resource: http://eadnurt.diit.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2035/1/8.pdf. Date of access: 10.02.2019.
12. Mobile laser scanning for monitoring of railways. Eurasia Lead. Online resource: http://www.eav.ru/publ1.php?publid=2012-04a22. Date of access: 10.02.2019.

ГЕОДЕЗИЧНА ТОЧНІСТЬ ЗАЛІЗНИЧНИХ МЕРЕЖ УКРАЇНИ В ЗВ'ЯЗКУ З ВСТУПОМ ДО ЄВРОСОЮЗУ

Шевченко Анна Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент. Український державний університет залізничного транспорту. пл. Фейєрбаха, 7, 61050, Харків, Україна**.** Кафедра «Вишукування та проектування шляхів сполучення, геодезії та землеустрою». E-mail: Annshevc@gmail.com. Моб. +380976753512. https://orcid.org/0000-0001-6276-9761

Матвієнко Олександр Олександрович, к.т.н. Інженерні системи "El-term". Площа Повстання 7/8, 61000, Харків. Україна. E-mail: Anna112358@mail.ru. Моб. +380675723099. https://orcid.org/0000-0003-0266-7223.

Мануйленко Володимир Григорович, доцент. Український державний університет залізничного транспорту. пл. Фейєрбаха, 7, 61050, Харків, Україна**.** Кафедра «Вишукування та проектування шляхів сполучення, геодезії та землеустрою». E-mail: manujlenko@kart.edu.ua. Моб. +380677837451. https://orcid.org/0000-0002-2739-2222.

Ужвієва Олена Миколаївна, к.т.н, доцент. Український державний університет залізничного транспорту. пл. Фейєрбаха, 7, 61050, Харків, Україна**.** Кафедра «Вишукування та проектування шляхів сполучення, геодезії та землеустрою». E-mail: elena.uzhviieva.72@gmail.com. Моб. +380980245385. https://orcid.org/0000-0002-3399-0472.

Малявін АнатоліЙ Миколайович, кандидат технічних наук, доцент. Український державний університет залізничного транспорту. пл. Фейєрбаха, 7, 61050, Харків, Україна**.** Кафедра «Вишукування та проектування шляхів сполучення, геодезії та землеустрою». E-mail: anmalajvin@gmail.com. Моб. +380675703980. https://orcid.org/0000-0001-7567-100X

Чечуга Олександр Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном e-mail: chechuga77@gmail.com, тел. +380662019442, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 138. https://orcid.org/0000-0002-8074-6798

Анотація. Функціонування міжнародних транспортних коридорів в першу чергу оцінюється з позицій прямої економічної ефективності, пов'язаної з прибутками від операцій з транзитного перевезення. Однак проекти створення і розвитку міжнародних транспортних коридорів завжди тягнуть за собою соціально-економічні зміни на мезо рівні, включаючи: розвиток виробничої і соціальної інфраструктури, трансформацію виробничо-економічних відносин, зміна екологічної обстановки і т.д. У даній роботі розглянуті існуючі проблеми та шляхи вирішення переходу України на норми (зйомки, проектування, будівництва, утримання, етапи модернізації) і правила роботи залізниць Європейського союзу з урахуванням реального технічного стану інфраструктури української залізниці. Розглянуто параметри, що обмежують швидкість на існуючих ділянках залізниці. До них відносяться - параметрами плану: радіус кривої, довжина перехідної кривої, ухил відводу, підвищення зовнішньої рейки, недостатнє підвищення; тип верхньої будови колії та її знос; стрілочні переводи; штучні споруди; пасажирські платформи; системи зв’язку та блокування; системи енергозбереження; рухомий склад; інтенсивність руху поїздів та інше. Наведено аналіз плану лінії на кривих і прямих ділянках міжнародних транспортних коридорів, розрахунки за методикою обліку точності вимірювань при швидкісному та високошвидкісному русі, підтверджена нагальна необхідність врахування обсягів робіт, витрат на перебудову кривих і економію енергетичних ресурсів для встановлення раціональних параметрів плану відповідно до заданих рівнів максимальної швидкості.

Ключові слова: геоінформаційні системи, метод стріл, вимірювання кривих, розкладка ліній, вимірювання радіусу, міжнародні транспортні коридори, вагони трасування та мобільне лазерне сканування, максимальні швидкості.

Перелік посилань

1. Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України. ЦП-0113. – К. Міністерство транспорту України – 2004. – 32 с.

2. Про підготовку інфраструктури до впровадження прискореного руху поїздів на напрямках Київ-Полтава-Красноград-Лозова-Донецьк, Київ-Коростень-Здолбунів-Львів / Наказ №159-Ц від 22.04.2011 р.

3. Бердута В. Радиус для скоростного // Магістраль. – 2011. – №36 (1619). – С. 6-12.

4. Корженевич І. П. Нові можливості проектування перебудови плану та виправлення кривих при використанні програми RWPlan 1.2 / Залізничний транспорт України – №5. – С. 79-82.

5. Кулаев Ю. Ф. Методы экономической оценки инвестиционных проектов на транспорте: Учеб.-метод. пособие / Сост. Ю. Ф. Кулаев, - К.: Транспорт Украины. – 2001. – 182 с.

6. ДБН В.2.3-19-2008. Споруди транспорту. Залізниці колії 1520 мм [Текст]. - Введ. 2008-08-01. – К.: Мінрегіонбуд України, – 2008. – 123 с.

7. Кирпа Г.Н. Железные дороги мира в XXI веке [текст] / Г.Н.Кирпа - Дн.: Днепропетровск. – 2004 – 224 с.

8. Інструкція з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні колійних робіт [текст]: ЦП/0067: Затв. Міністр. танспорту України від 12.2000р - Д. :Арт-Прес. – 2001 – 132с.

9. Інструктивні вказівки з основних питань улаштування та утримання Залізничної колії [текст]: ЦП/0161 : затв. Наказом Укрзалізниці 20.12.2006. -К.:Транспорт України – 2007. – 264с.

10. Запровадження високошвидкісного руху - найважливіший шлях розвитку ринку залізничних пасажирських та вантажних перевезень, - Володимир Омелян. Інтернет ресурс: https://www.kmu.gov.ua/ua/news/zaprovadzhennya-visokoshvidkisnogo-ruhu-najvazhlivishij-shlyah-rozvitku-rinku-zaliznichnih-pasazhirskih-ta-vantazhnih-perevezen-volodimir-omelyan. Дата доступу: 10.02.2019.

11. Курган М. Б., Хмелевська Н. П., Байдак С. Ю. (ДНУЗТ) Визначення раціональних параметрів залізничних кривих для заданого рівня максимальної швидкості. Інтернет ресурс: http://eadnurt.diit.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/2035/1/8.pdf. Дата доступу: 10.02.2019.

12.Мобильное лазерное сканирование для мониторинга железных дорог. Евразия вести. Інтернет ресурс: http://www.eav.ru/publ1.php?publid=2012-04a22. Дата доступу: 10.02.2019.

УДК 624 DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-079-087

ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІЇ ІНТЕНСИВНОСТІ ВІДМОВ НА ОСНОВІ МАРКІВСЬКОГО ПРОЦЕСУ

DETERMINATION OF FAILURE RATE FUNCTION ON THE BASIS OF THE MARKOVIAN PROCESS



***Башкевич Ірина Василівна**, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, кафедра «Мости, тонелі та гідротехнічні споруди», асистент, e-mail: iv.bashkevych@gmail.com, +380509292285,*

https://orcid.org/0000-0001-7640-4317



***Євсейчик Юрій Борисович**, кандидат фізико-математичних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра «Мости, тонелі та гідротехнічні споруди», доцент, e-mail: jura_ntu@ukr.net, +380442807978,*

https://orcid.org/0000-0002-3507-4734



***Медведєв Костянтин Володимирович**, кандидат фізико-математичних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра «Мости, тонелі та гідротехнічні споруди», професор, e-mail: kvmedvediev@gmail.com, +380442807978,*

https://orcid.org/0000-0002-0704-7093



***Янчук Леонід Леонідович**, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, кафедра «Мости, тонелі та гідротехнічні споруди», доцент, e-mail: leonid.ianchuk@gmail.com, +380442807978,*

https://orcid.org/0000-0003-1269-1251

Анотація. Життєвий цикл конструкції (або її елемента) розглядається як марковський процес з дискретними станами і неперервним часом. Прийнято п'ять експлуатаційних станів, в яких може знаходитись конструкція. Для випадку однорідного марковського процесу з постійною величиною інтенсивності переходів отримано відповідну систему диференційних рівнянь (систему Колмогорова).

Для вирішення системи рівнянь в аналітичному вигляді застосований метод невизначених коефіцієнтів. Отримані рішення дають можливість визначити імовірність знаходження конструкції в конкретному стані, а також найбільш імовірний час переходу конструкції від одного експлуатаційного стану до іншого. Визначена функція безпеки, як імовірність не знаходження конструкції в останньому (непрацездатному) стані і функція інтенсивності відмов. Приведено і досліджено графіки імовірності знаходження конструкції в кожному із п'яти станів, функції надійності та функції інтенсивності відмов. Отримані аналітичні залежності дають можливість визначення довговічності та залишкового ресурсу роботи, як окремих елементів, так і споруди в цілому, а також дозволить оптимізувати планування проведення поточних ремонтних робіт, значно поліпшити експлуатаційні показники споруди, скоротити витрати на ремонтні заходи та подовжити строк життєвого циклу споруди.

Ключові слова: функція надійності, рівняння Колмогорова, марковська модель, інтенсивність відмов, довговічність, залишковий ресурс.

Вступ. У відповідності до класичного визначення [13] надійність конструкції в момент часу t є ймовірністю складної події, яка полягає в тому, що: відмова не відбудеться на момент початку експлуатації конструкції ($t = 0$), тобто рівень навантаження в початковий момент експлуатації не перевищить гранично допустимого і відмова не відбудеться до часу t ($t > 0$). Позначимо ймовірність цих подій, як P_0 і P_t відповідно. Тоді згідно з теоремою множення ймовірностей незалежних подій надійність конструкції визначається як

$$N = P_0 \cdot P_t. \tag{1}$$

Величину P_0 можна назвати початковою або проектною надійністю і, як відомо [3, 8, 13], вона є функцією характеристики безпеки β, тобто

$$P_0 = N(\beta, t)_{|t=0} = F(\beta). \tag{2}$$

Функція P_t (далі по тексту $P(t)$) є ймовірністю безвідмовної роботи (функцією безпеки) конструкції на інтервалі часу від 0 до t. Вона пов'язана з інтенсивністю відмов конструкції $\lambda_{fr}(t)$ (*failure rate*) диференційною залежністю:

$$\lambda_{fr}(t) = -\frac{1}{N} \cdot \frac{dN}{dt} = -\frac{1}{P} \cdot \frac{dP}{dt}. \tag{3}$$

Фізичний зміст функції $\lambda_{fr}(t)$ детально викладено [4, 5, 6].

Після інтегрування (3) і з урахуванням очевидної рівності

$$P(t)_{|t=0} = 1$$

Отримуємо

$$P(t) = exp\left[-\int_0^t \lambda_{fr}(t)dt\right]. \tag{4}$$

З урахуванням (2) і (4) залежність (1) можна записати у вигляді

$$N(\beta, t) = F(\beta)exp\left[-\int_0^t \lambda_{fr}(t)dt\right]. \tag{5}$$

Мета і методи. При визначені надійності конструкції $N(\beta, t)$ величину P_0 можна розглядати як незалежний від часу коефіцієнт при функції безпеки $P(t)$. Метод визначення проектної надійності конструкції ($P_0 \equiv F(\beta)$) достатньо висвітлено в [3, 8, 13] і в більшості випадків, виражається через функцію Лапласа.

Що стосується функції безпеки (4), то на сьогоднішній день не існує загально прийнятної моделі її поведінки, тому побудова адекватної залежності $P(t)$ потребує всебічного теоретичного і практичного дослідження.

У сучасних умовах, коли більшість мостових конструкцій в Україні вже мають суттєвий строк експлуатації, визначення їх надійності (а отже і залишкового ресурсу) є надзвичайно актуальною задачею.

У роботі проводиться дослідження функції безпеки конструкції на основі марковської моделі, запропонованої в [8, 9, 10]. На відміну від раніше розглянутої моделі [7], в якій $P(t)$ визначалась на кожному характерному інтервалі часу експлуатації, в цій роботі надійність системи визначається із системи диференційних рівнянь Колмогорова для всього проміжку часу експлуатації конструкції. За стани марковського ланцюга прийнято експлуатаційні стани мостових конструкцій, які у відповідності до чинного ДСТУ [1] поділено на 5 станів:

Стан 1 – справний;

Стан 2 – обмежено справний;

Стан 3 – працездатний;

Стан 4 – обмежено працездатний;

Стан 5 – непрацездатний.

Результати і пояснення. Час переходу споруди з одного стану до іншого є випадковою величиною, тому моделі, що характеризують такий процес мають базуватися на теорії імовірностей (стохастичні моделі). Однією з таких стохастичних моделей і є модель, яку використано в цій роботі, а саме марковська модель з дискретними станами і неперервним часом [4].

Відповідно до цієї моделі час переходу між дискретними станами відбувається у випадкові моменти часу. Граф процесу розглянемо у найпростішому вигляді, наведеному на рисунку 1.

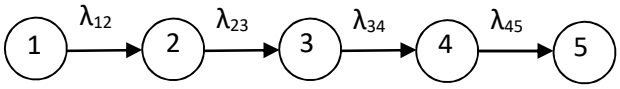


Рисунок 1 – Час переходу споруди з одного стану до іншого.
Figure 1 – Time of transition of a structure from one state to another

де λ_{ij} - щільність потоку випадкових подій, який переводить систему із стану i до стану j.

У загальному випадку переходи із стану в стан можуть бути довільними. Так наприклад, якщо можливий перехід із стану 3 до стану 1 (внаслідок проведення ремонту), відповідний параметр $\lambda_{31} \neq 0$.

У випадку марковського ланцюга, що розглядається, не нульові λ_{ij} представлено на рисунку 1. Як відомо [4], марковський процес з неперервним часом описується системою диференційних рівнянь Колмогорова, яка для випадку, що розглядається має вигляд:

$$\frac{dp_1}{dt} = -\lambda_{12}p_1;$$

$$\frac{dp_2}{dt} = -\lambda_{23}p_2 + \lambda_{12}p_1;$$

$$\frac{dp_3}{dt} = -\lambda_{34}p_3 + \lambda_{23}p_2; \quad (6)$$

$$\frac{dp_4}{dt} = -\lambda_{45}p_4 + \lambda_{34}p_3;$$

$$\frac{dp_5}{dt} = \lambda_{45}p_4.$$

Ця система у матричному вигляді набуває вигляду

$$\frac{d\bar{p}}{dt} = A\bar{p}, \quad (7)$$

де $\bar{p} = (p_1, p_2, p_3, p_4, p_5)$ - вектор стовбець, $p_i(t)$ - ймовірність знаходження системи в i - тому стані, а A – матриця розміром 5х5:

$$A = \begin{Vmatrix} -\lambda_{12} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \lambda_{12} & -\lambda_{23} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_{23} & -\lambda_{34} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_{34} & -\lambda_{45} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_{45} & 0 \end{Vmatrix} \quad (8)$$

Оскільки система може знаходитись лише в одному із п’яти станів, для довільного часу t можна записати:

$$\sum_{i=1}^{5} p_i(t) = 1 \quad (9)$$

Початкові умови для інтегрування системи (6) характеризують стан системи на момент часу $t = 0$:

$$p_1(0) = 1;\ p_2(0) = p_3(0) = p_4(0) = p_5(0) = 0. \quad (10)$$

Якщо вважати коефіцієнти λ_{ij} незалежними від часу, то система (6) представляє собою систему звичайних диференційних рівнянь 1-го порядку із постійними коефіцієнтами.

Побудуємо розв’язок системи (6) для випадку однорідного марковського процесу з однаковими коефіцієнтами: $\lambda_{ij} = \lambda = const$

Розв'язок системи рівнянь (6) з початковими умовами (10) шукаємо методом невизначених коефіцієнтів [12].

Характеристичне рівняння системи (6) можна записати у вигляді:

$$det\|A - kE\| = 0 \tag{11}$$

де E - одинична матриця 5-го порядку, а k - характеристичне число. Із урахуванням (8) характеристичне рівняння (11) набуває вигляд:

$$k(k+\lambda)^4 = 0. \tag{12}$$

Коренями рівняння (12) є числа $k = 0$ із кратністю 1 і $k = -\lambda$ із кратністю 4. Відповідно до [12] вектор фундаментальних розв'язків $\bar{q} = (\, q_1, q_2, q_3, q_4, q_5)$ має вигляд:

$$\bar{q} = (\, 1, e^{-\lambda t}, te^{-\lambda}\, , t^2e^{-\lambda t}, t^3e^{-\lambda}\,), \tag{13}$$

а розв'язок системи (6) можемо записати у вигляді:

$$p_j(t) = \sum_{i=1}^{5} C_{ij}\, q_i \qquad , \tag{14}$$

де C_{ij} – константи (невизначені коефіцієнти), які визначаються із початкових умов (10).

З урахуванням (13) і (14) розв'язок системи (6) набуває вигляду:

$$\begin{aligned} &p_1(t) = e^{-\lambda t};\ p_2(t) = \lambda t e^{-\lambda t};\ p_3(t) = \frac{\lambda^2 t^2}{2} e^{-\lambda t};\ p_4(t) = \frac{\lambda^3 t^3}{6} e^{-\lambda t};\\ &p_5(t) = 1 - \left(1 + \lambda t + \frac{\lambda^2 t^2}{2} + \frac{\lambda^3 t^3}{6}\right) e^{-\lambda t}. \end{aligned} \tag{15}$$

Неважко перевірити, що функції (15) задовольняють систему (6), початкові умови (10) і умову нормування (9).

Цілком очевидна також поведінка функції $p_i(t)$ при $t \to \infty$

$$p_1 = p_2 = p_3 = p_4 = 0;\ p_5 = 1. \tag{16}$$

П'ятий стан є кінцевим (конструкція знаходиться в непрацездатному стані), тому ймовірність не знаходження конструкції в даному стані є шуканою функцією безпеки [4]:

$$P(t) = 1 - p_5(t) = \left(1 + \lambda t + \frac{\lambda^2 t^2}{2} + \frac{\lambda^3 t^3}{6}\right) e^{-\lambda t}. \tag{17}$$

Вираз (17) функції безпеки дає можливість при відомих значеннях λ і P_0 визначити надійність конструкції на даний момент часу, а також прогнозувати залишковий ресурс її роботи. Також можна визначити ймовірність знаходження системи в одному із її станів за функціями (15).

Залежність (17) неважко узагальнити для довільного числа станів n

$$P(t) = 1 - p_n(t) = \left(1 + \lambda t + \frac{\lambda^2 t^2}{2} + \cdots + \frac{\lambda^{n-2} t^{n-2}}{(n-2)!}\right) e^{-\lambda} .$$

Слід зауважити, що в рівняннях (15) функції $p_1(t)$, і $p_5(t)$ є монотонними, а функції $p_2(t)$, $p_3(t)$, $p_4(t)$ - мають точки екстремуму. Дослідивши ці функції неважко показати, що $p_2(t)$, $p_3(t)$, $p_4(t)$ досягають максимальних значень при $t_{max}^{(2)} = \frac{1}{\lambda}$; $t_{max}^{(3)} = \frac{2}{\lambda}$; $t_{max}^{(4)} = \frac{3}{\lambda}$ відповідно.

На рисунку 2 наведено результати чисельного розрахунку залежностей $p_i(t)$ та $P(t)$ при $\lambda =$ 0,08.

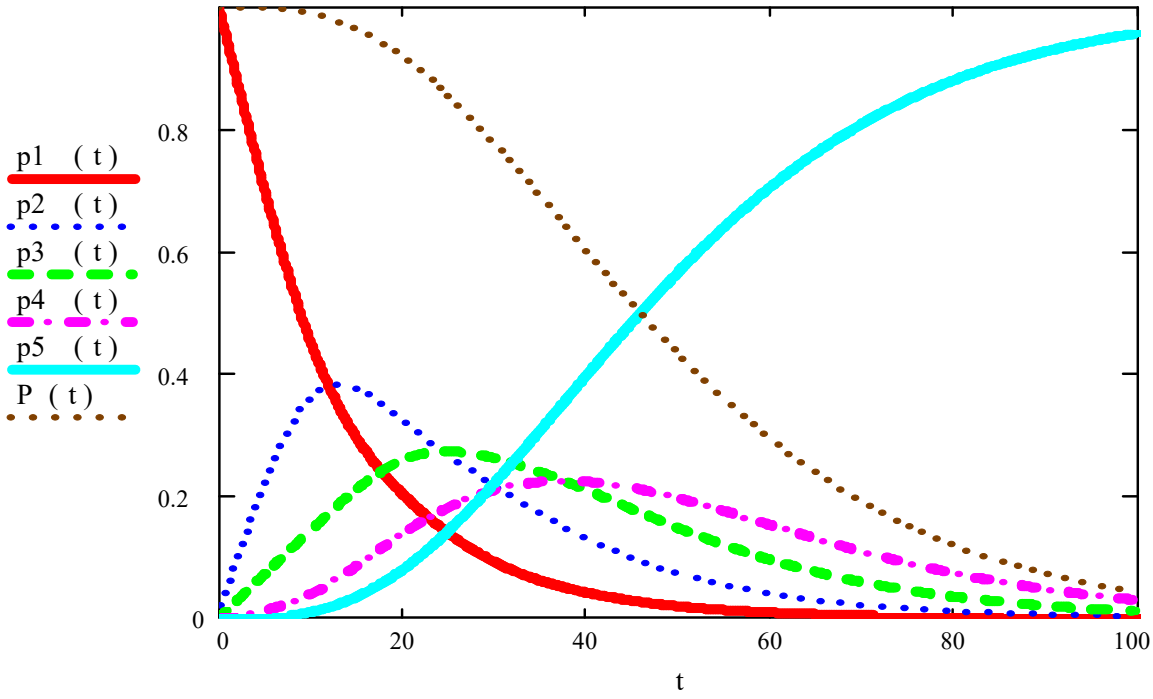


Рисунок 2 – Функції $p_i(t)$ та $P(t)$

Figure 2 – Function $p_i(t)$ and $P(t)$

Наведений спосіб побудови аналітичного розв'язку $p_i(t)$ не важко узагальнити для випадку різних λ_{ij}, а також для іншої кількості проміжних станів.

Функція інтенсивності відмов (3) з урахуванням (17) має вигляд

$$\lambda_{fr} = \frac{\lambda^4 t^3}{(6 + 6\lambda t + 3\lambda^2 t^2 + \lambda^3 t^3)} \qquad (18)$$

Графік функції $\lambda_{fr}(t)$ представлено на рисунку 3.

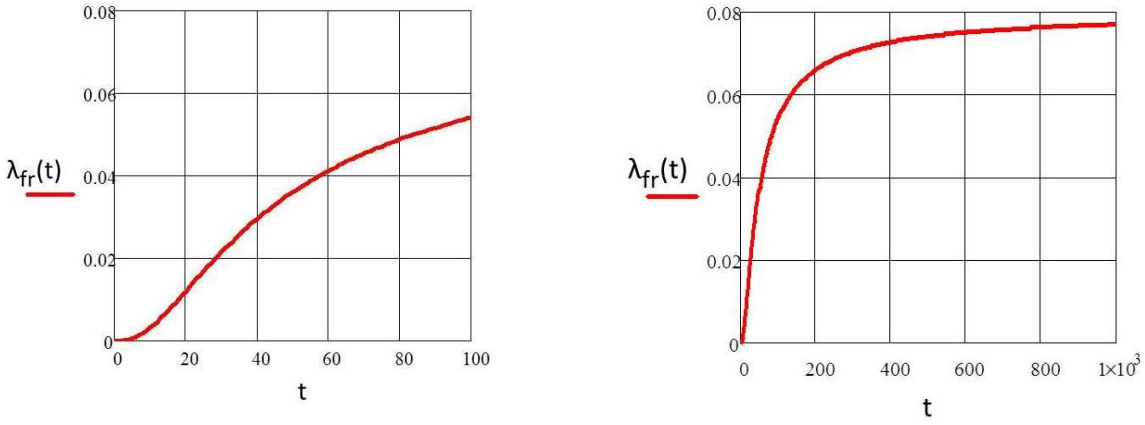


Рисунок 3 – Графік функції $\lambda_{fr}(t)$
Figure 3 – Function graph $\lambda_{fr}(t)$

На рис 3 а, б наведено графіки функції інтенсивності відмов на двох різних часових відрізках. Як видно з графіку функція $\lambda_{fr}(t)$, для прийнятої моделі, починається з нуля і є монотонно зростаючою. Причому, на початковому етапі (близько 5 років) функція $\lambda_{fr}(t)$ майже дорівнює нулю. Це свідчить про те, що в конструкції не відбуваються відмови і надійність її лишається такою ж самою, як і на початку її експлуатації. Далі на практичному етапі експлуатації (від 0 до 100 років), як показано на рисунку 3а, помітно досить інтенсивне зростання функції $\lambda_{fr}(t)$. При великих значеннях t (рисунок 3б), які взяті гіпотетично для дослідження поведінки функції $\lambda_{fr}(t)$, видно, що $\lambda_{fr}(t)$ асимптотично прямує до λ в нашому випадку $\lambda = 0{,}08$.

Висновки та рекомендації. Отримані аналітичні залежності дозволяють визначити ймовірність знаходження конструкції в кожному із станів, а також функцію надійності в цілому для довільного часу експлуатації, а також визначити залишковий ресурс конструкції.

Запропонований метод аналітичного вирішення системи диференційних рівнянь Колмогорова може бути узагальнений і для випадку багато параметричної системи з різними λ_{ij}, яка є більш наближеною до реальної роботи конструкцій.

Визначення функцій $p_i(t)$ (15) дозволяє покращити точність прогнозування часу переходу з одного проміжного стану до іншого і може бути використано при плануванні поточних ремонтних робіт (міжремонтних термінів).

Отримані результати розв'язку рівнянь можуть бути використані як модельні (порівняльні) для більш складного випадку неоднорідного ($\lambda = \lambda(t)$) марковського процесу. Система рівнянь Колмогорова для цього випадку не дозволяє отримати рішення в аналітичному вигляді.

Слід звернути увагу, що з рис. 2 видно, перехід конструкції із стану в стан проходить в час, коли функція ймовірності знаходження конструкції в даному стані досягає максимуму, а це дає змогу визначити поточний стан конструкції.

Перелік посилань

1. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів: – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 49 с.

2. Богданоф Дж. Вероятностные модели накопления повреждений / Козин Ф. – М.: Мир, 1989. – 344 с.

3. Болотин В. В. Ресурс машин и конструкций. / В. В. Болотин. – М: Машиностроение, 1990. – 446 с.

4. Вентцель, Е. С. Теория случайных процессов и ее инженерные приложения /Е. С. Вентцель, Л. А. Овчаров – Москва : Высш. школа, 2000. – 383 с.

5. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е.Гмурман. – Москва : Высшая школа. – 1972. – 367 с.

6. Гнеденко В.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности / В.В.Гнеденко, Ю.К.Беляев, А.Д.Соловьев. Гнеденко В.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. – Москва : Наука. – 1965. – 361 с.

7. Євсейчик Ю. Б., Медведєв К. В. Алгоритм визначення надійності елемента конструкції при змінній функції інтенсивності відмов //Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 2017, вип. 99 – с.210 - 217.

8. Лантух-Лященко А.І. Вероятностная модель оценки технического состояния и прогноза остаточного ресурса элементов автодорожных мостов / М.: Дороги и мосты. Российский дорожный научно-исследовательский институт. 2007. – с. 103–111

9. Лантух-Лященко А.І. Оцінка надійності споруди за моделлю марковського випадкового процесу з дискретними станами. //Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – 1999, вип.57 – с.183-188.

10.Лантух-Лященко А.І. Оцінка технічного стану транспортних споруд, що знаходяться в експлуатації. Вісник транспортної академії України, №3, Київ: 1999.-с. 59-63.

11.Лантух-Лященко А.І., Кір'ян В.І., Коваль П.М. та ін. Настанови з визначення технічного стану мостів. - ТАУ. Вид. "Логос", К.: 2002. 117 с.

12.Петровский И.Г. Лекции по теории обыкновенных дифференциальных уравнений. М.: Наука, 1970.

13.Ржаницын А.Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. М. Стройиздат, 1978.

DETERMINATION OF FAILURE RATE FUNCTION ON THE BASIS OF THE MARKOVIAN PROCESS

Bashkevych Iryna Vasilivna, Candidate of Engineering Sciences, National Transport University, Department of Bridges, tunnels and hydraulic structures, Assistant Lecturer, e-mail: iv.bashkevych@gmail.com, +380442807978, https://orcid.org/0000-0001-7640-4317.

Yevseichyk Yurii Borysovych, Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, National Transport University, Department of Bridges, tunnels and hydraulic structures, Associate Professor, e-mail: jura_ntu@ukr.net, +380442807978, https://orcid.org/0000-0002-3507-4734

Medvediev Kostiantyn Volodymyrovych, Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, National Transport University, Department of Bridges, tunnels and hydraulic structures, Professor, e-mail: kvmedvediev@gmail.com, +380442807978, https://orcid.org/0000-0002-0704-7093.

Yanchuk Leonid Leonidovych, Candidate of Engineering Sciences, National Transport University, Department of Bridges, tunnels and hydraulic structures, Associate Professor, e-mail: leonid.ianchuk@gmail.com, +380442807978, https://orcid.org/0000-0003-1269-1251.

Summary. The life cycle of a construction (or its element) is considered as markovian process with discrete states and continuous time. Five operational states have been accepted, in which the construction may be. The corresponding system of differential equations is obtained for the case of a homogeneous markovian process with a constant conversion rate (Kolmogorov system). The method of uncertain coefficients is applied to solve the system of equations in analytical form. The obtained solutions make it possible to determine the

probability of finding the construction in a particular state as well as the most likely transition time from one operational state to another. Security function defined as the probability of not finding the construction in its last (inoperable) state and the failure rate function. The graphs of the probability of finding a construction in each of the five states, reliability and failure rate functions are presented and investigated. The obtained analytical dependences make it possible to determine the longevity and residual life of the work both individual elements and structures as a whole and optimize scheduling for ongoing maintenance work, significantly improve the performance of the structure, reduce the cost of repair work and extend the life of the structure.

Keywords*:* reliability function, Kolmogorov equations, markovian model, failure rate, durability, residual life.

References

1. DSTU-N B V.2.3-23: 2009. Guidelines for estimating and forecasting the technical condition of road bridges: - K .: Minregionstroi Ukraine, 2009. - 49 p.2. Bogdanof J. Probabilistic models of damage accumulation / Kozin F. - Moscow: Mir, 1989. - 344 p.

3. Bolotin V.V. Resource machines and structures. / V.V. Bolotin. - M: Mechanical Engineering, 1990. - 446 p.

4. Wentzel, E.S. Theory of random processes an d its engineering applications / E. S. Wentzel, L. A. Ovcharov - Moscow: Higher. School, 2000. - 383 p.

5. Gmurman, V.E. Probability theory and mathematical statistics / V.E. Gmurman. - Moscow: High School. - 1972. - 367 s.

6. Gnedenko V.V., Belyaev Yu.K., Soloviev A.D. Mathematical methods in the theory of reliability / V.V. Gnedenko, Yu.K. Belyaev, A.D. Soloviev. Gnedenko V.V., Belyaev Yu.K., Soloviev A.D. - Moscow: Science. - 1965. - 361 s.

7. Yevseychik Yu.B., Medvediev K.V. Algorithm for determining the reliability of an element of a design with a function of the function of the intensity of the failures // Prob. Motor roads and road construction. - 2017, vp. 99 - p.210 - 217.

8. Lantuh-Lyashchenko A.I. A probabilistic model for assessing the technical condition and forecasting the residual life of road bridge elements / Lantukh-Lyashchenko A.I. - M .: Roads and bridges. Russian Road Research Institute. 2007. - p. 103–111

9. Lantuch-Lyashenko A.I. Estimation of the reliability of the construction on the model of a random Markov process with discrete states. // Sb. Motor roads and road construction. - 1999, issue 57 - pp. 183-188.

10. Lantuch-Lyashenko A.I. Estimation of technical condition of transport structures in operation. Bulletin of the Transport Academy of Ukraine, №3, Kyiv: 1999.-c. 59-63.

11. Lantuch-Lyashenko AI, Kirian V.I., Koval P.M. etc. Guidelines for determining the technical condition of bridges. - TAO Kind. "Logos", K.: 2002. 117 p.

12. Petrovsky I.G. Lectures on the theory of ordinary differential equations. M .: Science, 1970.

13. Rzhanitsyin A.R. Teoriya rascheta stroitelnyih konstruktsiy na nadezhnost. M.: Stroyizdat, 1978.

УДК 625.70 **DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-088-102**

ДРЕНУЮЧИЙ ЦЕМЕНТОБЕТОН ДЛЯ ГІДРОТЕХНІЧНОГО, ДОРОЖНЬОГО ТА АЕРОДРОМНОГО БУДІВНИЦТВА

DRAINING CEMENT CONCRETE FOR HYDROTECHNICAL, ROAD AND AIRPORT CONSTRUCTION



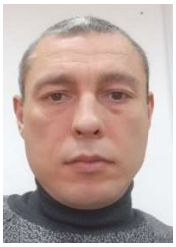
Гамеляк Ігор Павлович, *доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри аеропорти, e-mail: gip65n@gmail.com, +380503524124,*

https://orcid.org/0000-0001-9926-7561



Шургая Анзорі Гівієвич, *ПП «Аліоні», «Мостозагін 112», начальник лабораторії, e-mail: alioni@ukr.net, +380993787380,*

https://orcid.org/0000-0002-3939-329X



Якименко Ярослав Миколайович*, кандидат технічних наук, інженер, ПП «АЛІОНІ» e-mail: yakymenkoy@ukr.net, +380689657364,*

https://orcid.org/0000-0002-2736-941X



Місько Андрій Володимирович*, директор, ТОВ "Мега-Лайн" andrewmi74@ukr.net, +380675495777,*

https://orcid.org/0000-0002-2382-2125



Гужевський Олександр Іванович*, інженер, ПП "АЛІОНІ" e-mail: gujevskiy7@gmail.com, +380963000178,*

https://orcid.org/0000-0002-3069-9380



Караманчук Валерій Леонідович*, інженер ПП "АЛІОНІ" e-mail: valerakaramanchuk@gmail.com, +380980647223,*

https://orcid.org/0000-0002-6948-7895

Анотація. Стаття присвячена підбору складу цементобетонної суміші та визначенню фізико-механічних показників дренуючого цементобетону для улаштування покриття пішохідних доріжок, автомобільних стоянок та гідротехнічних споруд з високою дренуючою здатністю.

Об'єкт дослідження – процеси проектування складу та забезпечення міцності та пропускної здатності дренуючого цементобетону.

Метою роботи є підбір складу та визначення фізико-механічних (міцність на стиск, розтяг при згині, деформативних (модуль пружності), експлуатаційні (стиранність), морозостійкість, водопропускна здатність дренуючого цементобетону..

Методи дослідження – науково-експериментальний.

Результати статті можуть бути використані при експлуатації дорожніх і аеродромних покриттів в водопроникних покриттях та основах для підвищення екологічності середовища міст.

Ключові слова: дренуючий бетон, міцність на стиск, міцність на розтяг при згині, модуль пружності, модуль деформації, морозостійкість, клас бетону на розтяг при згині, водопропускна здатність.

Постановка проблеми.

Дренуючий цементобетон – це матеріал з високою відкритою пористістю, яка забезпечує покращені шумопоглинаючі властивості і дренуючу здатність в поєднанні з шорсткістю та рівністю.

При застосуванні в верхньому шарі покриття цей матеріал повинен чинити опір діючому на нього навантаженню з існуючою інтенсивністю руху, мати відповідну морозостійкість і стійкість до дії хлоридів та мати кращі шумопоглинаючі характеристики.

Дренуючий (дренажний, проникний, пропускальний, високопористий, крупно пористий, пористий) бетон (Portland Cement Pervious Concrete (PCPC)) - це суміш щебеню, води, хімічних добавок і цементу з нульовим або з дуже низьким вмістом піску. Цей тип бетону має велику кількість міжзернових і взаємопов'язаних пустот, які забезпечують бетону високу проникність, дозволяють дощовій воді проходити крізь бетон, зменшуючи збирання води на поверхні і уникаючи затоплень.

Переважно дренажний бетон застосовується для облаштування:

- паркінгів з легкими транспортними навантаженнями;
- основ для автомобільних доріг, міських вулиць та доріг;
- тротуарів і пішохідних зон;
- доріжок в парках і лісистій місцевості.
- стін, де потрібно забезпечити тепло- і звукоізоляцію, шумових бар'єрів.

Влаштування шарів основи дорожнього одягу з дренуючого цементобетону забезпечить відведення води з конструкції дорожнього одягу в осінньо-весняний періоди. Та попередить від передчасного руйнування покриття та конструкції дорожнього одягу в зоні скупчення води при замерзанні та відтаванні.

Швидке відведення води з поверхні покриття дозволяє в значній мірі знизити слизькість і підвищити безпеку руху. Таке покриття може знижувати рівень шуму від транспортних засобів на 3 – 5 дБ.

Один з варіантів використання дренуючого цементобетону є створення підпірних стінок гідротехнічних споруд (замість використання габіонів). Якщо габіони – просторова сітчаста коробчаста структура, яка заповнена природним каменем, і тримається за рахунок сітчастої конструкції, то підпірна стіна з використанням дренуючого бетону з додатковим армуванням композитною арматурою зможе витримати більше навантаження, зберігаючи дренуючу здатність.

Цей матеріал відрізняється від щільного цементобетону, тим, що має переривчастий гранулометричний склад та кількість розчинної частини яка необхідна тільки для обволікання і склеювання зерен заповнювача. Відкрита пористість може знаходитись в межах від 8 % до 25 % за об'ємом в залежності від призначення.

Переваги покриттів з великопористого цементобетону, за даними зарубіжних досліджень, такі: швидке видалення води з поверхні покриття, що зменшує ризик аквапланування транспортних засобів і підвищує безпеку руху в дощову погоду; підвищена і постійна шорсткість поверхні; зниження рівня шуму від руху транспортних засобів. Дренуюча здатність покриття робить його практично сухим, воно також має високий ступінь звукопоглинання. Недоліком пористих покриттів є забруднення пустот в процесі експлуатації, що значно знижує ефект їх використання. Одним із способів відновлення дренуючих властивостей таких покриттів є промивка поверхні сильним струменем води за допомогою спеціальних машин з подальшим вакуумуванням і видаленням забрудненої води.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Огляд світового досвіду досліджень дренуючого (пористого) цементобетону, улаштування та експлуатації шарів дорожнього та аеродромного одягу та гідротехнічних споруд з нього показує техніко–економічну доцільність і ефективність їх застосування.

Це матеріал з високою відкритою пористістю, яка забезпечує високу дренажну здатність в поєднанні з шорсткістю, рівністю і поперечним тертям та хороші шумопоглинаючі властивості [1 - 4].

Дренуючим цементобетоном називають матеріал з відкритою структурою великих пор, який в якості в'яжучого матеріалу містить таку кількість цементного тіста або тонкого розчину, щоб повністю заповнювати пустоти між зернами заповнювача після ущільнення. Вміст пустот залежить від об’єму розчинної частини, тобто суми об’ємів цементу, піску і води. У попередніх дослідженнях цей обсяг змінювався від 15 і 35%, розрахунковий обсяг пустот приймався рівним 25% .

Найважливішою характеристикою дренуючого цементобетону є покращене зчеплення шасі повітряного судна (ПС) чи колеса транспортного засобу (ТЗ) з вологим покриттям, швидке відведення зливових вод з поверхні покриття, зменшення ефекту аквапланування, зниження рівня шуму і вібрації коліс ПС чи ТЗ. Покриття з водопроникного пористого матеріалу є альтернативним способом організації поверхневого водовідведення. Принцип роботи таких покриттів полягає у вільному проникненні зливових вод всередину дренуючого матеріалу покриття з можливістю їх подальшої фільтрації. Швидкість фільтрації при цьому залежить від дренуючої здатності цементобетону і поперечних ухилів покриття [1].

Одним з основних критеріїв застосування пористого цементобетону є поєднання хорошої водопроникності і опору механічним впливам, в тому числі і навколишнього середовища (рис. 1). При використанні пористого цементобетону для влаштування покриття або верхніх шарів основ зазначені вище характеристики можуть бути досягнуті шляхом відносно невеликим дозування цементу (що не перевищує 200 кг/м^3). Якщо пористий цементобетон застосовується для покриттів і піддається безпосередньому впливу коліс ПС чи ТЗ, то важче знайти компроміс між водопроникністю і міцністю, включаючи опір відриву щебінок. У цьому випадку слід підвищувати вміст цементу (до 300 – 400 кг/м^3) або вводити невелику кількість цементу, але з добавками (в основному полімерів або мікрокремнезему), які покращують міцність цементобетону без зменшення його пористості [1, 5]. Поширення набувають екологічні водопроникні покриття, з можливістю регулювання водовідведення для зменшення температури навколишнього середовища в місті, особливо в літній період максимальних температур (рис. 2) .

Хімічні добавки є головним інгредієнтом в даний час будь-якої суміші. В основному використовуються суперпластифікатори і модифікатори гідратації. Результати експериментів показують, що властивості пористого цементобетону більшою мірою залежать від властивостей полімерцементного тіста і зчеплення між ним і заповнювачем [1, 5 -8].

Крім того, важливою характеристикою такого цементобетону є достатній опір заморожуванню–відтаванню під дією солей, так як розчин між зернами заповнювача, завдяки високому вмісту

порожнин, піддається посиленим впливам морозу і протиожеледних солей. Для цього в багатьох країнах проведені відповідні експерименти із застосуванням різних методів випробувань [1].



Рисунок 1 – Загальний вигляд дренуючого бетону
Figure 1 - General view of pervious concrete

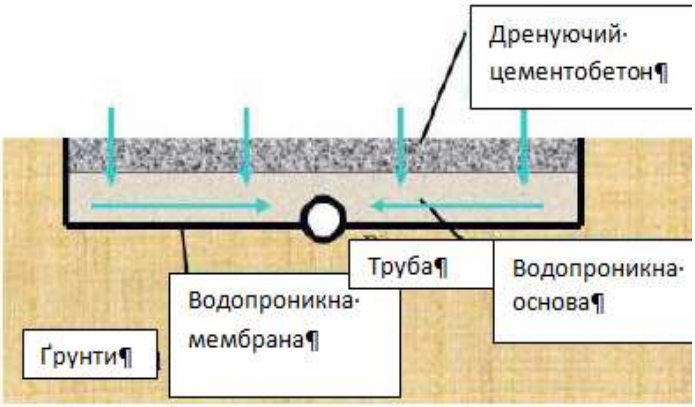


Рисунок 2 – Схема внутрішнього водовідведення з проникного покриття із дренуючого бетону
Figure 2 - Scheme of internal drainage from the permeable coating of pervious concrete

Якщо аеродроми з покриттям з пористого цементобетону розташовані в кліматичних умовах з холодними зимами, то матеріал повинен володіти високим опором заморожуванню–відтаванню, дії протиожеледних солей тощо [2].

Через високі вимог до міцності, зносу, морозо– і морозосолестійкості дренуючий цементобетон при цьому способі будівництва, як правило, модифікується високоякісними добавками полімерів. За винятком деяких лабораторних випробувань, всі колишні практичні досліди були проведені на складах, модифікованих полімерами. Двошарове будівництво – пористий цементобетон на щільному цементобетонні з клейким килимком – було виконано в Німеччині в 1993 р в рамках декількох невеликих дослідних ділянок. Досвід з укладання пористої цементобетонної суміші на свіжоукладений укочений цементобетон без клейкого килимка не дав позитивних результатів щодо відмінного з'єднання шарів.

У порівнянні з традиційним асфальтобетоном (на щебені розміром зерен 0/11 мм), який вважається еталоном в Німеччині, дослідні ділянки в Великобританії, Бельгії та Німеччині показують, що покриття з пористого цементобетону знижують шум приблизно на 4 дБ. Відзначається, що пористе покриття створює також умови для швидкого просушування поверхні покриття, а зниження шуму пояснюється кращою взаємодією покриття і протекторів шасі ПС чи ТЗ, частковим поглинанням повітря під шинами за допомогою пор в цементобетонні [1-8].

Поряд зі значними перевагами: зниженням рівня шуму, зменшенням розбризкування, підвищенням безпеки руху в дощову погоду, зниженням ризику аквапланування, зменшенням об'ємної і питомої ваги пористий цементобетон має наступні недоліки: високою вартістю будівництва, скороченням тривалості терміну служби, проблемами зі швами, додатковими витратами на очистку покриття, складним ремонтом і утриманням зруйнованих ділянок, додатковими витратами на заходи по боротьбі з ожеледицею [1-5].

Основна вимога до забезпечення працездатності високопористого покриття полягає в збереженні його властивостей протягом всього періоду експлуатації. Для своєчасного відведення води з поверхні покриття дренуючий цементобетон повинен мати певну фільтраційну здатність [1-8].

Метою роботи є: підбір складу та визначення фізико-механічних (міцність на стиск, розтяг при згині, деформативних (модуль пружності), експлуатаційні (стиранність), морозостійкість, водопропускна здатність дренуючого цементобетону.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Дренуючий бетон - містить крупний заповнювач при відсутності або мінімальному вмісті дрібного заповнювачу, а також недостатню для заповнення пор і пустот кількість цементного тіста.

За кордоном використовують в основному два випробування, призначені для проникного бетону:

• метод випробування для визначення щільності і пористості (вміст пор) свіжоприготовленого проникного бетону (ASTM C1688);

• метод випробування для визначення швидкості інфільтрації (ASTM C1701).

Третій тест в даний час прийнято, щоб перевірити працездатність (легкоукладальність) на будівельному майданчику з використанням перевернутого стандартного конусу .

На основі аналізу літературних даних в табл.. 1 наведено вимоги до дренуючого бетону для шарів основи та покриття автомобільних доріг різних категорій.

При лабораторних випробуваннях були наступні матеріали: цемент М400; щебінь фракцій 2-5 мм, 5-10 мм, 10-20 мм; пісок річковий; хімічні добавки Mapecrete Drain L та Mapetard SD 2000.

Mapecrete Drain L - водна емульсія спеціальних сополімерів, яка покращує властивості бетону, який використовується для дренажних робіт. Це дуже текуча латексна добавка біло-жовтуватого відтінку, яка додається в дренажний бетон під час перемішування в мішалці.

Mapecrete Drain L - суміш сополімерів і вторинних компонентів, яка при додаванні в дренажну суміш значно покращує її властивості і процес твердіння. Добавка підвищує в'язкість і когезію суміші, покращуючи її легкоукладальність при укладанні за допомогою асфальтоукладача, виливаючи як стяжку або при використанні ручних інструментів. При використанні для будівництва доріг добавка зменшує ризик виникнення проблеми нестійкості або розпливання контурів полотна під час укладання.

Покращені фізичні властивості бетону збільшують термін експлуатації дренуючого бетону. Mapecrete Drain L може зменшити час легкоукладальності свіжого бетону. Тому в жарку погоду рекомендується використовувати спільно з Mapecrete Drain L сповільнювач схоплювання Mapetard SD 2000.

Спеціальний склад Mapecrete Drain L дозволяє поліпшувати характеристики дренуючого бетону, підвищуючи його якість і довговічність.

Дозування добавки здійснюється за вагою: Mapecrete Drain L додається в кількості 0,7-4 кг на кожні 100 кг цементу (від 2 до 10 кг на 1 м³ бетону) в залежності від необхідних характеристик бетону. Інші дозування, які відрізняються від вищевказаних, повинні визначатися лабораторними випробуваннями, а також узгоджуватися з Технічним відділом постачальника.

Mapetard водний розчин активних полімерів, які уповільнюють гідратацію цементу і запобігає швидкому зниження осадки конуса бетону під час жаркої погоди та при транспортуванні на великі відстані. Збереження легкоукладальності і уповільнення строків схоплювання збільшуються зі збільшенням дозування добавки, в межах 0,2% и 0,5% від маси цементу.

В ході лабораторних підборів (27 шт.) побудовані залежності міцності від середньої щільності рис. 3. З цих підборів нами визначені шість складів високопористої цементобетонної суміші для подальшого детального аналізу. Відмінність полягає у кількості мілкого заповнювача (піску) та хімічних добавок.

Випробування цементобетонних зразків проводили згідно норм ДСТУ Б В.2.7-214.

Таблиця 1 - Вимоги до дренуючого бетону
Table 1 - Requirements for pervious concrete

Параметри	Категорія автомобільної дороги		
	Іб -II	III -IV	V (велосипедні доріжки)
Навантаження на вісь. кН (т)	115 (11,5)	100 (10)	60 (6,0)
Склад бетону			
W / C	0,27 … 0,35	0,3 … 0,4	0,3 … 0,4
кількість води, кг/ м^3	100 … 130	100 … 130	100 … 130
кількість цементу (для покриття / основи), кг/ м^3	320 … 375 / 150 … 220	275 … 325 / 125 … 200	225 … 275 / 100 … 150
Пісок	До 6%	До 6%	До 6%
Щебінь Максимальний розмір щебеню Розхід, кг/м^3	Фр. 5 .. 20 мм 25 мм 1430 … 1670	Фр. 5 .. 20 мм 25 мм 1430 … 1670	Фр. 5 .. 20 мм 25 мм 1430 … 1670
Легкоукладальність, см	0	0	0
Жорсткість , с	0 … 5	0 … 5	0 … 5
Пористість (розмір пор 1…8 мм) для свіжоприготовленого проникного бетону (ASTM C1688)	15 … 30 %	15 … 30 %	15 … 30 %
Дренуюча здатність (загальна кількість води, що проникає через бетон) визначення швидкості інфільтрації (ASTM C1701)	100 .. 750 л/хв./м^2 100 … 150 л/м^3	100..700 л/хв./м^2 100…130 л/м^3	100 .. 700 л/хв./м^2 100…130 л/м^3
Клас міцності на стиск: покриття основи під цементобетон основи під асфальтобетон	 B 35 B 10 B 7,5	 B 25 B 10 B 7,5	 B 20 - B 7,5
Клас міцності на розтяг при згині: покриття основи під цементобетон основи під асфальтобетон	 Bbtb 4,4 Bbtb 1,2 Bbtb 0,8	 Bbtb 3,6 Bbtb 1,2 Bbtb 0,8	 Bbtb 3,2 - Bbtb 0,8
Марка за морозостійкістю бетону у покритті при відтаванні у 5% розчині NaCl / для основи при відтаванні у воді від 0 до - 5° С від 0 до - 5° С	 F 100 / F 25 F 150 / F 50	 F 100 / F 25 F 150 / F 50	 F 100 / F 25 F 150 / F 50
Мінімальна товщина покриття (основи), см	24 (18)	20 (16)	16 (15)

На основі аналізу лабораторних підборів було вибрано два склади з різною кількістю Marecrete Drain L – 4 % та 3 % від маси цементу. Виготовлені наступі зразки: куби 100x100x100 по 28 шт. кожного складу з яких 18 шт., випробування на морозостійкість, 8 шт. випробування на стиск. Куби 70x70x70 по три зразки випробування на стиранність. По чотири призми 100x100x400 випробування на розтяг при згині (модуль пружності, модуль деформації). Циліндри Ø 150 L = 150 по шість шт. випробування на водопроникність.

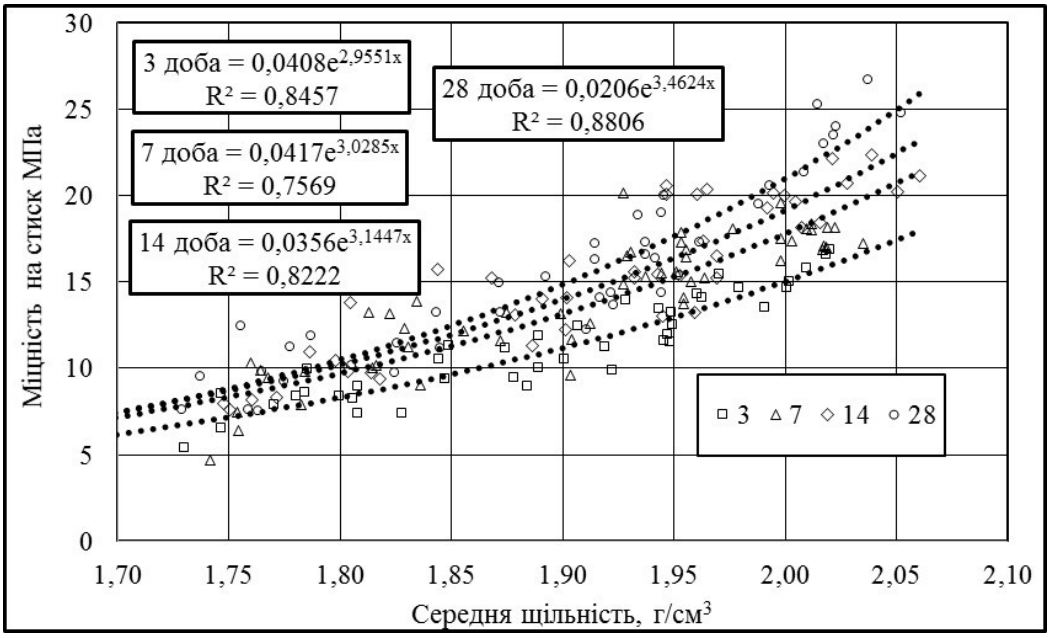


Рисунок 3 – Залежність міцності на стиск дренуючого бетону від його щільності
Figure 3 - Dependence of compressive strength of pervious concrete on its density

Випробування цементобетонних зразків на стиск

При випробуванні, навантаження зразків проводять безперервно зі швидкістю, що забезпечує підвищення розрахункового напруження до його повного руйнування в межах 0,6 ± 0,4 МПа/с [**Ошибка! Закладка не определена.**]. Критерієм міцності на стиск є максимальне зусилля, досягнуте в процесі випробування, при якому зразок починає руйнуватися. Результати випробувань наведені на рис. 4.

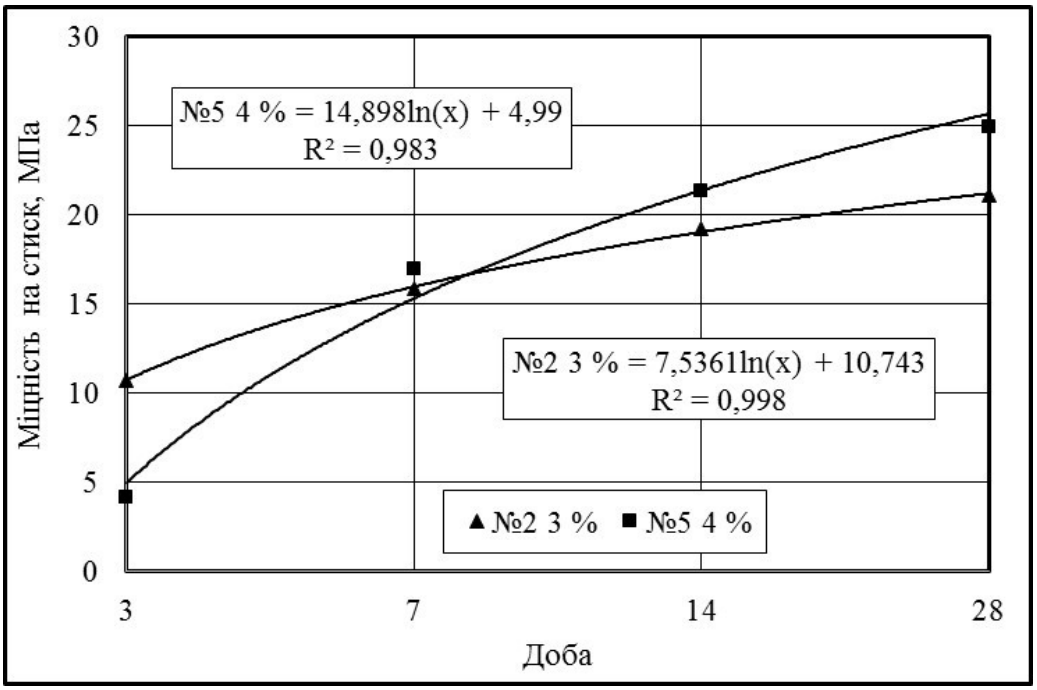


Рисунок 4 – Залежність міцності дренуючого цементобетону на стиск від строку твердіння
Figure 4 - Dependence of compressive strength of pervious cement concrete on the curing time

Визначення міцності на розтяг при згині

Основним показником міцності дорожнього цементобетону є міцність на розтяг при згині R_{tb}.

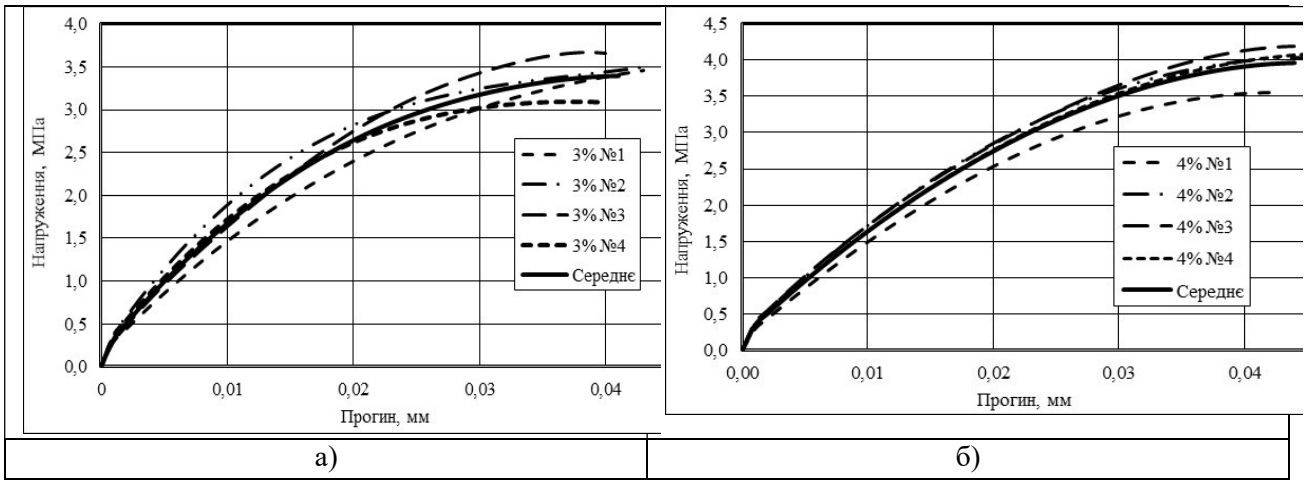
При випробуванні, навантаження зразків проводять безперервно зі швидкістю, що забезпечує підвищення розрахункового напруження до його повного руйнування в межах 0,05 ± 0,02 МПа/с [**Ошибка! Закладка не определена.**].

При випробуванні на розтяг при згині зразки-призми встановлюють до випробувального пристрою і прикладають навантаження до руйнування зразка. Розміри зразків-призми 100×100×400 мм.

Випробування цементобетонних зразків на стиранність

Зносостійкість оцінювали за величиною стиранності, яку визначали на приладі ЛКИ-3 згідно ДСТУ Б В.2.7-212. Зразки встановлювали в рамку для кріплення, що знаходиться над диском, після чого двох плечовим важелем завантажували навантаження 300 Н при відхиленні ± 1 %. Перед початком випробувань зразки витримували протягом 48 годин у повітряно-сухих умовах $t = 20 \pm 3$ °С і відносній вологості 65 ± 10 %. Після витримування зразки зважували з точністю до 0,1 г та визначали лінійні розміри з точністю до 0,1 мм. Перед вмиканням приладу на поверхню диска слід висипати абразивний матеріал згідно ГОСТ 3647 рівномірним шаром у кількості 20 г, і здійснювали 28 обертів. Випробування проводили для кожної грані, причому кожні 28 обертів абразивний матеріал замінювали на новий. Після 110 обертів зразок виймали, визначали масу і знову встановлювали в рамку, повернувши навколо вертикальної осі на 90°. Таким чином виконували 4 цикли по 110 обертів для кожного зразка і стиранність визначали як середнє значення зменшення маси із серії випробуваних зразків. Стиранність для дорожніх покриттів має бути не більше 0,7 г/см^2 ДСТУ Б В.2.7-145:2008.

Результати випробувань наведені на рис. 5.



а) б)

Рисунок 5 – Діаграма “напруження – деформація” для дренуючого бетону з кількістю Mapecrete Drain L: а) 3 %; б) 4 %

Figure 5 - Diagram "stress - strain" for pervious concrete with the amount of Mapecrete Drain L: a) 3%; b) 4%

Визначення модуля пружності та модуля деформації

Модуль пружності E_{cm} обчислюють для кожного зразка при рівні навантаження, що становить 30 % від руйнівного.

Результати розрахунку модуля пружності наведено на рис. 6 – 7.

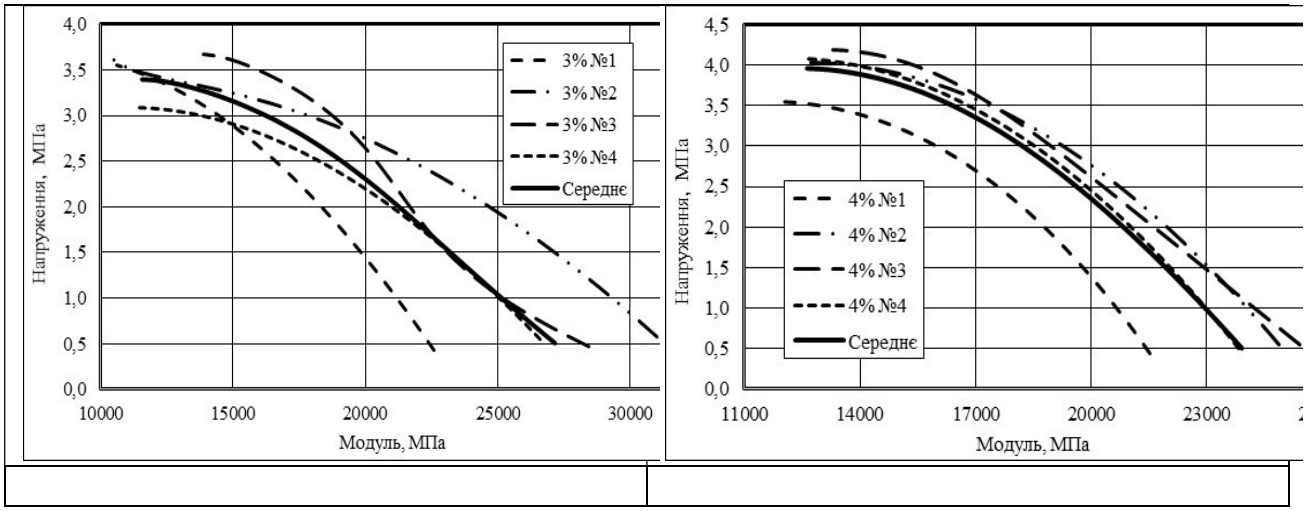
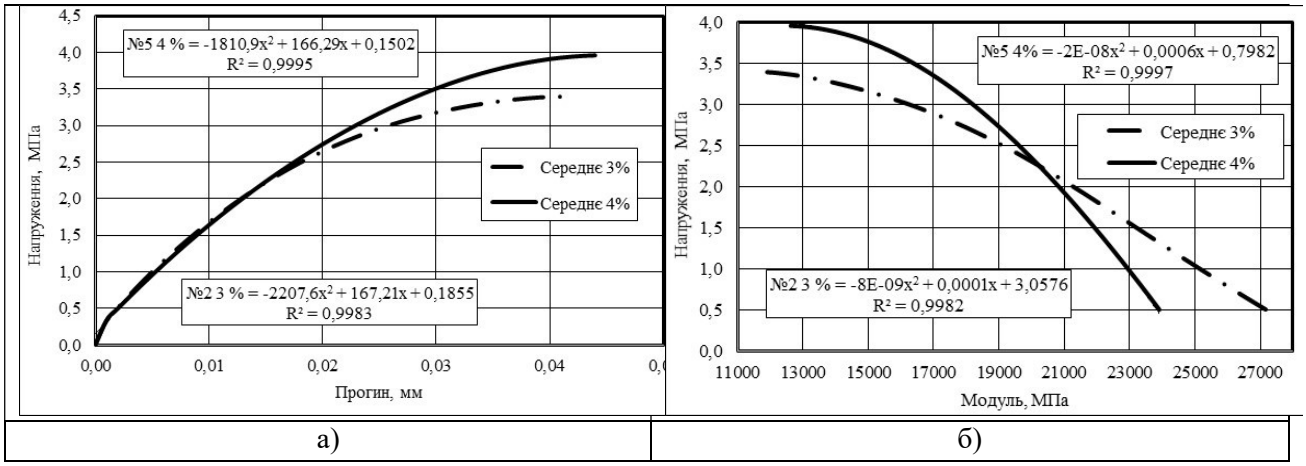


Рисунок 6 – Зміна модуля в процесі випробування на розтяг при згині зразків а) склад № 2, 3 % Mapecrete Drain L; б) склад № 5, 4 % Mapecrete Drain L

Figure 6 - Modification of the module during the tensile test during bending of the samples a) composition № 2, 3% Mapecrete Drain L; b) composition № 5, 4% Mapecrete Drain L



а) б)

Рисунок 7 – Осереднені значення для складів № 2 та № 5 а) напруження-деформація зразків та б) зміни модуля пружності в процесі випробування на розтяг при згині

Figure 7 - Average values for compositions 2 and № 5 a) stress-strain of the samples and b) changes in the modulus of elasticity during the tensile test under bending

Випробування цементобетонних зразків на морозостійкість

Для визначення морозостійкості бетону зразки кубічної форми 100x100x100 піддаються багаторазовому поперемінному заморожуванню і відтаюванню в насиченому стані 5 % водяним розчином хлористого натрію.

Бетонні зразки виготовляють згідно норм. Основні і контрольні зразки бетону перед випробуванням насичують 5 % водяним розчином хлористого натрію при температурі 18 ± 2 °С ДСТУ Б В.2.7-47.

Витягають контрольні зразки з розчину, і через 2 – 4 год. після того визначають масу зразків та випробовують їх на стиск. Основні зразки, які насичені 5 % водяним розчином хлористого натрію, поміщають у морозильну камеру для випробування зразків на морозостійкість. Зразки установлюють на дві дерев'яні прокладки, при цьому відстань між зразками та стінками повинні бути 10 ± 2 мм.

Число циклів заморожування і відтавання приймають згідно з ДСТУ Б В.2.7-47.

Після встановлення в закритій камері температури -10 °С температуру знижують протягом 2,5 ± 0,5 год. до -18 ± 2 °С і витримують 2,5 ± 0,5 год. Далі температуру в камері підвищують протягом 1,5 ± 0,5 год. до -10 °С, і при цій температурі вивантажують з неї ємкості із зразками./Зразки відтаюють протягом 2,5 ± 0,5 год. у ванні з 5 % водяним розчином хлористого натрію температурою 18 ± 2 °С. Основні зразки витягають із ємкості, і через 2 – 4 год. після того визначають масу і випробовують на стиск згідно ДСТУ Б В.2.7-214/

Марку бетону за морозостійкістю визначають, якщо середнє значення міцності на стиск основних зразків після даної кількості циклів поперемінного заморожування і відтавання зменшилась не більше ніж на 5 % у порівнянні із середньою міцністю на стиск та втрата маси основних зразків не перевищує 3 % від контрольних зразків.

Зразки з 3% добавки витримали 45 циклів заморожування-відтаювання, що відповідає марці за морозостійкістю F100, різниця по міцності на стиск складає 13,2 %, приріст маси 0,37 %.

Зразки з 4% добавки витримали 45 циклів заморожування-відтаювання, що відповідає марці за морозостійкістю F150, різниця по міцності на стиск складає 8,7 %, приріст маси 0,5 %.

Випробування цементобетонних зразків на водопропускну здатність

Ефективність пропускної здатності матеріалу залежить від внутрішньої проникності системи. Було помічено, що пористість сама по собі є некоректним показником проникності, оскільки проникність залежить від розмірів пор, геометрії та зв'язності.

Для оцінки водопроникності в ПП «АЛІОНІ» був виготовлений випробувальний пристрій для вимірювання водопроникності (рис 8).

Водопроникність визначено з спадаючим рівнем та постійним рівнем води.

Визначення водопропускної здатності при верстві води 1 – 1,5 см

Зразки перед випробуванням висушуються до постійної маси. Потім на 24 години поміщаються у воду для насичення їх водою. В табл. 2 наведені властивості дренуючого бетону при фільтрації.

Таблиця 2 – Гідравлічні властивості зразків

Table 2 - Hydraulic properties of the samples

Параметр	Щільність, г/см^3	Водонасичення вагове, %	Водопропускна здатність л·с/м^2
Середнє	2,026	1,48	0,35
Середньоквадратичне відхилення	0,019	0,08	0,05
Коефіцієнт варіації	0,943	5,61	13,30

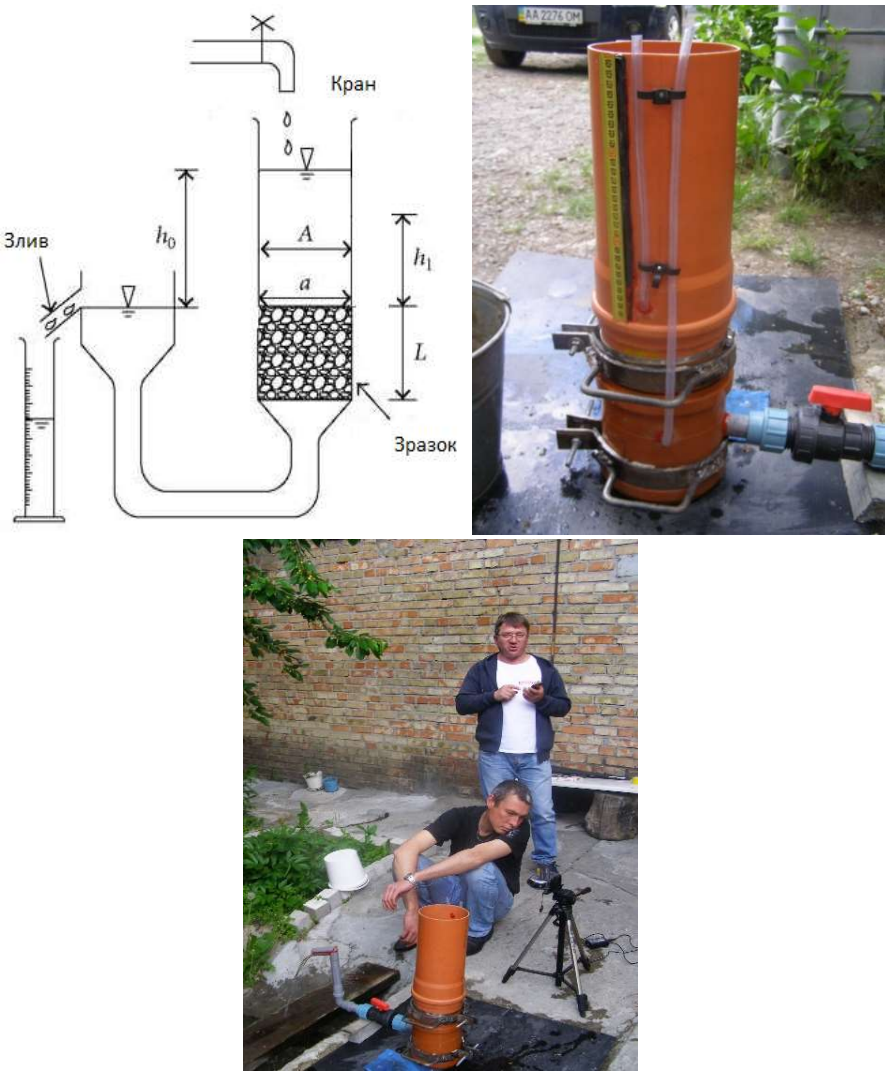


Рисунок 8 – Схема та загальний вигляд установки для випробування на водопроникність
Figure 8 - Schematic and general view of the installation for water permeability testing

Водопроникність з перемінним тиском

Інтервал часу Δt, протягом якого напір води знижується від h_0 до h_1 та проникність K визначається за формулою:

$$K = \frac{\mu \cdot L \cdot A}{\rho \cdot g \cdot a \cdot \Delta t} \cdot \ln \frac{h_0}{h_1}, \quad (1)$$

де μ – динамічна в'язкість води, Па·с; L – довжина зразка, м; a – площа поперечного перерізу зразка, м^2;

A – площа поперечного перерізу води в трубі, м^2.

Із формули 1 отримується водопроникність за 1 м^2, для перерахунку в м/с (рис. 9):

$$k = \frac{\rho \cdot g}{\mu} \cdot K\,. \quad (2)$$

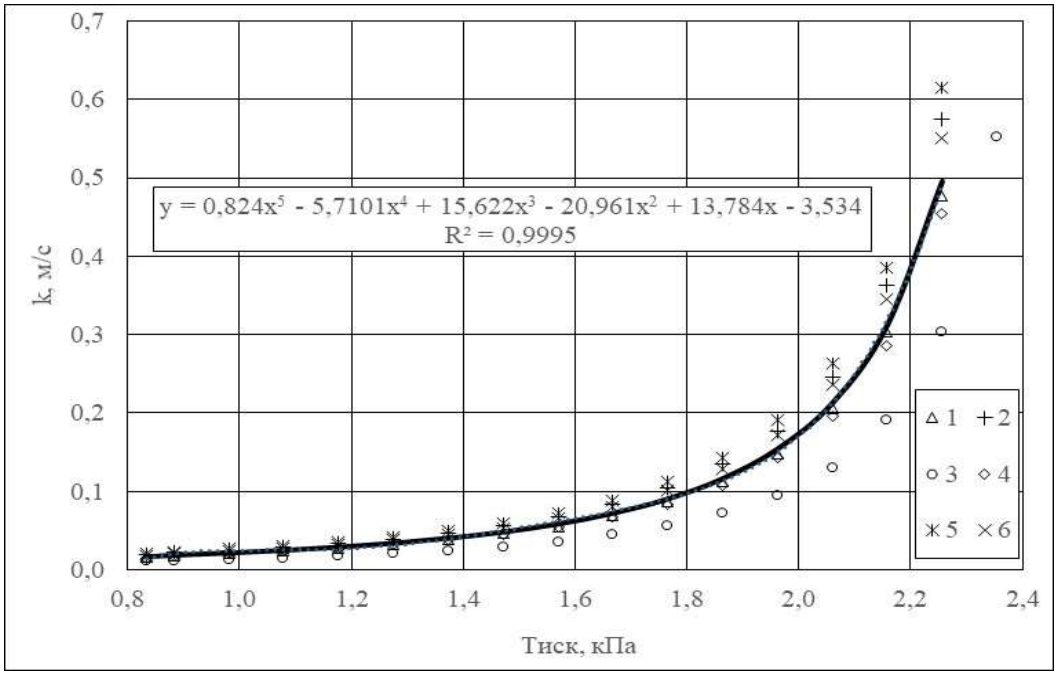


Рисунок 9 – Зміна водопроникності дренуючого бетону від тиску

Figure 9 - Changing the water permeability of draining concrete from pressure

Висновки. Фізичні та механічні властивості затверділого дренуючого бетону підвищуються паралельно зі збільшенням дозування Mapecrete Drain L:

- підвищується механічна міцність;
- підвищується міцність на згин і розтягнення;
- зменшується модуль пружності;
- підвищується морозостійкість і стійкість до солей.

Рекомендується додавати Mapecrete Drain L спільно з водою і перемішувати компоненти до отримання бетону однорідної консистенції.

Довговічність дренуючого бетону, змішаного з Mapecrete Drain L, гарантується в тому випадку, якщо на підстильний шар доріг або доріжок буде покладена відповідна система для збору та відведення дощової води.

Для гарантії дренажної здатності бетону протягом довгих років і збереження ефективності під час експлуатації, необхідно виконувати регулярні технічні роботи по очищенню пустот в конструкції дренуючого бетону.

В табл. 3 наведено результати випробувань дренуючого бетону.

Основні напрямки застосування дренуючого бетону:

- зведення різних огороджувальних конструкцій;
- виробництво фільтраційних бетонів для дорожнього будівництва, гідротехнічних бетонів і дренажу.

В значній мірі основні характеристики дренуючого бетону відповідають конструкційно-теплоізоляційного матеріалу, що дозволяє зводити з нього плити, блоки, самонесучі стіни і жорсткі утеплюючі шари покрівель, а також ізолювати ґрунти від промерзання (відтавання) в житловому і дорожньому будівництві.

Таблиця 3 – Узагальнені результати випробування дренуючого бетону

Table 3 - Generalized test results of draining concrete

Характеристика		Склад	
		№ 2	№ 5
Середня щільність, кг/м^3		1964	2025
Міцність на стиск, МПа	3 доба	10,8	4,2
	7 доба	15,9	17,0
	14 доба	19,2	21,3
	28 доба	21,1	24,9
Міцність на розтяг при згині (28 доба), МПа		3,2	3,6
Модуль пружності (28 доба), МПа		24585	22183
Модуль деформації (28 доба), МПа		11565	12629
Стиранність, г/см^2		0,34	0,33
Морозостійкість		F100	F150
Водопропускна здатність л/с		-	0,35
Клас бетону на стиск		B 15	B 20
Клас бетону на розтяг при згині		B_{tb} 2,4	B_{tb} 2,8

З огляду на високу фільтруючу здатність дренуючих бетонів, вони також можуть ефективно застосовуватися методом «стіна в ґрунті» для зміцнення укосів річкових і морських берегів, які зазвичай руйнуються виходом ґрунтових вод, а також для дренажу фундаментів різних будівель і споруд. Перспективним є застосування таких бетонів для захисту тіл гребель і водоскидів при нештатних ситуаціях у вигляді повеней і штормових впливів.

Перелік посилань

1. Применение пористого (дренирующего) цементобетону при строительстве слоев дорожной одежды. Обзорная информация. Вып. 6/2007. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://files.stroyinf.ru/Data1/56/56228/index.htm

2. Коршунов В.И. Пористый цементобетон для дорожных покрытий и оснований. Научные исследования и разработки Союздорнии: Юбил. вып. − М., 2001. − С. 140−143. − (Тр. / Союздорнии).

3. The National Academies of sciences, engineering, medicine. The National Academies Press. Guidance for Used for Permeable Pavement at Airports. 2017 – 90 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/319066437_THE_NATIONAL_ACADEMIES_PRESS_Guidance_for_Usage_of_Permeable_Pavement_at_Airports

4. Rahman, M. A., M. Imteaz, A. Arulrajah, M. Disfani, and S. Horpibulsuk. 2015. Engineering and Environmental Assessment of Recycled Construction and Demolition Materials Used with Geotextile for Permeable Pavements. Journal of Environmental Engineering, 141(9), 04015019.

5. Wu Hao, Huang Baoshan, Shu Xiang, Dong Qiao, Shrum Emily, Jared David Mark, Wu Peter. Laboratory Evaluation of Latex-Modified Pervious Concrete. - Journal of Transport. Research Rec. 2010 – 15с. [Електронний ресурс]. Режим доступу https://www.researchgate.net/publication/258121243.

6. American Concrete Institute. *Pervious Concrete*. ACI Committee 522, technical committee document 522R-06, 2006.

7. Tennis, P.D., Leming, M.L., and Akers, D.J. Pervious Concrete Pavements. EB302, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, and National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, Maryland, 2004.

8. Montes, F. Pervious Concrete: Characterization of Fundamental Properties and Simulation of Microstructure, Ph.D. Dissertation, University of South Carolina, 2006.

9. ДСТУ Б В.2.7-71 Будівельні матеріали. Щебінь і гравій із щільних гірських порід і відходів промислового виробництва для будівельних робіт. Методи фізико-механічних випробувань.

10. ДСТУ Б В.2.7-32 Будівельні матеріали. Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт.

11. ДСТУ Б В.2.7-214 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками.

12. ДСТУ Б В.2.7-212 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення стираності.

13. ГОСТ 3647 Материалы шлифовальные. Классификация. Зернистость и зерновой состав. Методы контроля (Матеріали шліфувальні. Класифікація. Зернистість та зерновий склад. Методи контролю).

14. ДСТУ Б В.2.7-145:2008 Будівельні матеріали. Вироби бетонні тротуарні неармовані.

15. ДСТУ Б В.2.7-47 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення морозостійкості. Загальні вимоги.

DRAINING CEMENT CONCRETE FOR HYDROTECHNICAL, ROAD AND AIRPORT CONSTRUCTION

Gameliak Igor Pavlovich, Doctor of Engineering Sciences, professor, Head of department «Airports», National Transport University, e-mail: gip65@gmail.com, +380503524124, https://orcid.org/0000-0001-9246-7561.

Shurgaya Anzori Givievich, Private Enterprise «Alioni», Mostozagin 112, Head of Laboratory, e-mail: alioni@ukr.net, +380993787380, https://orcid.org/0000-0002-3939-329X

Yakimenko Yaroslav Nikolaevich, Candidate of Technical Sciences, engineer, Private enterprise «ALIONI» e-mail: yakymenkoy@ukr.net, +380689657364, https://orcid.org/0000-0002-2736-941X

Mysko Andrii Volodimirovich, director, LLC «Skanex» e-mail: misko@mega-line.com.ua +380675495777, id ORCID 0000-0002-2382-2125, https://orcid.org/0000-0002-2382-2125

Guzhevsky Alexander Ivanovich, engineer, Private enterprise «ALIONI» e-mail: gujevskiy7@gmail.com +380963000178, https://orcid.org/0000-0002-3069-9380

Karamanchuk Valery Leonidovich, engineer, Private enterprise «ALIONI» e-mail: valerakaramanchuk@gmail.com, +380980647223, https://orcid.org/0000-0002-6948-7895

Annotation. he article is devoted to the selection of the composition of the cement-concrete mixture and the determination of physical and mechanical parameters of the draining cement concrete for the arrangement of the pavement of footpaths, parking lots and hydraulic structures with high drainage capacity.

The object of research is the processes of composition design and ensuring the strength and capacity of draining cement concrete.

The aim of the work is to select the composition and determine the physical and mechanical (compressive strength, tensile bending, deformable (modulus of elasticity), operational (abrasion), frost resistance, water permeability of draining cement concrete.

Research methods - scientific and experimental.

The results of the article can be used in the operation of road and airfield pavements in the culverts and foundations to improve the environmental friendliness of cities.

Key words: pervious concrete, compression strength, tension strength under bending, module of elasticity, module of deformation, frost-resistance.

References

1. Primenenie poristogo (dreniruyuschego) tsementobetonu pri stroitelstve sloev dorozhnoy odezhdyi. Obzornaya informatsiya. Vyipusk 6/2007. [Elektronniy resurs]. Rezhim dostupu: https://files.stroyinf.ru/Data1/56/56228/index.htm

2. Korshunov V.I. Poristyiy tsementobeton dlya dorozhnyih pokryitiy i osnovaniy. Nauchnyie issledovaniya i razrabotki Soyuzdornii: Yubil. vyip.

3. The National Academies of sciences, engineering, medicine. The National Academies Press. Guidance for Used for Permeable Pavement at Airports. 2017 – 90 c. [Електронний ресурс]. Режим доступу:https://www.researchgate.net/publication/319066437_THE_NATIONAL_ACADEMIES_PRESS_Guidance_for_Usage_of_Permeable_Pavement_at_Airports

4. Rahman, M. A., M. Imteaz, A. Arulrajah, M. Disfani, and S. Horpibulsuk. 2015. Engineering and Environmental Assessment of Recycled Construction and Demolition Materials Used with Geotextile for Permeable Pavements. Journal of Environmental Engineering, 141(9), 04015019.

5. Wu Hao, Huang Baoshan, Shu Xiang, Dong Qiao, Shrum Emily, Jared David Mark, Wu Peter. Laboratory Evaluation of Latex-Modified Pervious Concrete. - Journal of Transport. Research Rec. 2010 – 15c. [Електронний ресурс]. Режим доступу https://www.researchgate.net/publication/258121243.

6. American Concrete Institute. *Pervious Concrete*. ACI Committee 522, technical committee document 522R-06, 2006.

7. Tennis, P.D., Leming, M.L., and Akers, D.J. Pervious Concrete Pavements. EB302, Portland Cement Association, Skokie, Illinois, and National Ready Mixed Concrete Association, Silver Spring, Maryland, 2004.

8. Montes, F. Pervious Concrete: Characterization of Fundamental Properties and Simulation of Microstructure, Ph.D. Dissertation, University of South Carolina, 2006.

9. DSTU B V.2.7-71 Budivelni materiali. Schebin i graviy Iz schilnih girskih porid I vidhodiv promislovogo virobnitstva dlya budivelnih robit. Metodi fIziko-mehanIchnih viprobuvan.

10. DSTU B V.2.7-32 Budivelni materiali. PIsok schIlniy prirodniy dlya budIvelnih materIalIv, virobIv, konstruktsIy I robIt.

11. DSTU B V.2.7-214 Budivelni materiali. Betoni. Metodi viznachennya mitsnostI za kontrolnimi zrazkami.

12. DSTU B V.2.7-212 Budivelni materiali. Betoni. Metodi viznachennya stiranostI.

13. GOST 3647 Materialyi shlifovalnyie. Klassifikatsiya. Zernistost i zernovoy sostav. Metodyi kontrolya (MaterIali shlIfuvalnI. KlasifIkatsIya. ZernistIst ta zernoviy sklad. Metodi kontrolyu).

14. DSTU B V.2.7-145:2008 Budivelni materiali. Virobi betonnI trotuarnI nearmovanI.

15. DSTU B V.2.7-47 Budivelni materiali. Betoni. Metodi viznachennya morozostiykosti. Zagalni vimogi.

УДК 556.531.4 DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-103-108

НЕПАРАМЕТРИЧНИЙ ПОКАЗНИК ВАРІАБЕЛЬНОСТІ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИХ ЧАСОВИХ РЯДІВ

NONPARAMETRIC FACTOR OF VARIABILITY OF HYDROECOLOGICAL TIME SERIES



Артеменко Владислав Андрійович, *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. З метою вдосконалення оцінки гідроекологічних часових рядів запропоновано визначати непараметричний показник (коефіцієнт) варіабельності.

Визначені зміни непараметричного показника варіабельності гідроекологічного ряду за сезонами календарного року.

Метод дозволяє отримувати значення непараметричного коефіцієнта варіабельності не тільки для гідроекологічних, але також для всіх інших природних часових рядів.

Ключові слова: гідроекологічні часові ряди, обробка вихідних даних, аномальні значення ряду, непараметричний коефіцієнт варіабельності ряду, розчинений у воді кисень.

Вступ

Однією з важливих характеристик екологічного часового ряду є показник його варіабельності [1].

Як відомо, параметричний показник (коефіцієнт) варіабельності ряду припускає, що вихідні дані досить добре описуються нормальним законом розподілу, та виражається формулою

$$PCV = \frac{Std(V)}{Mean(V)},$$

де V - вектор даних, які аналізуються,

Std (V) - стандартне відхилення (скаляр),

Mean (V) - середнє значення (скаляр).

При цьому також вважають, що всі значення (складові) вектору даних невід'ємні, $Mean\ (V) \neq 0$.

Однак більшість гідроекологічних часових рядів мають статистичні розподілення, які не є нормальними [2].

Тому, строго кажучи, параметричний коефіцієнт варіабельності, що часто використовується для аналізу ряду в даному випадку не підходить.

У цьому зв'язку пропонується використовувати непараметричний показник (коефіцієнт) варіабельності, придатний для досліджень різних гідроекологічних часових рядів.

Непараметричний показник варіабельності

У зв'язку з тим, що застосовувати для аналізу параметричний показник варіабельності в даному випадку некоректно, пропонується використовувати непараметричний показник варіабельності, придатний для дослідження будь-яких природних часових рядів.

Непараметричний показник варіабельності обчислюється за формулою

$$NPCV = \frac{\left(Quantile(V, 0.95) - Quantile(V, 0.05)\right)}{Median\ (V)},$$

де *Median (V)* - значення медіани даних.

При цьому, як і для випадку використання параметричного показника, повинна виконуватися умова *Min (V)* ≥ 0, а також умова *Median (V)* $\neq 0$.

Для реалізації непараметричного показника був написаний код на мові програмування *MATLAB*. Код основних функцій наводиться нижче.

```
  function [ ANS ] = IS_VECTOR( V );ANS = false;
if isempty( V ) == truereturn
  end

if isnumeric( V ) == falsereturn
  end

if isreal( V ) == falsereturn
  end

if isvector( V ) == falsereturn
  end

if any( isnan( V ) ) == truereturn
  end

if any( isinf( V ) ) == truereturn
  end

  ANS = true;end
  function [ ANS ] = IS_MATRIX( M )ANS = false;
if isempty( M ) == truereturn
  end

if isnumeric( M ) == falsereturn
  end

if ndims( M ) ~= 2return
  end

if any( any( isnan( M ) ) ) == truereturn
  end

if any( any( isinf( M ) ) ) == truereturn
end
```

```
if any( any ( isreal( M ) ) ) == falsereturn
  end

  ANS = true;end
  function [ OUT ] = PCV( IN )OUT = [ ];
if IS_MATRIX( IN ) == falsereturn
  end

  A = std( IN ); B = mean( IN );

  OUT = A ./ B;

if IS_MATRIX( OUT ) == falseOUT = [ ];
  endend
  function [ OUT ] = NPCV( IN )OUT = [ ];
  L = 0.05; H = 1 - L;

if IS_MATRIX( IN ) == falsereturn
  end

  A = quantile( IN , H );B = quantile( IN , L );C = median( IN );

  OUT = ( A - B ) ./ C;

if IS_MATRIX( OUT ) == falseOUT = [ ];
  endend
```

При цьому функції *IS_VECTOR ( )* та *IS_MATRIX ( )* є допоміжними (службовими). Вони необхідні для перевірки правильності вхідних аргументів основних (обчислюваних) функцій. Функція *IS_VECTOR ( )* перевіряє - чи є вхідний аргумент вектором, тобто матрицею розміру *1xSZ2* або *SZ1x1*. Крім того, функція *IS_VECTOR ( )* перевіряє, щоб всі елементи вектору були дійсними числами і не містили *NAN, - Inf, + Inf* значень і комплексних чисел. Відповідно, *IS_MATRIX ( )* перевіряє, чи є вхідний аргумент матрицею, як це прийнято на мові програмування *MATLAB* (тобто матрицею розміру *SZ1xSZ2*, де *SZ1* і / або *SZ2* можуть бути одиницею).

Функція *IS_MATRIX ( )* перевіряє, щоб всі елементи також були дійсними числами (діє за аналогією з *IS_VECTOR ( )*). Відповідно обчислювальні функції - це *PCV ( )* і *NPCV ( )*.

В основу даних обчислювальних функцій покладено формули, що наведені вив тексті статті. Вхідні аргументи (*IN*) цих функцій - матриці, вихідні аргументи (*OUT*) цих функцій - "горизонтальні вектори", тобто матриці розміру *1xSZ2*, де *SZ2* - число стовпців вхідної матриці *IN*.

Якщо в деяких випадках неможливо провести відповідні розрахунки (нульові середні значення, нульові медіанні значення, неадекватні вхідні аргументи і ін.), тоді наведені функції повертають порожню матрицю.

Це легко проконтролювати, використовуючи службову функцію *isempty ( )*.

Непараметричний коефіцієнт варіабельності розчиненого у воді кисню

Розглянемо як приклад два водних об'єкта з істотно різним режимом функціонування.

У роботі були використані середньодобові дані по концентраціям розчиненого у воді кисню за 16-річний період (з 1995 по 2010 роки) для крупої рівнинної річки *(RIVER I)* і крупного водосховища *(RIVER II)* України.

Довжина ряду даних склала 16x365 = 5840 (точок).

Раніше ми вже розглядали аномалії часового ряду концентрації розчиненого кисню, що мають місце при температурі річкової води, близької до температури замерзання [3].

У разі наявності льоду на поверхні водного об'єкта і завдяки процесам окислення ряду речовин у водному середовищі, створюється суттєвий недолік розчиненого кисню.

Таким чином, при температурі води, близької до температури замерзання, принципово можлива гранично низька концентрація кисню.

У зв'язку з цим при температурі, близькій до *0°C*, слід очікувати також найбільший ступінь варіабельності розчиненого кисню, оскільки при цьому лід на поверхні водойми може як бути (дуже малий вміст розчиненого кисню), так льоду може і не бути (вміст розчиненого кисню досить великий).

Оскільки вихідні дані не підкоряються нормальному розподілу, в якості "середнього" була використана "медіана" [2].

На рис.1 представлений хід медіани для значень *(RIVER I)* і *(RIVER II)* по днях календарного року.

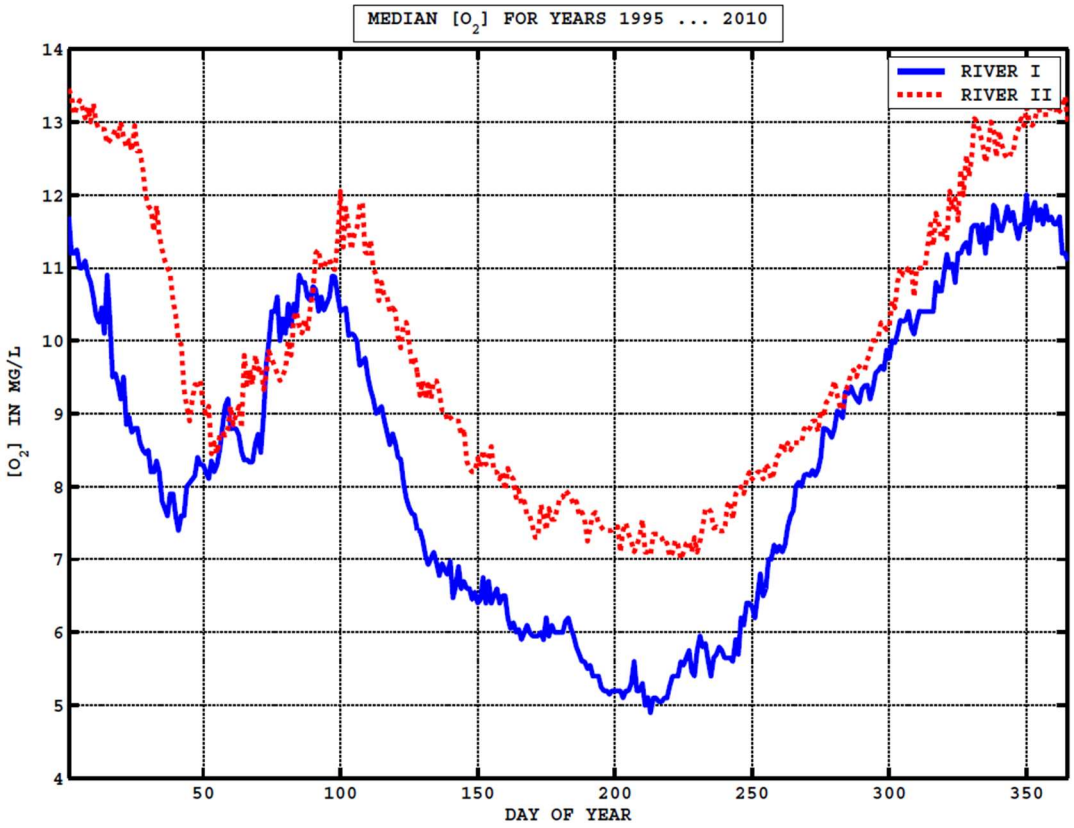


Рисунок 1 – Хід медіани концентрації розчиненого кисню для крупної рівнинної річки *(RIVER I)* і крупного водосховища *(RIVER II)*.

Figure 1 –Move median of concentration of the dissolved oxygen for large flat river *(RIVER I)* and for large water reservoir *(RIVER II)*.

При побудові графіка був використаний той же підхід, як це прийнято в метеорології при оцінці "метеорологічної норми".

Як видно, графіки для *(RIVER I)* і *(RIVER II)* йдуть досить злагоджено, проте концентрація розчиненого кисню у водосховищі помітно більше, ніж у річці.

Методика оцінки відмінностей базувалась на методі непараметричного бутстрепа [4]. Факт наявності відмінностей був встановлений статистично. Використовували рівень значущості 0.05 (5%), зазвичай прийнятий для задач гідроекології.

На рис. 2 наведено графік ходу непараметричного коефіцієнта варіабельності. При цьому вихідні дані оброблялися відповідно до методики, аналогічної побудови медіан. Зрозуміло, що в цьому випадку замість значень медіан знаходили значення *NPCV*.

Як видно з рисунка, мінімальні значення варіабельності розчиненого кисню спостерігаються для 25 ... 75-х чисел календарного року, тобто припадають на кінець січня - початок (або навіть середину) березня.

Крім того, пік варіабельності розчиненого у воді кисню для водосховища спостерігається помітно пізніше, ніж для річки. При цьому слід зазначити, що відстань між пунктами спостережень для річки і водосховища було невеликим.

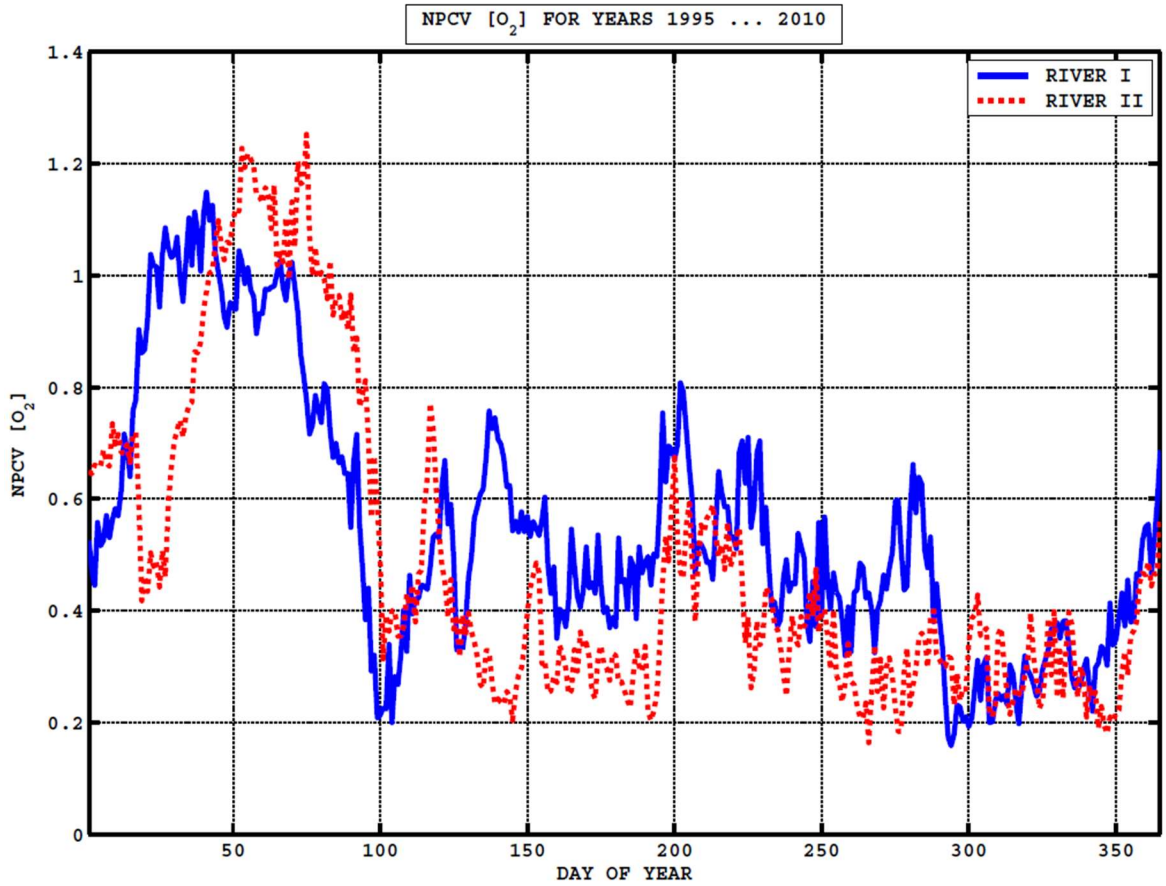


Рисунок 2 – Хід величини непараметричного коефіцієнта варіабельності концентрації розчиненого кисню для крупної рівнинної річки *(RIVER I)* і крупного водосховища *(RIVER II)*.

Figure 2 – Move of the value of nonparametric factor of variability concentration of the dissolved oxygen for large flat river *(RIVER I)* and for large water reservoir *(RIVER II)*.

Як відомо, для екологічних процесів абсолютно звичайним явищем є наявність досить великого числа аномальних значень в рядах даних.

У зв'язку з цим ми спеціально врахували цей факт, зберігши більшу частину аномалій. З цією метою використовували квантилі рівнів 0.95 і 0.05, а не квантилі, наприклад, рівнів 0.75 і 0.25 відповідно.

Оскільки більшість природних явищ і процесів не описуються нормальним законом розподілу, має сенс у всіх випадках використовувати метод оцінки варіабельності, запропонований в даній роботі.

Висновки

1. З урахуванням особливостей природних часових рядів (не підкоряються закону нормального розподілу, містять значну кількість аномальних значень та ін.), розроблений метод оцінки варіабельності таких рядів - метод непараметричної варіабельності.

2. Практичне використання методу оцінки непараметричної варіабельності показаний на прикладі оцінки часових рядів середньодобових концентрацій розчиненого у воді кисню (як для крупної рівнинної річки, так і крупного водосховища України)

3. В результаті дослідження встановлено, що значно більшою інформативністю володіє не варіабельність часового ряду в цілому, а варіабельність з урахуванням сезонності (по днях, місяцях, кварталах і ін.).

4. Максимальні значення варіабельності розчиненого кисню спостерігаються переважно для 25 ... 75-х чисел календарного року, тобто на кінець січня - початок (або навіть середину) березня. При цьому пік варіабельності розчиненого у воді кисню для водосховища спостерігається значно пізніше, ніж для річки.

Перелік посилань

1.Шитиков В.К. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения/ В.К. Шитиков. Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко. –М.: Наука, 2005. –Кн. 1, 281с.; Кн. 2, 337 с.

2.Артеменко В.А. Сучасні статистичні методи обробки екологічних даних/В.А. Артеменко, В.В. Петрович// Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, вип. 105. –К.: Вид-во Націон. трансп. ун-ту. – 2019. – С. 35-43.

3.Артеменко В.А. Сезонна динаміка біогенних речовин крупних водних об’єктів/В.А. Артеменко, В.В. Петрович// Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, вип. 104. –К.: Вид-во Націон. трансп. ун-ту. – 2018. – С. 31-43.

4.Шитиков В.К. Рандомизация и бутстреп: статистический анализ в биологии и экологии с использованием R / В.К. Шитиков, Г.С. Розенберг. - Тольятти: Кассандра, 2013. - 314 с.

NONPARAMETRIC FACTOR OF VARIABILITY OF HYDROECOLOGICAL TIME SERIES

Artemenko Vladislav A., Master of Ecology, Ukrainian Hydrometeorological Institute, State Service on Emergencies of Ukraine and National Academy of Science of Ukraine, Hydrochemical Research, Scientific Enployee, 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. Nonparametric factor of variability is offered for improvement of the estimation of variability of time series. By means of this nonparametric factor in this article is considered change of variability of hydroecological time series depending on season of the year. Considered nonparametric method is allows to find factor of variability practically for any natural time series.

Keywords: hydroecological time series, processing the original data, anomal values, nonparametric factor of variability of time series, dissolved oxygen in water.

References

1. Shitikov V.K. Kolichestvennaya gidroekologiya: metody, kriterii, resheniya/ V.K. Shitikov. G.S. Rozenberg, T.D. Zinchenko. –M.: Nauka, 2005. –Kn. 1, 281s.; Kn. 2, 337 s.

2. 2.Artemenko V.A. Suchasni statystychni metody obrobky ekolohichnykh danykh/V.A. Artemenko, V.V. Petrovych// Avtomobil′ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo, vyp. 105. –K.: Vyd-vo Natsion. transp. un-tu. – 2019. – S. 35-43.

3. Artemenko V.A. Sezonna dynamika biohennykh rechovyn krupnykh vodnykh ob’yektiv/V.A. Artemenko, V.V. Petrovych// Avtomobil′ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo, vyp. 104. –K.: Vyd-vo Natsion. transp. un-tu. – 2018. – C. 31-43.

4. Shytykov V.K. Randomyzatsyya y but·strep: statystycheskyy analyz v byolohyy y ékolohyy s yspol′zovanyem R / V.K. Shytykov, H.S. Rozenberh. - Tol′yatty: Kassandra, 2013. - 314 s.

УДК 528.4:625.7 **DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-109-118**

ДИСТАНЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ЛІСІВ В МЕЖАХ ВПЛИВУ ОБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТУ

FOREST AREAS REMOTE MONITORING WITHIN THE LIMITS OF TRANSPORT OBJECTS IMPACT



Ляшенко Дмитро Олексійович, *доктор географічних наук, доцент, ННІ «Інститут геології», Київський національний університет імені Тараса Шевченка, професор кафедри геоінформатики, e-mail: uageog@gmail.com, тел. +380673235684,*

https://orcid.org/0000-0001-5588-0322



Павлюк Дмитро Олександрович, *доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, e-mail: ntupavlukd@gmail.com, тел. +380672099378,*

https://orcid.org/0000-0003-4493-4238



Беленок Вадим Юрійович, *кандидат фізико-математичних наук, Національний авіаційний університет, доцент кафедри аерокосмічної геодезії та землеустрою, e-mail: belenok.vadim@gmail.com, тел. +380637529111,*

https://orcid.org/0000-0001-5357-7493, SCOPUS id 57204324241



Бабій Віталій Васильович, *ННІ «Інститут геології» Київський національний університет імені Тараса Шевченка, асистент кафедри геоінформатики, e-mail: vitbabii@gmail.com, тел. +380935467006,*

https://orcid.org/0000-0003-3462-5407

Анотація. У статті розглянуті питання використання даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для завдань забезпечення збалансованого природокористування на територіях у межах впливу об'єктів транспортної інфраструктури. Визначено особливості дистанційного моніторингу для завдань проєктування транспортних мереж та в процесі їхньої експлуатації. В роботі проаналізовано розвиток сучасних дистанційних методів (супутникові зйомки, застосування мобільних сенсорів, встановлених на автомобілях або на літальних апаратах). Здійснено короткий огляд методів збору просторових даних для задач управління розвитком територій в межах впливу об'єктів транспортної інфраструктури (автомобільних доріг, залізниць тощо). У статті розглянуто досвід використання технологій ДЗЗ для моніторингу змін параметрів лісового покриву в Закарпатській області на ділянках прилеглих до транспортних магістралей, за космічними знімками Landsat.

Ключові слова: просторові дані, об'єкти транспорту, автомобільні дороги, будівництво та експлуатація доріг, ДЗЗ, просторові дані, картографування, дистанційний моніторинг, вразливість, лісовий покрив.

Вступ. Загальновідомо, що розвиток транспорту є одним з основних передумов та засобів забезпечення добробуту, мобільності та якості життя населення. Поліпшення доступу до ринків праці, житла, товарів і послуг є важливим для реалізації цілей розвитку територій та громад. Забезпечення вільного переміщення людей є важливим як в соціальному, так і економічному аспектах життєдіяльності суспільства. З іншого боку, в багатьох екологічно вразливих регіонах нині практично неможливо здійснювати будівництво нових об'єктів транспортної інфраструктури внаслідок підвищення рівня шуму, обмежень в просторі або можливого негативного впливу руху важкого вантажного транспорту на біорізноманіття та ландшафти.

Є сподівання, що перспективний розвиток мережі автомобільних доріг та дорожньої інфраструктури в Україні передбачає дотримання вимог сталого (збалансованого розвитку). В основу цієї концепції було покладено усвідомлення свідомими фахівцями та громадянами різних країн існування …«взаємозв'язку екологічних, економічних і соціальних проблем розвитку людства та розуміння того, що їх вирішення можливе тільки на комплексній основі, на основі врахування балансу інтересів розвитку природи й суспільства з огляду на інтереси теперішніх і прийдешніх поколінь» [4].

Мета і методи. Виходячи з актуальності питань досліджень впливу транспорту на умови збалансованого розвитку території, слід максимально забезпечити системний підхід до проектування транспортної інфраструктури з урахуванням економічних, соціальних, екологічних вимог (ефективність господарювання, якість життя населення та збереження природних екосистем (або мінімального антропогенного впливу на них). З одного боку розвинена мережа автодоріг збільшує інвестиційну привабливість території та сприяє її економічному зростанню, з іншого боку, транспортна інфраструктура не повинна руйнувати природні екосистеми. Зростання рівня обізнаності фахівців щодо змін ландшафтів в процесі проектування, будівництва та експлуатації об'єктів транспортної інфраструктури може забезпечити мінімальну антропогенну трансформацію ландшафтів (порушення природного горизонтальної та вертикальної структури ґрунтів, забруднення ґрунту токсикантами; руйнування природних оселищ; забруднення атмосфери; загрози біорізноманіттю та зниження біопродуктивності аборигенної флори та фауни, збільшення засилля інвазійних видів, вплив на ландшафти що потребують особливої охорони в межах природоохоронних об'єктів). Для забезпечення балансу інтересів місцевих громад та бізнесу за участі державних органів як регуляторів природокористування та прийняття обґрунтованих управлінських рішень, конче необхідне використання різноманітних наборів просторових даних достатньої точності та актуальності (рельєф, гідрологія, ґрунти, рослинність).

Мета публікації полягає у визначенні змісту дистанційного моніторингу територій, що прилеглі до об'єктів транспортної інфраструктури та здійсненні апробації визначення змін лісовкритих площ на території Карпатського регіону шляхом оброблення космічних знімків високого розрізнення.

Об'єктом дослідження є смуги (зони) впливу об'єктів транспортної інфраструктури, – території, що прилягають до автомобільної дороги (залізниці), в межах яких проявляється її вплив на навколишнє середовище в ході будівництва та експлуатації [3]. В роботі використано наступні **методи:** аналізу та узагальнення літературних джерел, геоінформаційного моделювання (класифікації лісів, виробок та інших ландшафтів на основі аналізу космічних знімків високого розрізнення).

Результати і пояснення. З метою оцінювання впливу управлінських рішень на розвиток територій впливу автомобільних доріг варто використати концепцію вразливості (the vulnerability concept), яка складається з трьох елементів [4]: (1) впливу, який відноситься до стресових факторів та порушень, пов'язаних з експлуатацією доріг, що негативно впливає на функціонування екосистем, (2) чутливість, яка визначається структурою навколишніх ландшафтів та пояснює реакцію екосистеми на антропогенний вплив різної інтенсивності, та (3) адаптаційна здатність екосистем, яка є соціальною та екологічною здатністю системи змінюватися або змінювати свої характеристики, щоб зменшити її вразливість або поліпшити здатність функціонувати під час навантаження [8].

Потенційні негативні наслідки або втрати в якості та забезпеченості населення держави екосистемними послугами вимагають вимірювання параметрів екосистем, їхнього моніторингу та розроблення прогнозів. Вразливість можна оцінити за допомогою різних показників, агрегованих індексів та шляхом картографування. Концепція вразливості може допомогти наочно пояснити складні проблеми природокористування особам, які приймають рішення, та вдосконалити розуміння розвитку лісових екосистем.

Вплив доріг, залізниць та інших об'єктів транспортної інфраструктури на ландшафти змінюється протягом їхнього життєвого циклу і детально описаний у посібнику [2]. Всі етапи цього циклу повинні бути розглянуті з позицій оцінювання їхнього впливу на середовище. Загальновідомі чотири головні етапи життєвого циклу об'єктів транспортної інфраструктури: проектування, будівництво, експлуатація, ліквідація.

В процесі проектування доріг важливо здійснити якісне екологічне обґрунтування проекту. Екологічні параметри конструкції насипу, дорожнього одягу, дренажної системи визначає майбутній вплив дороги чи залізниці на природу. Для створення якісного проекту вже на початковому етапі життєвого циклу потрібно забезпечити наявність даних про біорізноманіття та екологічні коридори

В ході будівництва доріг здійснюється вплив на ландшафти та біоту значно інтенсивніший, ніж в процесі їхньої експлуатації. Будівництво доріг передбачає будівництво транспортних розв'язок, огорож, бар'єрів, перенесення місцевих доріг, облаштування дренажу, шумозахисних бар'єрів, резервуарів для забрудненої води, мостів тощо. Головними особливостями впливу дорожнього будівництво на ландшафти є такі: (1) створення нових штучних оселищ, де будуть переважати інвазійні види рослин; (2) рекультивація майданчиків після будівництва; (3) вплив дороги та її елементів на підземні та поверхневі води; (4) можливість загибелі тварин на будівельних майданчиках та необхідність вжити запобіжні заходи; (5) шум, викиди та забруднення природного середовища під час будівництва. В процесі будівництва наземна транспортна інфраструктура впливає на літосферу, змінює гідрологічний режим, можлива активізація зсувних процесів, підтоплення.

Будівництво доріг впливає на природне середовище (ландшафт), зокрема на міграцію видів диких тварин та розвиток природних й напівприродних типів оселищ. Одним із найпоширеніших небезпечних явищ такого впливу є зіткнення тварин із транспортними засобами. Крім цього існують й інші явища, які є менш помітними на перший погляд, проте створюють непрохідні бар'єри для міграції видів тварин, зокрема, автомобільні та залізничні шляхи. Вони розділяють ландшафт на дрібні й ізольовані ділянки, які більше не можуть забезпечувати умови для довготривалого виживання популяцій цих видів. Цей небезпечний процес називається фрагментацією навколишнього природного середовища.

В ході експлуатації доріг, яка за часом є найбільш тривалою, відбуваються такі негативні явища та процеси: (1) бар'єрний вплив дороги на ландшафт, (2) загибель тварин на дорогах, людські жертви внаслідок зіткнення з тваринами та збитки, пов'язані з аваріями, (3) викиди газоподібних, рідких і твердих забруднювальних речовин транспортними засобами, і, як наслідок, забруднення прилеглої території; (4) шумове забруднення від транспорту; (5) забруднення середовища речовинами, що використовуються для літнього та зимового обслуговування доріг; (6) як позитивні, так і негативні наслідки створення нових оселищ на ділянках, розташованих поблизу доріг.

Зважаючи на тривалий термін функціонування доріг, найчастіше передбачається часткова реконструкція, а не цілковита ліквідація об'єкта транспортної інфраструктури. На цьому етапі проект реконструкції найчастіше передбачає оброблення, утилізацію та ліквідацію будівельних відходів.

Вибір оптимальних маршрутів будівництва об'єктів транспортної інфраструктури повинен супроводжуватися розробленням моделі екомережі та забезпечення її цілісності (плануванням просторової мережі природоохоронних територій, розмежуванням коридорів міграції, сполученням території для деяких видів великих ссавців. Розвиток мережі ключових територій та міграційних коридорів для

великих ссавців спирається на виявлення лісових масивів та визначення їхніх кількісних і якісних характеристик. Ці питання, нині на жаль часто відсутні у законодавстві [2].

Заслуговує на увагу зміст та завдання дистанційного моніторингу територій, що прилеглі до об'єктів транспортної інфраструктури. Моніторинг розрізняється за функціональними завданнями, територіальним охопленням, призначенням, а також за вимогами до просторової і тематичної детальності одержуваної інформації [5]. Відомо, що моніторинг лісів - це система регулярних спостережень, оцінки та аналізу інформації про стан лісів та прогнозування його змін з метою забезпечення інформаційно-аналітичної підтримки прийняття рішень щодо сталого управління лісами. Дані отримані за результатами такого моніторингу є корисними також для завдань проектування транспортних мереж держави.

Як уже відзначалося в процесі проектування визначається оптимальне положення майбутньої дороги та можлива її майбутня взаємодія з компонентами ландшафту. Одним з динамічних компонентів ландшафту є ліс. Лісові території зазнають змін унаслідок будівництва та експлуатації автомобільних доріг. Шляхом порівняння можна визначити місця рубок лісу та відновлення рослинності на місці рубок. Території поблизу головних автомобільних трас зазнають підвищеного антропогенного впливу внаслідок нерегламентованої рекреаційної діяльності.

Основними засобами збирання просторових даних нині стають дистанційні спостереження. Наземні методи отримання даних нині втрачають своє значення через порівняно більші трудовитрати. Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) - це спосіб отримання інформації про земну поверхню та розташовані на ній об'єкти шляхом реєстрації електромагнітного випромінювання, що відбивається від них, без безпосереднього контакту. Застосування матеріалів супутникового дистанційного зондування для дослідження лісів, в тому числі і лісових масивів, які знаходяться в межах впливу об’єктів транспорту в Україні розпочалось з середини 1990-х років, коли стався прорив в розвитку геоінформаційних систем викликаний широким застосуванням комп’ютерних технологій, які дали змогу перетворення даних ДЗЗ в цифровий формат для їхньої подальшої обробки. За типом сенсора ДЗЗ виділяють:

а) методи з пасивними сенсорами, що використовують або власне випромінювання предметів, або сонячне світло, що відбивається від їхньої поверхні та фіксується апаратом;

б) методи з активними сенсорами, що здійснюють випромінювання в напрямку земної поверхні сигналу та прийом відбитого сигналу. Зазвичай таке знімання здійснюється в радіодіапазоні. Перевагою цього методу є можливість виконання знімань в темний час доби та незначний вплив погодних умов: туману, хмарності. Радарне знімання використовується для визначення форми поверхні (рельєфу) [7] та вивчення її геологічної структури.

Перша велика група методів полягає у фіксації власного випромінювання об'єктів в оптичному (фотознімання; сканерне знімання) та інших (теплове, гіперспектральне, мультиспектральне) діапазонах електромагнітних хвиль.

Досить часто, говорячи про дистанційне зондування, мають на увазі фотознімання та сканерне знімання. Фотознімання, - це фотографування поверхні у всьому видимому діапазоні спектру чи певній його частині, а також в інфрачервоному діапазоні. Фотознімання є найбільш звичною для людини формою представлення інформації, яке за допомогою багатозонального знімання дозволяє підвищити якість і достовірність дешифрування. В задачах моніторингу лісових масивів можна використовувати для виявлення границь рослинності, захворювання рослинності тощо. Недоліком фотознімання є неможливість спостережень в нічний час та при несприятливих метеорологічних умовах, чутливість фотоматеріалів до проникаючої радіації та необхідність доставки фотоматеріалів на Землю.

Телевізійне аерокосмічне знімання - має більшу оперативність і автономність роботи в порівнянні з фотознімання, що дозволяє використовувати телевізійне знімання для постійного спостереження за різними явищами. За способом запису та передачі відеоінформації виділяють оптичне,

оптико-механічне і фото-телевізійне знімання. За спектральним діапазоном телевізійне знімання охоплює довгохвильову частину УФ-діапазону (0,3-0,4 мкм), видиму і ближню інфрачервону область (0,4-0,9 мкм) спектру. Одним з ефективних приладів відеознімання є телевізійні камери, на виході з яких формується видиме зображення об'єкту. Серед недоліків телевізійного аерокосмічного знімання виділяють гіршу в порівнянні з фотознімання роздільну здатність, більші геометричні та радіометричні спотворення, обмежений погодними умовами і освітленістю часовий діапазон спостережень.

Сканерне знімання - знімання поверхні за допомогою оптичних або багатоспектральних пристроїв - сканерів. Відміною таких пристроїв від фотокамер є те, що сканер знімає зображення не цілком, а по рядках. Скануючий пристрій рухаючись вздовж або вздовж і поперек маршруту знімання рядок за рядком поступово фіксує відбитий від об'єкта сигнал, в результаті чого утворюється растрове зображення, що складається з послідовних смуг. Скануючі пристрої сприймають теплові або світлові сигнали, які трансформуються в електричні за допомогою ПЗЗ-лінійки чи ПЗЗ-матриці та кодуються у цифрову форму в пристрої реєстрації. Використовуючи спеціальні фільтри можна отримати спектральні сигнали в дуже вузькому (до нанометрів) діапазоні, що дає можливість отримувати зображення багатьох характеристик рослинного покриву і лісів. Говорячи про дистанційне збирання просторових даних, перш за все йдеться про знімання Землі з космосу. Проте, до цього способу збору даних відноситься і аерофотознімання, знімання з безпілотного літального апарату (БПЛА) та інші. Знімання з БПЛА не містить суттєвих відмінностей від фото і телевізійного знімання, значно поступається супутниковому моніторингу по величині охоплення площ, але є менш залежним від погодних умов (особливо впливу хмарності) в порівнянні з пілотованою авіацією та космічним зніманням.

Нині фахівці використовують ряд носіїв знімальної апаратури та сенсорів різних типів, що виконують збір даних різними дистанційними методами. Серед них значну роль відіграють комерційні космічні апарати, знімки з яких доступні для використання широкому колу користувачів в усьому світі.

Друга група методів базується на активних сенсорах. Радіолокаційне знімання – активний метод знімання, який передбачає отримання зображень поверхні за допомогою відбитих радіопроменів. Характеризується суттєвими перевагами: незалежністю від метеорологічних умов і часу доби, незалежністю роздільної здатності на місцевості від віддалі до різних елементів на поверхні, яка знімається, можливістю передачі інформації по каналам зв’язку на великі відстані. Проте основним недоліком радіолокаційного знімання є низька роздільна здатність, його можна використовувати для визначення типу, границь та висоти рослинного покриву та значних форм рельєфу.

Лазерне сканування – це технологія отримання інформації про рельєф та об’єкти місцевості за допомогою лазерного променю. Кінцевим результатом виконання лазерного сканування є визначені просторові координати точок земної поверхні (хмара точок лазерних відображень). Сукупність точок відбиття лазерних променів утворює нерегулярну сітку зі значною кількістю таких точок. За цими даними математичним способом можна, після камерального доопрацювання, отримати цифрову модель рельєфу (ЦМР) та цифрову модель місцевості (ЦММ) у вигляді регулярної сітки. Лазерне сканування має такі переваги: маленька розбіжність пучка, яка визначає кутову роздільну здатність системи, висока енергетична потужність пучка, когерентність та вузький спектральний діапазон випромінювання, знімання можна виконувати в будь-який час. Роздільна здатність при лазерному зніманні залежить від товщини лазерного променю. Лазерне сканування поділяється на повітряне (авіаційне) лазерне сканування та наземне лазерне сканування.

Лідарне знімання - активне знімання поверхні шляхом неперервної фіксації відбиття від поверхні, яка опромінюється лазерним випромінюванням з фіксованою довжиною хвилі. Частота випромінювання налаштовується на резонансні частоти поглинання підстилаючої поверхні. Технологія існує з 1960-х років, коли лазерні сканери були встановлені на літаках. І тільки в кінці 1980-х років, з

появою комерційних систем глобальної супутникової навігації (ГНСС), ці дані стали корисним інструментом для збирання просторових даних високої точності. Зараз в якості нового технологічного прориву для аеродинамічного лазерного сканування активно впроваджується однофотонна технологія. Для однофотонних систем потрібен лише один виявлений фотон порівняно із сотнями або навіть тисячами фотонів у звичайному лідарі. В результаті може бути досягнута така щільність імпульсів яка в десять-сто разів є вищою порівняно зі звичайними датчиками. *Наземне лазерне сканування (НЛС)* - це сучасна технологія, як дозволяє з високою швидкістю та точністю визначати координати значної кількості точок на поверхні об'єктів, які характеризують його форму, розміри та розташування в просторі. Суть НЛС полягає у вимірюванні відстаней від сканера до точок об'єкта і реєстрація відповідних напрямків (вертикальних і горизонтальних кутів). Наземне лазерне сканування може бути стаціонарним та мобільним. При стаціонарній зйомці прилад встановлюється нерухомо на штатив, а вимірювання проводиться з кількох точок стояння. Не використовується для лінійних об'єктів. При виконанні мобільного лазерного сканування прилад встановлюється на наземний транспортний засіб (авто, залізничну платформу, тощо). Вимірювання проводиться безперервно під час руху носія. Мобільне лазерне сканування є найбільш безпечним та економічно вигідним методом наземної зйомки лінійних об'єктів, адже основна складність при проведенні зйомок вздовж транспортних магістралей полягає в необхідності повного або часткового обмеження руху. Може використовуватись для проєктування організації дорожнього руху та часткового моніторингу лісових масивів, що знаходяться вздовж транспортних коридорів.

Класифікація методів збирання просторових даних представлена на рисунку 1.



Рисунок 1 – Методи збирання просторових даних.
Figure 1 – The spatial data capture methods.

Дистанційні знімання дозволяють користувачам отримати просторові дані що містять опис місцеположення об'єктів земної поверхні та їхні якісні та кількісні характеристики. Ці дані повинні адекватно описати існування та розвиток компонентів ландшафту у просторі і часі. Дешифрування даних ДЗЗ нині виконуються за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Різні види даних можуть бути використані з різною метою [5].

Радіолокаційні геозображення надають інформацію про вкриті лісом площі, різкі зміни лісових екосистем, лісокористування. Знімки середньої роздільної здатності завдяки мультиспектральній інформації є одними з головних джерел для картографування породного складу лісів, вони дозволяють виявляти динаміку змін в лісових масивах. Знімки високої роздільної здатності дозволяють виявити більшість об’єктів лісового господарства для інвентаризації. Знімки надвисокої роздільної здатності (отримані з космічних апаратів WorldView-1, WorldView-2, GeoEye-1, GeoEye-2 QuickBird та Ikonos) найбільшою мірою задовольняють потребу у визначенні таксаційних показників лісових насаджень, зокрема із застосуванням сучасних методів об'єктно-орієнтованого, яскравісно-текстурного дешифрування, алгоритмів нейромережевого аналізу, а також автоматичних стереовимірювань.

Розглянемо досвід виконання класифікації зміни площ лісів та інших видів ландшафтів на космофотозображеннях отриманих з супутників Landsat: (LT51850261997266KIS00 Landsat 5 TM за 1997-09-23, LT51850262007198MOR00 Landsat 5 TM за 2007-07-17 та LC81850262020266LGN00 Landsat 8 OLI за 2020-09-22 для районів Закарпатської та Івано-Франківської областей (рисунок 2).

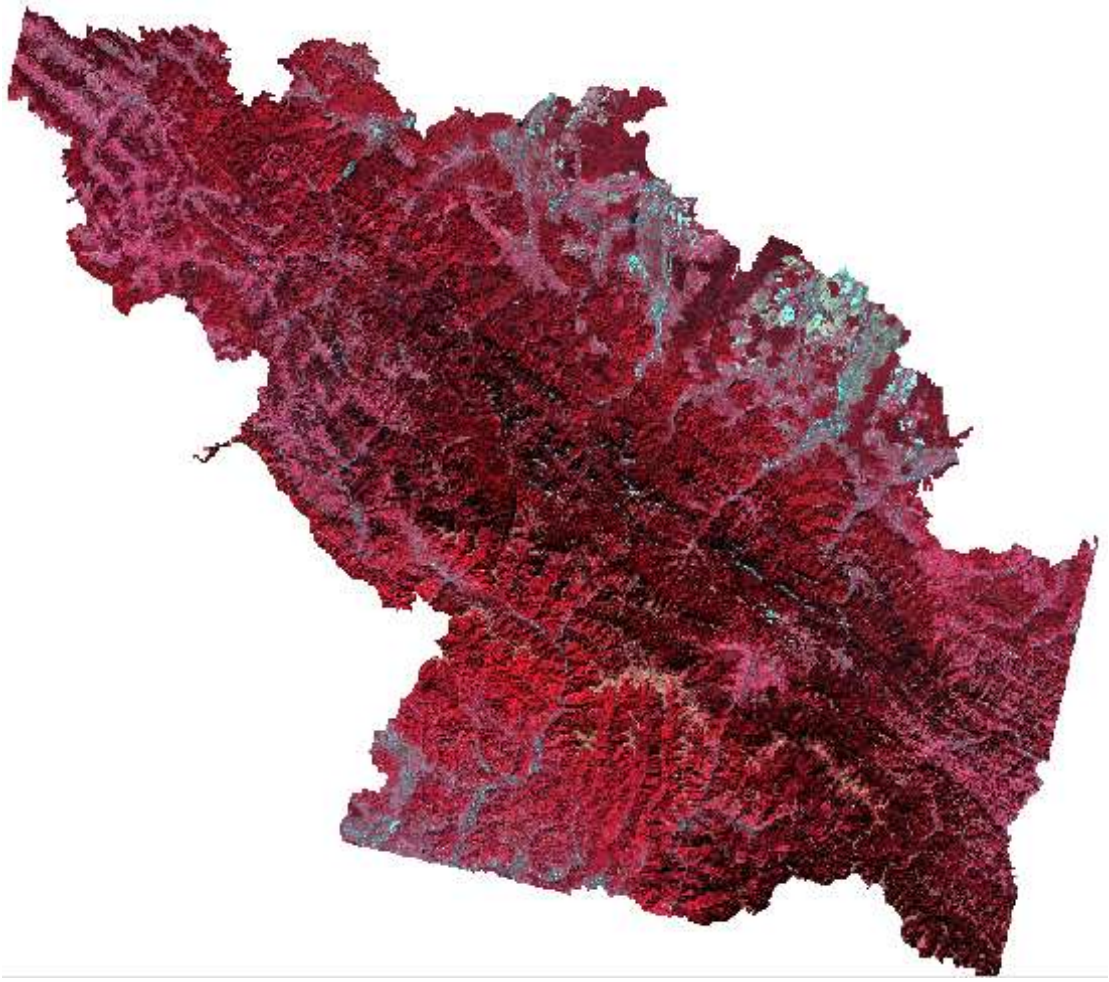


Рисунок 2 – Landsat 8 за 2020 р. комбінація каналів R:G:B = 5:4:3 («штучні кольори»)
Figure 2 – Landsat 8 for 2020 combination of channels R: G: B = 5: 4: 3 ("artificial colors")

Використовуючи комбінації червоного та ближнього інфрачервоного каналів та відповідні властивості рослинності щодо поглинання та відбиття сонячного випромінювання для цих спектральних діапазонів, розрахуємо нормалізований диференційний вегетаційний індекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) за формулою [1]:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED},$$

де NIR і RED – значення спектральної густини енергетичної яскравості в ближньому інфрачервоному та червоному каналах, відповідно. NDVI набуває значень у діапазоні [-1; +1]. Для водних об'єктів NDVI набуває негативних значень; для ґрунтів, сухої рослинності наближається до нуля; максимальних значень набуває для рослинності, що вегетує, і проміжних – для різних станів рослинного покриву. Значення індексу при відсутності рослинності або дуже зрідженого травостою/стеблостою наближається до нуля або має від'ємні величини, характеризуючи голий ґрунт [6]. Для виявлення змін лісового покриву, розрахуємо різниці значень індексів: за період 2007 – 1997 рр. (Рисунок 3) та 2020 – 2007 рр.

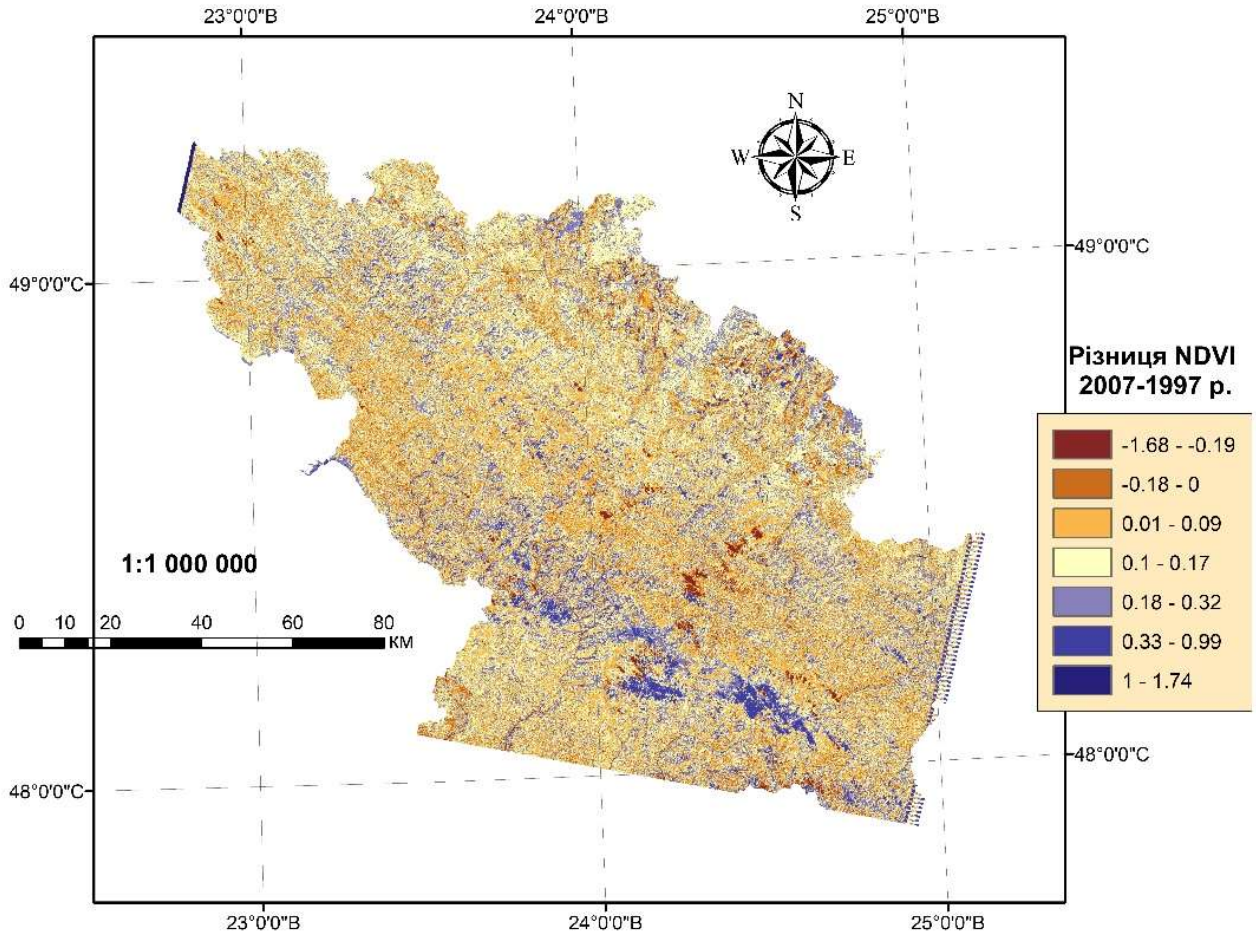


Рисунок 3 – Різниці значень індексів NDVI (2007 – 1997)
Figure 3 – Differences in the values of NDVI indices (2007 - 1997)

На результуючому зображенні добре вирізняються ділянки вирубок, позначені на тематичній карті темно-синім кольором.

Висновки та рекомендації.

Основою для організації моніторингу територій прилеглих до об'єктів транспортної інфраструктури є насамперед матеріали дистанційного зондування. Матеріали ДЗЗ, які відрізняються за методами збирання, просторовою розрізненістю використовуються для отримання різних даних про просторове положення об'єктів на території та їхні якісні і кількісні характеристики.

В роботі розглянуто особливості використання матеріалів дистанційного знімання різного розрізнення. Матеріали зйомки з БПЛА (фото та лідарні), дозволяють отримати хмари точок з координатами. Матеріали наземного лазерного сканування з рухомої платформи та матеріали наземного лазерного сканування дозволяють отримати дані найвищої точності але обмежені вузькою смугою вздовж дороги і потребують використання високовартісного обладнання. Також ці дані не містять атрибутивної інформації про типи угідь породи дерев тощо.

Космознімки різного розрізнення дають можливість визначити різноманітні характеристики ландшафтів території вздовж траси майбутнього об'єкта транспортної інфраструктури та прийняти рішення щодо його оптимальної конфігурації. Насамперед мова йде про типи сільськогосподарських угідь, переважаючі типи рослинності, лісові площі та їх диференціацію за такими типами угідь (вирубки, порослі кущами, свіжі вирубки, вирубки трав'янисті, листяні молоді насадження, хвойні молоді насадження). Згадані методи отримання даних характеризуються оперативністю, швидкістю та якістю просторових даних, отриманих за їхньою допомогою.

Перелік посилань

1. Беленок В. Ю. Використання аерокосмічних методів та методів обробки даних дистанційного зондування Землі для екологічного моніторингу Каховського водосховища. В.Ю. Беленок, Д.І. Деркач, Н.В. Руль. *Вісник Астрономічної школи.* 2017. Т.13, № 1. С.54-63.

2. Вплив транспортної інфраструктури на біорізноманіття: практичний посібник для країн Карпатського регіону. Главач В., Андель П., Матушова Ї., та ін. Дрогобич : Коло, 2019. 228 с.

3. ГБН В.2.3-218-007:2012 Екологічні вимоги до автомобільних доріг. Проектування. Київ, 2012 (Інформація та документація). http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/122.1..pdf (дата звернення: 19.01.2021).

4. Гречко Т. К., Лісовський С. А., Романюк С. А., Руденко Л. Г. Публічне управління в забезпеченні сталого (збалансованого) розвитку. Т. К. Гречко, С. А. Лісовський, С. А. Романюк, Л. Г. Руденко. Херсон : Грінь Д.С., 2015. – 264 с.

5. Слободяник, М. П. Використання методів ДЗЗ та ГІС-технологій для моніторингу лісових ресурсів. *Вісник геодезії та картографії.* 2014. № 1. 27–31.

6. Кохан С. С., Востоков А. Б. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи / [Підручник] Передм. Д. О. Мельничука. – К.: Вища школа, 2009. – 511 с.

7. Liashenko, D. [et.al.]. Landslide GIS modelling with QGIS software. XIV *International Scientific Conference "Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment",* 2020. P. 1-5.

8. Steenberg, J.W.N. [et.al.]. A conceptual framework of urban forest ecosystem vulnerability. *Environmental Reviews.* Vol. 25, 2017. 115-126.

FOREST AREAS REMOTE MONITORING WITHIN THE LIMITS OF TRANSPORT OBJECTS IMPACT

Liashenko Dmytro Oleksiiovych, Doctor of Geographical Sciences, Associate Professor, National Transport University, Professor of Road Design, Geodesy and Land Management Department, e-mail: uageog@gmail.com, +380673235684, https://orcid.org/0000-0001-5588-0322

Pavliuk Dmytro Oleksandrovych, Doctor of Technical Science, Professor, National Transportation University, Professor of Road Design, Geodesy and Land Management Department e-mail: ntupavlukd@gmail.com, +380672099378, https://orcid.org/0000-0003-4493-4238
Belenok Vadym Yuriiovych, candidate of physical and mathematical sciences, National Aviation University, associate professor of Aerospace Geodesy and Land Management Department, e-mail: belenok.vadim@gmail.com, +380637529111, https://orcid.org/0000-0001-5357-7493, SCOPUS id 57204324241
Babii Vitalii Vasylovych, Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology, Assistant of Geoinformatics Department, e-mail: vitbabii@gmail.com, +380935467006, https://orcid.org/0000-0003-3462-5407

Summary. The article studies the issues of using remote sensing data for the tasks of ensuring sustainable nature management in the territories within the influence of transport infrastructure objects. Peculiarities of remote monitoring for tasks of transport networks design and in the process of their operation are determined. The paper analyzes the development of modern remote sensing methods (satellite imagery, the use of mobile sensors installed on cars or aircraft). A brief overview of spatial data collecting methods for the tasks of managing the development of territories within the influence of transport infrastructure (roads, railways, etc.) has made. The article considers the experience of using remote sensing technologies to monitor changes in the parameters of forest cover in the Transcarpathian region (Ukraine) in areas near to highways, by use Landsat imagery.

Key words: spatial data, transport facilities, highways, road construction and operation, remote sensing, spatial data, mapping, remote monitoring, vulnerability, forest cover.

References

1. Belenok V. Yu. [et.al.]. (2017). Vykorystannia aerokosmichnykh metodiv ta metodiv obrobky danykh dystantsiinoho zonduvannia Zemli dlia ekolohichnoho monitorynhu Kakhovskoho vodoskhovyshcha. Visnyk Astronomichnoi shkoly. 13. 1. 54-63.

2. Vplyv transportnoi infrastruktury na bioriznomanittia: praktychnyi posibnyk dlia krain Karpatskoho rehionu. (2019) Hlavach V., Andel P., Matushova Yi., ta in. Drohobych. Kolo. 228 c.

3. HBN V.2.3-218-007:2012 (2012) Ekolohichni vymohy do avtomobilnykh dorih. Proektuvannia. Kyiv, (Informatsiia ta dokumentatsiia). http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/122.1..pdf (data zvernennia: 19.01.2021).

4. Hrechko T. K., Lisovskyi S. A., Romaniuk S. A., Rudenko L. H. (2015) Publichne upravlinnia v zabezpechenni staloho (zbalansovanoho) rozvytku. Kherson. 264.

5. Slobodianyk, M. P. (2014) Vykorystannia metodiv DZZ ta HIS-tekhnolohii dlia monitorynhu lisovykh resursiv. Visnyk heodezii ta kartohrafii. 1. 27–31.

6. Kokhan S. S., Vostokov A. B. (2009) Dystantsiine zonduvannia Zemli: teoretychni osnovy / [Pidruchnyk] Peredm. D. O. Melnychuka. Vyshcha shkola. 511.

7. Liashenko, D. [et.al.]. (2020). Landslide GIS modelling with QGIS software. XIV International Scientific Conference “Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment”, 1-5.

8. Steenberg, J.W.N. [et.al.]. (2016). A conceptual framework of urban forest ecosystem vulnerability. Environmental Reviews. Vol. 25, 115-126.

УДК 625.7/.8 DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-119-128

RESEARCH OF METHODS FOR THE PURIFICATION OF SURFACE SEWAGE WATERS FROM HIGHWAYS WITH THE USE OF MODERN FILTERING MATERIALS

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ СТОКІВ З АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ФІЛЬТРУЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ



Ugnenko Yevheniia Borysivna, *Doctor of Technical Science, Professor, Ukrainian state university of railway transport, Head by Researches and Designing communications, geodesy and land management, e-mail: ugnenko.ievgenia@gmail.com, +30675713565,*

https://orcid.org/0000-0002-3945-788X



Sorochuk Nataliia Ihorivna, *Ukrainian state university of railway transport, assistant of the Department of Researches and Designing communications, geodesy and land management, e-mail: nat.sorochuk50@gmail.com, +30953265929,*

https://orcid.org/0000-0002-6042-2681



Tymchenko Olha Mykolaivna, *Candidate of Engineering Science (Ph.D.), Ukrainian state university of railway transport, associate professor of the Department of Researches and Designing communications, geodesy and land management, e-mail: oleka55@gmail.com, +30958307968,*

https://orcid.org/0000-0002-5391-0388



Petrovich VV, *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. +3804428027338,*

https://orcid.org/0000-0003-0422-2535

Summary. The general properties of modern filtering materials of the new generation, such as natural zeolites, are considered. The aspects for the use of natural zeolites for the purification of surface sewage waters from highways are analyzed. It is determined that zeolites are an extremely promising natural raw material, which is characterized by high technological parameters and the absence of negative environmental consequences in their widespread use. Mathematical models of aerobic and anaerobic biological treatment of surface sewage waters are presented. One of the ways to increase the efficiency of biological treatment is the introduction of a biosorption method based on the joint biological and adsorption treatment of sewage waters in time and space. The simulation results made it possible to evaluate the adequacy of the mathematical models

used to describe the dynamics of the purification of surface sewage waters from highways using natural zeolites in order to provide further recommendations and optimal control of sewage treatment plants during biological treatment. An improved mathematical model can be used to determine the quality of surface sewage waters from highways. As a result of experimental studies, the efficiency of using alternative filtering natural materials has been determined. The introduction of new cleaning methods with the use of natural zeolites solves the problem of improving the technical level of roads, traffic safety and environmental performance.

Key words: surface sewage waters from highways, natural zeolites, mathematical simulation, adsorption, concentration of pollutants

Introduction. In modern technologies of water purification one of the main places is filtering processes, and, accordingly, filtering materials. The progressive deterioration of the ecological situation of water objects requires a constant refurbishment of filtering elements, which are subject to increasingly high technological and environmental requirements. The new generation of modern filtering materials include zeolites.

Zeolites are a large group of minerals hydrated with aluminosilicates of alkaline elements (Fig. 1). During the heating of zeolites, water is released gradually, without breaking the crystal lattice. They are colorless or white, sometimes painted in yellow, red colour.



Figure 1 – Natural zeolite
Рисунок 1 – Природний цеоліт

Zeolites are natural and artificial, have selective, adsorption and ion exchange properties, are used in many branches of the economy such as in industry, agriculture and in the processes of water purification.

The absorption of material by zeolites occurs through channels or window-entrances that have certain sizes. Penetrating through these channels within the zeolite can only molecules whose size is smaller than the diameter of the channel. This makes possible the use of zeolites as molecular sieves. About 50 mineral species of natural zeolites are known. These are so-called boiling stones.

In industry, only artificially synthesized zeolites (permutites) are used, they are widely used in water treatment devices, such as adsorbents, ion exchangers, molecular sieves. Also, zeolites have been widely used as catalysts for many processes of petrochemicals and petroleum refining.

Zeolite is an extremely perspective natural raw material, characterized by high technological parameters and the absence of negative environmental effects in their widespread use. They do not swell in water, they are easily machined with subsequent fractionation, have absorption, ion exchange and other properties, are safe for living organisms and therefore of great importance for use in the processes of surface runoff purification.

Materials and methods. Natural zeolites are a relatively new class of mineral raw materials used in the technological processes of purification and posttreatment of sewage waters. In connection with the development of adsorption methods for cleaning liquids more and more there is a lack of adsorbents that have high thermal stability and resistance in acidic surroundings. The acid resistance of natural zeolites can be used in such cases, in which the use of synthetic zeolites is virtually eliminated.

High mechanical strength of a natural mineral allows to exclude granulation of adsorbent. As a result, the cost of natural clinoptilolite, which is determined by the cost of extraction, grinding and dispersion, is several times lower than the cost of synthetic zeolites.

Sokirnitsky zeolite satisfies all the necessary requirements for filtering loads of water treatment plants and belongs to the list of materials that are allowed for use in the processes of purification and concentration of drinking water. According to the mineralogical composition, Sokirnitsky zeolite refers to clinoptilolite, the content of which in the rock is estimated at 75 per cent (this allows the use of this material without prior enrichment). According to the chemical composition klinoptilolit refers to sodium-potassium zeolites [1-3].

Advantages: it has strong sorbing properties, therefore, the more effective material than the filtering materials used in the treatment facilities (coal, sand, crushed anthracite, gravel, quartz, marble, ceramic crumb, metallurgical slag, polymer materials). Disadvantage of this material is washout from filter of a fine fraction of zeolite.

The use of zeolites for the purification of surface runoffs is regulated by technical specifications of TU U 14.5-00292540.001-2001.

The urgency of solving the problems associated with efficiency upgrading of treatment of surface runoff on the adjoining roads of the territories determines the relevance of the topic.

The aim of the work is to compare the efficiency of sorbent cleaning of surface wastewater from petroleum products using zeolite and gravel blend.

Results and Discussion. For a successful solution of problems related to forecasting, operational management and control over the quality of the process of water purification, a complex description of hydrodynamic, hydrochemical and hydrobiological processes is required. Such a description is currently being carried out using methods of system analysis and mathematical modeling. An important part of the system for the evaluation and management of the purification quality of surface sewage waters from highways is the automated monitoring system for wastewater treatment plants [4].

In most cases it is virtually impossible to determine the concentrations of organic substances contained in surface runoff separately. Therefore, when considering biological purification processes, the variation of the total concentration of the pollutant and the total biomass of microorganisms was studied. The process of aerobic biological treatment can be represented in the form of a formalized scheme (Fig. 2) [4-5]

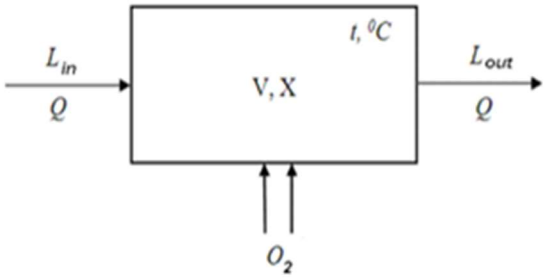


Figure 2 – Formalized scheme: L_{in} – the concentration of surface sewage waters, mg/l; L_{out} – the concentration of purified water, mg/l; V - volume, m^3; Q – runoff of entering sewage waters, m^3/h; X – the concentration of natural zeolite, g/l

Рисунок 2 – Формалізована схема: L_{in} – концентрація поверхневих стоків, що надходить, мг/л; L_{out} – концентрація очищеної води, мг/л; V - об'єм, $м^3$; Q - витрата, стічної води, що надходить, $м^3$/год; X – концентрація природного цеоліту, г/л

On the basis of a detailed analysis of existing waste water treatment systems, an adaptive model of the process of aerobic biological treatment of surface sewage waters from highways with the help of natural zeolite has been improved.

The choice of a mathematical model reflects the hydrodynamics in the existing models of purification processes. For traditional aerotanks, this approach is justified, since there are known dependencies between the length of the reactor and its hydrodynamic characteristics. The mathematical model of the process of purification of surface sewage waters in aerotanks is compiled in the form of a system of differential equations of the material balance, describing the dynamics of changes in pollution concentrations, zeolite and dissolved oxygen [4, 6, 7]:

$$\frac{dL^j_{out}}{dt}=\frac{Q_{liq}(1+R_i)}{V_i}(L^j_{out\ (i-1)}-L^j_{out\ (i)})+R^j_{Li} \quad (1)$$

where $L^j_{out\ (i)}$ and $L^j_{out\ (i-1)}$ – the concentration of the j-th component in the considered i-th test and in the previous one, mg/l;

$V_i = V_a/N_a$ – volume of i-th test, m^3;

V_a – incoming flow rate, m^3/hour;

R_i – coefficient of zeolite recycling;

R^j_{Li} – the speed of consumption of j-th substrate in the i-th test in accordance with an adequate model, mg/l·hour;

$$\frac{dX_i}{dt}=\frac{Q_{lig}(1+R_i)}{V_i}(X_{i-1}-X_i)+R_{X_i} \quad (2)$$

where X_{i-1} and X_i – the concentration of zeolite in the considered i-th test and in the previous one, g/l;

R_{X_i} – the speed of accumulation of zeolite according to an adequate model, gX/l·hour;

$$\frac{dC_i}{dt}=\frac{Q_{lig}(1+R_i)}{V_i}(C_{i-1}-C_i)+KLa(C_a-C_i)+R_{C_i} \quad (3)$$

where C_{i-1} and C_{i-1} – the concentration of oxygen in the considered i-th test and in the previous one, mg/l;

KLa – coefficient of mass transfer of oxygen, $hour^{-1}$;

C_a – concentration of water saturation with oxygen at given temperatures and pressures, mg/l;

R_{C_i} – oxygen consumption speed, mgO_2/l·hour.

As the boundary conditions for the solution of equations (1) - (3) the parameters of the first cell are taken

$$X_{i-1}=\frac{X_r R_i}{(1+R_i)} \quad (4)$$

where X_r – the concentration of zeolite in the recirculation flow, g/l;

$$L^j_{out(i-1)}=\frac{L_{out}R_i+L_{in})}{(1+R_i)} \quad (5)$$

where L_{in} – the concentration of j-th component in surface sewage waters, mg/l;

$$C_{i-1}=\frac{(C_{sv}+C_{vi}R_i)}{(1+R_i)} \quad (6)$$

where C_{sv}, C_{vi} – dissolved oxygen concentration in surface sewage waters and recirculation flow of zeolite, mg/l. They are usually taken $C_{vi}=0$ and in the absence of aeration $C_{sv}=0$.

The most appropriate biochemical kinetics model was chosen to determine the appropriate speeds of consumption of RL substrate, growth of RH biomass and consumption of oxygen in the RC. In the structure of the model, the module of biochemical kinetics is basic and offers a calculation of the purification process for a number of mathematical models of biochemical kinetics, conditionally divided into 2 groups: mono and fixed order. To identify the model constants and determine the most adequate biochemical kinetics model, the following generalized criterion was used:

$$S = \sum_{i=1}^{n} (X_i^{експ} - X_i^{розр})^2 + \sum_{i=1}^{n} (L_i^{експ} - L_i^{розр}) \quad (7)$$

In the world practice, powdered adsorbents are widely used in the processes of aerobic and anaerobic sewage treatment. It is believed that they not only adsorb organic matter, contributing to the biodegradation of pollutions but also create a buffering effect for the biological system against the toxicants contained in the treated wastewater. In this case natural zeolite was used.

Along with the petrochemical enterprises, the largest sources of pollution of the water environment with petroleum products to date are enterprises of the automobile and highway complex.

One of the ways to increase the efficiency of biological treatment is to introduce a method of biosorption based on a common in time and space biological and adsorption wastewater treatment.

A substrate is included in the structure of anaerobic silt in addition to microorganisms. It is a colloidal system, which consists of products of their vital activity. Treated sewage water includes multicomponent organic and inorganic impurities. For biological purification, the process is determined by the presence of three phases: biogas - liquid - flakes of anaerobic silt (conditionally solid phase), for the process of biosorption is the complication of the presence of another solid phase such as adsorbent. The efficiency of acts of biochemical renewal is largely determined by the hydrodynamic situation and the mass of the exchange characteristics of the apparatus [4, 8].

Since one of the elements of the system is an adsorbent, the mathematical model reflects the absorption of substrates by its surface. Thus the mathematical model taking into account adsorption is as follows:

$$\frac{dX}{dt} = \frac{\mu_m XL}{(K_L + L + \frac{L^2}{K_i} + \frac{Me^2}{K_{Me}})} - \beta X \quad (8)$$

$$\frac{dL}{dt} = -K_X (L_c - L_c^*) - K_a (L - L_c^*) \quad (9)$$

$$\frac{dL_C}{dt} = K_X (L_c - L_c^*) - \frac{1}{Y} \frac{\mu_m XL_c}{(K_L + L_C + \frac{L_C^2}{K_i})} \quad (10)$$

$$\frac{dL_A}{dt} = K_A (L_c - L_c^*) \quad (11)$$

$$L_c^* = L_c^* (L) \quad (12)$$

$$L = L (L_A) \quad (13)$$

where L_A – pollution concentration that adsorbed on the surface of the adsorbent, mg/l;

K_A – mass transfer coefficient of pollution to adsorbent, hour^{-1}.

In order to obtain the most complete mathematical model of the process in the biosorbir, it was supplemented for lotic regime with allowance for recirculation.

$$\frac{dX}{dt} = D(X_{вх} - X) + \frac{\mu_m XL_C}{(K_L + L_C + \frac{L_C^2}{K_i})} - \beta X \quad (14)$$

$$\frac{dL}{dt} = D(L_{вх} - L) - K_X (L_c - L_c^*) - K_a (L - L_c^*) \quad (15)$$

$$\frac{dL_C}{dt}=K_X(L_c-L_c^*)-\frac{1}{Y}\frac{\mu_m XL_C}{(K_L+L_C+\frac{L_C^2}{K_i})} \quad (16)$$

$$\frac{dL_A}{dt}=K_A(L_c-L_c^*) \quad (17)$$

$$L_c^*=L_c^*(L) \quad (18)$$

$$L=L(L_A) \quad (19)$$

$$X_{вх}=\frac{rX_r}{1+r} \quad (20)$$

$$L_{вх}=\frac{rL_f}{1+r}+\frac{rL}{1+r} \quad (21)$$

$$D=\frac{1}{t_{пр}} \quad (22)$$

$$t_{пр}=\frac{V}{\upsilon(1+r)} \quad (23)$$

Initial conditions:

$$t=0;L=L_O;L_C=L_{CO};\ L_A=L_{AO};L_f=L_O;\ L_{CO}^*=L_{CO};X=X_O;Xr=X_{rO} \quad (24)$$

where L_f – pollution concentration at the input to the system, mg/l;

$L_{вх}$ – pollution concentration at the input to the device, mg/l;

$X_{вх}$ – biomass concentration at the input (after recycling), mg/l;

X_r – pollution concentration at the input, mg/l;

D – wash speed, hour^{-1};

$t_{пр}$ – time of stay, hour;

r – recirculation factor;

υ – volume flow rate of sewage water, m^3/hour;

V – volume, m^3.

It is noted that biosorbent purification can self-stabilize when exposed to the system from the outside (for example, when volley discharges and change of time of stay) [4, 9].

Thus, the results of simulation modeling allowed to estimate the adequacy of the mathematical models used to describe the dynamics of surface runoff cleaning from highways with the help of natural zeolites with the aim of providing further recommendations and optimal management of sewage disposal plants in biological purification.

In the modern technologies of water purification, the processes of filtration and filtering materials occupy the main place. The progressive deterioration of the ecological situation of water objects requires a constant refurbishment of filtering elements, which are subject to higher technological and environmental requirements. The new generation of modern filtering materials include zeolites.

Experimental studies were carried out in laboratory conditions on model surface sewage waters such as emulsions of petroleum products [10, 11]. Model surface sewage waters was prepared by emulsifying diesel fuel in distilled water while stirring with a mechanical stirrer (3,000 revolutions per minute) for 6-7 min. (Fig. 3-4).



Figure 3 – Use of zeolite samples of different fractions for simulation of surface runoff
Рисунок 3 – Використання зразків цеолітів різних фракцій для моделювання поверхневих стоків



Figure 4 – Simulation of surface sewage waters by emulsifying diesel fuel in distilled water by mixing with a mechanical stirrer
Рисунок 4 – Моделювання поверхневих стоків шляхом емульгування дизельного палива в дистильованій воді при перемішуванні механічною мішалкою

The effectiveness of adsorption purification from petroleum products was investigated in 5 variants of adsorbents. Four zeolite fractions (≤1, 1-3, 3-5, ≥5 mm) and a gravel mixture (3-5 mm) were used as adsorbents for the purification of the model run, which is used in a known method of treatment of washing-off from highways.

The concentration of petroleum products was created in the model sewage waters that typical for rain washing-off from highways, which are formed in the first 10-20 minutes of rain (5-10 mm of precipitation), when the concentration of pollution has the highest value and the outflow from the rain should be cleaned in full [12, 13].

The effect of purification was calculated according to the formula

$$E = (C_{in} - C_{con})/C_{in} \cdot 100 \quad (25)$$

where E – purification efficiency, %;

C_{con} – the concentration of petroleum products in water after purification;

C_{in} – the concentration of petroleum products in water for purification.

The concentration of petroleum products was determined by gravimetric method in accordance with the methodology recommended by the normative documents. The gravimetric method is based on the extraction of petroleum products from the aqueous medium by chloroform, evaporation and removal of the solvent, dissolution of the butts in hexane, separation of the polar compounds on a column with aluminum oxide, removal of the solvent and gravimetric measurement of the residual mass.

The speed of purification increases when the size of the zeolite fraction is reduced, which is typical of the sorption processing methods (Fig. 5-6).

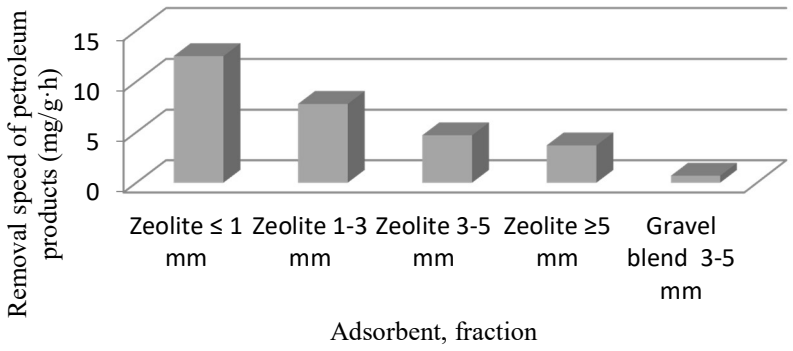


Figure 5 – Removal speed of petroleum products (mg/g·h) with a processing time of 10 minutes
Рисунок 5 – Швидкість видалення нафтопродуктів (мг/г·год) при тривалості обробки 10 хвилин

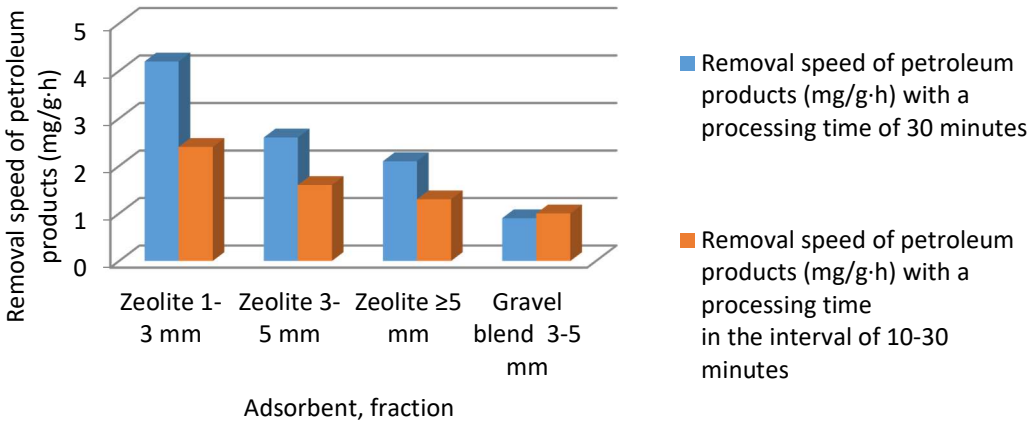


Figure 6 – Removal speed of petroleum products (mg/g·h) with a processing time of 30 minutes and in the interval of 10-30 minutes
Рисунок 6 – Швидкість видалення нафтопродуктів (мг/г·год) при тривалості обробки 30 хвилин та в інтервалі 10-30 хвилин

Results and Discussion. The obtained data have been confirmed by the adsorption mechanism for the removal of petroleum products. As a result of experimental researches, efficiency of the use of alternative natural materials such as zeolites has been determined [14].

Implementation of the newest methods of purification with the use of natural zeolites solves the problem of raising the technical level of highways, traffic safety and ecological functioning.

References

1. Mala hirnicha entsiklopediia : v 3 vol. / za red. V. S. Biletskoho. Donetsk : Skhidnyi dim, 2004-2013.
2. Lazarenko Ye.K., Vynar O.M. Mineralohichnyi slovnyk. K. : Naukova dumka, 1975. 774 s.
3. Stratohrafichna skhema paleohenovykh otlozhenii Ukrainy (unifitsirivanaia). K. : Naukova dumka, 1987.
4. Ponkratova S.A., Emelianov V.M., Sirotkin A.S., Shulaev M.V. Matematicheskoe modelirovanie i upravlenie kachestvom ochistki stochnykh vod. Kazan : Vestnik Kazanskoho tekhnolohicheskoho universiteta. № 6. 2010.
5. Kafarov V.V., Vinarov A.Yu., Hordeev L.S. Modelirovanie biokhimicheskikh reaktorov. M. : Lesnaia promyshlenost, 1979. 344 s.

6. Vavilin V.A. Nelineinye modeli biolohicheskoi ochistki i protsesov samoochishcheniia v rekakh. M. : Nauka, 1983. 158 s.

7. Nahaev V.V., Sirotkin A.S., Ponkratova S.A. Sistema imitatsionoho modelirovaniia protsesa vodoochistki v promyshlenom aerotenke. Masoobmenye protsesy i aparaty khimicheskoi tekhnolohii. 1997. S. 22-29.

8. Sirotkin A.S., Ponkratova S.A., Shulaev M.V. Sovremenye tekhnolohicheskie kontseptsii aerobnoi biolohicheskoi ochistki stochnykh vod. Kazan : Izdatelstvo Kazanskoho hosudarstvenoho tekhnolohicheskoho universiteta, 2002. 160 s.

9. Shulaev M.V. Opytno-promyshlenye ispytaniia biosorbtsionoho metoda obrabotki otrabotanykh SOZH. Tezisy VII Respublikanskoy nauchnoykonferentsii, Kazan. Kazan : Otechestvo, 2007. S. 231-232.

10. MVV № 081/12-0716-10 Grunty. Metodyka vykonannia vymiriuvan masovoi chastky aliuminiiu obminnoho fotokolorymetrychnym metodom. Kharkiv : Ukrainskyi naukovo-doslidnyi instytut ekolohichnykh problem , 2011.

11. Metodyka ekolohichnoi otsinki yakosti poverkhnevykh vod za vidpovidnymy katehoriiamy. Kyiv: Derzhminekobezpeky Ukrainy, 1998. 28 s.

12. Dikarevskii V.S., Kurhanov A.M., Nechaev A.P., Alekseev M.I. Otvedenie i ochistka poverkhnostnykh stochnykh vod. Leninhrad : Stroiizdat, 1980. 224 s.

13. Romanenko V.D., Oksiiuk O.P., Zhukinskii V.N., Stolberh F.V., Lavrik V.I. Ekolohicheskaia otsenka vozdeistviia dorozhnoho stroitelstva na vodnye ob'ekty. Kyiv : Naukova dumka, 1990. 256 s.

14. Uhnenko Ye.B., Yurchenko V.O., Sorochuk N.I., Melnikova O.H., Yanchyk M.V. Vykorystannia pryrodnykh tseolitiv dlia pidvyshchennia efektyvnosti ochyshchennia stokiv z avtomobilnykh dorih. Avtoshliahovyk Ukrainy: naukovo-vyrobnychyi zhurnal. Kyiv : DP "Derzhavtotrans NDI proekt Державтотранс", 2015. № 6 (248). S. 36-39.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХНЕВИХ СТОКІВ З АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ФІЛЬТРУЮЧИХ МАТЕРІАЛІВ

Угненко Євгенія Борисівна, доктор технічних наук, професор, Український державний університет залізничного транспорту, завідувач кафедри вишукувань та проектування шляхів сполучення, геодезії та землеустрою, e-mail: ugnenko.ievgenia@gmail.com, тел. +30675713565. Україна, 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7, к. 1.300. https://orcid.org/0000-0002-3945-788X

Сорочук Наталія Ігорівна, Український державний університет залізничного транспорту, асистент кафедри вишукувань та проектування шляхів сполучення, геодезії та землеустрою, e-mail: nat.sorochuk50@gmail.com, тел. +30953265929. Україна, 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7, к. 1.300. https://orcid.org/0000-0002-6042-2681 .

Тимченко Ольга Миколаївна, кандидат технічних наук, Український державний університет залізничного транспорту, доцент кафедри вишукувань та проектування шляхів сполучення, геодезії та землеустрою, e-mail: oleka55@gmail.com, тел. +30958307968, Україна, 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7, к. 1.205. https://orcid.org/0000-0002-5391-0388

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. +3804428027338, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 138., https://orcid.org/0000-0003-0422-2535

Анотація. Розглянуто загальні властивості сучасних фільтруючих матеріалів нового покоління, таких як природні цеоліти. Проаналізовані перспективи застосування природних цеолітів для очищення стоків з поверхні автомобільних доріг. Визначено, що цеоліти є надзвичайно перспективною природною сировиною, яка характеризується високими технологічними параметрами і відсутністю негативних екологічних наслідків при їх широкомасштабному застосуванні. Представлені математичні моделі аеробної та анаеробної біологічної очистки поверхневих стоків. Одним із способів підвищення ефективності біологічної очистки є впровадження методу біосорбції, заснованого на спільній у часі та просторі біологічної та адсорбційної очистки стоків. Результати імітаційного моделювання дозволили

оцінити адекватність використаних математичних моделей для опису динаміки очищення поверхневих стоків з автомобільних доріг за допомогою природних цеолітів з метою надання подальших рекомендацій та оптимального управління очисними спорудами при біологічній очистці. Удосконалена математична модель може бути використана для визначення якості поверхневих стоків з автомобільних доріг. В результаті експериментальних досліджень визначено ефективність використання альтернативних фільтруючих природних матеріалів - цеолітів. Впровадження новітніх методів очистки із застосуванням природних цеолітів вирішує завдання підвищення технічного рівня автомобільних доріг, безпеки руху та екологічного функціонування.

Ключові слова: поверхневі стоки з автомобільних доріг, природні цеоліти, математичне моделювання, адсорбція, концентрація забруднюючих речовин

Перелік посилань

1. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. Д. : Східний видавничий дім, 2013. Т.3. 644 с.

2. Лазаренко Є.К., Винар О.М. Мінералогічний словник. К. : Наукова думка, 1975. 774 с.

3. Стратиграфическая схема палеогеновых отложений Украины (унифицированная). К. : Наукова думка, 1987.

4. Понкратова С.А., Емельянов В.М., Сироткин А.С., Шулаев М.В. Математическое моделирование и управление качеством очистки сточных вод. Казань: Вестник Казанского технологического университета, № 6. 2010. С. 25-32.

5. Кафаров В.В., Винаров А.Ю., Гордеев Л.С. Моделирование биохимических реакторов. М. : Лесная пром-сть, 1979. 344 с.

6. Вавилин В.А. Нелинейные модели биологической очистки и процессов самоочищения в реках. М. : Наука, 1983. 158 с.

7. Нагаев В.В., Сироткин А.С., Понкратова С.А. Система имитационного моделирования процесса водоочистки в промышленном аэротенке // Массообменные процессы и аппараты химич. техн. 1997. С. 22-29.

8. Сироткин А.С., Понкратова С.А., Шулаев М.В. Современные технологические концепции аэробной биологической очистки сточных вод. Казань : Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2002. 160 с.

9. Шулаев М.В. Опытно-промышленные испытания биосорбционного метода обработки отработанных СОЖ // Актуальн. экол. пробл. РТ: Тезисы. VII Республ. научн. конф. Казань : Отечество, 2007. С.231-232.

10. МВВ № 081/12-0716-10. Ґрунти. Методика виконання вимірювань масової частки алюмінію обмінного фотоколориметричним методом. Затверджено: Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України №250 від 18 липня 2011 р.

11. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. К. : Держмінекобезпеки України, 1998. 28с.

12. Дикаревский В.С., Курганов А.М., Нечаев А.П., Алексеев М.И.Ответдение и очистка поверхностных сточных вод. Л. : Стройиздат, 1980. 224 с.

13. Романенко В.Д., Оксиюк О.П., Жукинский В.Н., Стольберг Ф.В., Лаврик В.И. Экологическая оценка воздействия дорожного строительства на водные объекты. К.: Наук. думка, 1990. 256 с.

14. Угненко Є.Б., Юрченко В.О., Сорочук Н.І.,Мельнікова О.Г., Ячник М.В. Використання природних цеолітів для підвищення ефективності очищення стоків з автомобільних доріг // Автошляховик України. Київ : ДП "Державтотранс НДІ проект", 2015, № 6 (248). С.36-39.

УДК 656.1/.5:658.2 DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-129-146

ПАРАДОКС ТА ПАРАДИГМА СИСТЕМНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ КАФЕДРИ АЕРОПОРТІВ НАЦІОНАЛЬНОГО ТРАНСПОРТНОГО УНІВЕРСИТЕТУ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ (Частина 1)

THE PARADOX AND PARADIGM OF SYSTEM ACTIVITY OF THE AIRPORTS DEPARTMENT OF THE NATIONAL TRANSPORT UNIVERSITY IN UNCERTAINTY CONDITIONS (Part 1)



Гамеляк Ігор Павлович, *доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри аеропортів, Національний транспортний університет, 01010, Україна, Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, ауд. 344, e-mail: gip65n@gmail.com, тел. +380503524124,*

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



Вакарчук Ігор Миколайович*, кандидат технічних наук, доцент, кафедра аеропортів, Національний транспортний університет, 01010, Україна, Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, ауд. 344, e-mail: imvsor@gmail.com, тел. (+38044) 280-70-73,*

https://orcid.org/0000-0002-9693-1744.



Іванова Олександра Олегівна*, студентка кафедри аеропортів, Національний транспортний університет, 01010, Україна, Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, ауд. 344, e-mail: aleks.iv.2718@gmail.com, тел. (+38044)280-70-73,*

https://orcid.org/0000-0003-1563-4586.

Анотація.Стаття розкриває парадокс та парадигму освітньої, наукової й прикладної діяльності на прикладі кафедри аеропортів Національного транспортного університету під час підготовки фахівців для транспортно-дорожнього комплексу за напрямом «Аеропорти, аеродромні конструкції та споруди» та «Системний аналіз в транспортній інфраструктурі» та практики застосування дистанційного навчання в умовах невизначеності пандемії коронавірусу. Представлена авторська модель заснована на принципах встановлення механізму системного впровадження компетентнісного підходу та застосування інноваційних технологій дистанційного навчання, що отримано в процесі аналізу вітчизняного та закордонного досвіду за умов невизначеності пандемії коронавірусу.

Об'єкт дослідження – освітньо-науково-прикладна діяльність кафедри аеропортів, як Лабораторії системних знань та раціональних інфраструктурних рішень у складі Національного транспортного університету, що позиціонується як Регіональний освітньо-науковий логістичний центр на засадах аутсорсингу в умовах дистанційного навчання та невизначеності пандемії коронавірусу.

Мета роботи – встановлення механізму системного впровадження компетентнісного підходу та застосування інноваційних технологій для взаємозв'язку «викладач–студент–роботодавець», що дозволяє у підсумку визначити найбільш ефективні шляхи та засоби досягнення кінцевих цілей освітньої,

наукової й прикладної діяльності в умовах невизначеності пандемії коронавірусу та забезпечення висококваліфікованими кадрами транспортно-дорожній комплекс країни.

Методи дослідження – системний, концептуально-методологічний та програмний підходи.

Встановлення механізму застосування інноваційних технологій для моделі «методи навчання–результати навчання–оцінювання» за компетентнісним алгоритмом «знання теорії–вміння прикладного застосування–навички володіння технологіями» для посилення взаємозв'язку «викладач–студент–роботодавець», дозволить довести результати освітнього процесу до вимог роботодавців та забезпечити транспортно-дорожній комплекс висококваліфікованими кадрами.

Подальший розвиток об'єкта дослідження – впровадження освітньої, наукової й прикладної діяльності Лабораторії системних знань та раціональних інфраструктурних рішень у складі Регіонального освітньо-наукового логістичного центру, для забезпечення висококваліфікованими кадрами транспортно-дорожній комплекс в умовах дистанційного навчання та невизначеності пандемії коронавірусу.

Ключові слова: парадокс, парадигма, кафедра, університет, освітня, наукова та прикладна діяльність, пандемія, невизначеність, системні знання, раціональні рішення.

Постановка проблеми.

Сучасному світові характерна докорінна перебудова суспільного виробництва і життєвого укладу на принципах нової екологічної парадигми та необхідності ціннісної переорієнтації нового політичного та економічного порядку, нових стандартів поведінки і нового типу раціональності в цілому [1]. З огляду на це, останнім часом все частіше відбуваються «підривні» інновації з приводу новітніх технологій: нових енергоджерел для транспортних засобів, підходів до організації поїздок, методик управління транспортними потоками, способів здійснення мандрівок і перевезень тощо, впровадження сучасних проєктів від небезпеки «кліматичного геноциду» до створення віртуальних світів, від гібридних електромобілів до біомімікрії тощо. В контексті нових технологій, організаційних форм та бізнес-моделей важливою є роль наступних інноваторів: корпорації, неурядові організації, університети, розробники програмного забезпечення (ПЗ), наукові установи, місцеві ради та підприємства комунальної власності [2, с. 122]. Зростання конвергенції фізичного та віртуального світів відіграватиме значну роль у наступних десятиліттях, за умови, що технологічна інфраструктура не зазнає якихось серйозних ушкоджень. Віртуальні технології пропонують місце для соціальних зустрічей і занять, бізнесових нарад/угод та інших форм мобільності, у прямому розумінні слова, без вставання з крісла [2, с. 151]. Хартією глобального інформаційного суспільства визначено, що всі люди без винятку повинні мати можливість користуватися перевагами глобального інформаційного суспільства, а стійкість цього суспільства ґрунтується на демократичних цінностях, таких як вільний обмін інформацією і знаннями, взаємна терпимість і повага до особливостей інших людей [3]. Медіакомпетентність виходить за рамки канонічних теорій і методів, та формується під впливом як національних так й транснаціональних тенденцій [4]. У той же час пандемія коронавірусу та локдаун створили парадокс, що разюче розходиться з усталеними процесами у всіх галузях економіки та бізнес-моделі освітньо-наукового сегменту економіки зокрема [5]. Виклики сьогодення довели важливість організовуватися у віддаленому режимі та здатність суспільства щодо вирішення нагальних проблем і робити правильні висновки за умови потрясіння, що влаштував коронавірус. Не менш небезпечною, ніж пандемія, є інфодемія, так як вона безпосередньо впливає на поведінку людей. До таких висновків [6] дійшли вчені та розвінчали небезпечні міфи про коронавірус [7], що переживає населення в різних країнах з початку пандемії. Не випадково в епоху постправди саме університети стають головними експертними майданчиками і верифікаторами інформації, що розбурхує громадську думку. Тому, рекомендації [8, 9] щодо критичного мислення, обов'язкового аналізу отриманих даних, балансу між емоційністю та раціональністю, саморегуляції психоемоційного стану та навичок медіагігієни набувають особливого значення при вирішенні про-

блем української вищої освіти (ВО), що виявив карантин. Також, особливого значення в умовах системних змін, що пов'язані з пандемією коронавірусу, набувають методологічні та онтогенетичні проблеми соціалізації, а також професійна та економічна соціалізації, тобто процесу входження до різних людських спільнот, й адаптації та ресоціалізації особистості [10, с. 16-18; с. 47-52].

Як показав особистий досвід авторів, відсутність контакту між викладачем та студентом, що були за умови аудиторних занять, додає незручностей під час навчального процесу у дистанційному режимі та безпосередньо впливає на якість взаємодії й знижує результати ВО. Серед додаткових негативних факторів впливу на якість навчання є нестабільність мобільного зв'язку, неякісний Інтернет або взагалі їх відсутність, що взагалі унеможливлює контакт зі студентами. Ця тема стає актуальною на найближчу перспективу дистанційного навчання [11] і стосується цифрових навичок щодо вправного оволодіння сучасними технологіями та їх застосування незалежно від режиму навчання; забезпечення якості ВО через ефективні методики викладання, що мають наукове підґрунтя та спонукають до критичного мислення; збереження якості навчального процесу через додаткове навантаження щодо підготовки до онлайн занять; забезпечення системи академічної доброчесності й методів оцінювання, що унеможливлюють студентські практики щодо фальсифікацій та копіювання тощо. Також, необхідний моніторинг й аналіз недоліків або успішних практик для їх перетворення на можливості ефективної реалізації дистанційного навчання.

Враховуючи те, що особливого значення набуває тріада «виклик-потреба-вимога» та втілення інноваційних технологій ВО, в [12] подано бачення моделі «методи навчання - результати навчання - оцінювання» за компетентнісним алгоритмом «знання теорії – вміння прикладного застосування – навички володіння технологіями» для посилення взаємозв'язку «викладач–студент–роботодавець», що доводить результати освіти до вимог роботодавців та забезпечення транспортно-дорожнього комплексу (ТДК) висококваліфікованими кадрами.

Вищенаведені проблеми спонукали авторів дослідити практики застосування дистанційного навчання в умовах невизначеності пандемії коронавірусу та розкрити парадокс та парадигму освітньої, наукової й прикладної діяльності кафедри аеропортів Національного транспортного університету (НТУ) під час підготовки фахівців для ТДК за напрямом «Аеропорти, аеродромні конструкції та споруди» та «Системний аналіз в транспортній інфраструктурі».

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У частині першій даної статті проведений всебічний аналіз вітчизняного та закордонного досвіду застосування інноваційних технологій дистанційного навчання та трансформації ВО за умови невизначеності пандемії коронавірусу. Наукова робота [13] з модернізації ВО в основному розкриває тенденції та пріоритетні напрямки розвитку ВО в Україні з врахуванням міжнародних тенденцій. Проведена паралель між традиційною моделлю навчання та моделлю, що побудована на основі компетентнісного підходу. Охарактеризована роль інноваційних технологій навчання у процесі реалізації компетентнісного підходу у закладах вищої освіти (ЗВО). Висвітлено особистісно-орієнтовану спрямованість інноваційного навчання. Проаналізовані актуальні інноваційні педагогічні технології навчання, що використовуються у системі ВО.

У контексті розвитку продуктивних сил України в умовах становлення інформаційного суспільства у роботі [14] сформульовано основні чинники, що сприяють стійкому розвитку у першу чергу головної продуктивної сили – людини. Розкриваються актуальні концепти і перспективні напрями парадигми стійкого розвитку освітньо-наукового сегменту економіки. Запропоновано авторські погляди щодо напрямів, на яких у подальшому слід зосередити увагу для забезпечення якісних змін на різному рівні у розвитку продуктивних сил на інноваційній основі. Значна увага приділена ресурсному забезпеченню освітньо-наукового комплексу, зокрема кадровому.

Незважаючи на те, що у ЗВО активно розвиваються системи управління навчальним процесом (модульне об'єктно-орієнтоване динамічне навчальне середовище), інформаційно-комунікаційні технології застосовуються переважно як часткові методики в залежності від навчальних цілей і ситуацій [15]. В основу покладена теорія соціального конструктивізму: співробітництво, когнітивізм і самостійна діяльність студентів розглядаються як найбільш вагомі елементи пізнавальної діяльності. Структурно навчальні курси будують у вигляді модульної системи та містять наступні елементи: теоретичний матеріал (тексти лекцій), практичні завдання (задачі, запитання, тести для самоперевірки) та завдання для перевірки знань (тести, віртуальні лабораторні, контрольні, розрахунково-графічні та курсові роботи), відео-додатки (відеолекції, відеодемонстрації) тощо. З'являється концепція відкритої освіти, як система надання освітніх послуг за допомоги засобів, наявних у розподіленому інформаційно-освітньому середовищі, обраних користувачем і адаптованих під його конкретні запити. Визначено, що для ВО характерні освітні технології на основі: особистісної і життєтворчої орієнтації педагогічного процесу; активізації та інтенсифікації діяльності студентів; ефективності управління та організації навчального процесу.

У [16] визначено цифрову систему компетентностей для викладачів (Digital Competence Framework for Educators) з взаємопов'язаних 6 основних областей у 22 складниках, що орієнтована на усі рівні освіти від дитячого садка до вищої та післядипломної освіти, загальної та професійної, навчання осіб з особливими потребами та у неформальних навчальних контекстах. Докладний опис поступу навчання та викладання за рівнями та областями подано на рис 1.

У [17] розкрито сутність робочо-тематичного плану дисципліни/силабусу, за умови дистанційного чи змішаного формату навчання, як «мапи» навчального курсу та «угодою» між викладачем та студентом, що містить елементи, як-от тон та структура, очікування та відповідальність, наявність і доступність. Силабус має бути орієнтований на навчання, розуміння різноманітних поглядів та практик, групове обговорення, розкривати філософію навчання та викладання і створювати середовище партнерства і довіри.

У [18] наголошено, що для запровадження ефективної моделі змішаного навчання необхідно підходити до планування всього процесу вивчення дисципліни, як до сукупності взаємопов'язаних видів навчальної діяльності студентів та містити узгоджені між собою складові за принципом «спочатку дидактика/методика/педагогіка, потім технології»: план тем та видів діяльності, цілі курсу, що співвідносяться з цілями освітньої програми, навчальні результати курсу, оцінка навчальних результатів. Для проєктування чи адаптації курсу, як теоретичного, так і практичного, пропонується використовувати підхід зворотного дизайну, що дозволяє структурувати навчання студентів, орієнтуючись на спеціальне оцінювання, що розроблено для демонстрації їх здобутків у досягнені цілей курсу.

У роботі [19] зазначено, що стрімкий розвиток інформаційного суспільства, проблеми кадрового забезпечення в умовах глобального конкурентного середовища, зниження загального рівня освіти та отриманих знань майбутніми фахівцями та відсутність взаємодії зацікавлених сторін потребує створення накопичувальної системи, як працездатного механізму реформування галузі ВО для стимулювання отримання знань студентами та запобігання і профілактики хабарництва у ЗВО та органах державної влади, підвищення фахового рівня спеціалістів і подальшого забезпечення фахівцями для оперативного, тактичного та стратегічного рівнів управління. З використанням системного підходу, положень теорій прецедентів й прийняття рішень та методів багатокритеріального оцінювання, а також, елементів теорії управління проєктами, програмами та командами, запропоновано створення регіонального банку даних рейтингу студентів, викладачів, фахівців та роботодавців у галузі транспорту та дорожнього будівництва; впровадження накопичувальної системи для використання отриманих базових рейтингових балів у подальшій професійній діяльності; розробку механізму координації та обміну

інформацією між зацікавленими сторонами з подальшим виходом до Глобальної мережі працевлаштування.



Рисунок 1 – Рівні та області поступу навчання та викладання
Figure 1 – Levels and Areas of Progress in Teaching and Learning

Щодо дуальної системи, як методологічної характеристики ВО, слід зазначити, що вона передбачає узгоджену взаємодію освітньої та виробничої сфери з підготовки спеціалістів певної кваліфікації в рамках організаційно відмінних форм навчання. У публікації [20] подано аналіз результатів першого року впровадження дуальної форми (ДФ) здобуття освіти у закладах фахової передвищої (ФПВ) та ВО України, описано підходи до організації співпраці із компаніями з метою підготовки здобувачів за ДФ, вивчено думку сторін щодо переваг та недоліків ДФ, визначено завдання для створення сприятливих умов поширення нових практик, зібрано дані для доопрацювання нормативної бази. Запровадження ДФ здобуття освіти на рівні ФПВ та ВО є актуальним з огляду на швидкий технологічний розвиток, перехід до економіки знань, необхідність скорочення розриву між вимогами до професійних компетентностей фахівців на ринку праці та набутими компетентностями випускників закладів освіти (ЗО). Для ЗО така форма організації здобуття освіти допоможе привернути увагу певної категорії вступників та утримати певну частину здобувачів на старших курсах, а також дійсно оновити зміст освітніх програм, отримати доступ до матеріально-технічної бази роботодавців не тільки для підготовки здобувачів, але й підвищення кваліфікації педагогічних та науково-педагогічних працівників. Крім того, це сприятиме підвищенню конкурентоспроможності здобувачів освіти, які виходять на ринок праці, їх фінансовій незалежності, отриманню досвіду/стажу роботи ще під час навчання, гарантованому отриманню першого робочого місця, полегшить процес працевлаштування після випуску. Роботодавці ж

отримають фахівців з ґрунтовними теоретичними знаннями та затребуваними компетентностями на ринку праці загалом та на окремому підприємстві зокрема, на яких не витрачатимуться ресурси та час для пере/донавчання, знайомства із особливостями роботи в компанії, адаптацію тощо.

Розбудова інклюзивної освіти (ІО) в Україні [21] вимагає вирішення низки завдань на двох рівнях: на державному та на рівні кожного ЗО. На державному рівні – це формування нової філософії державної політики; вдосконалення нормативно-правової бази відповідно до міжнародних зобов'язань України у сфері прав людини; забезпечення конституційних прав і державних гарантій на освіту дітям з особливими освітніми потребами (ООП); вдосконалення системи підготовки педагогічних працівників до роботи з дітьми з ООП. На рівні ЗО – це забезпечення універсального дизайну; розумного пристосування; індивідуального та диференційованого підходу; психолого-педагогічного супроводу дітей з ООП; адаптація змісту та методів навчання; створення сприятливих умов для їхнього навчання та соціалізації; забезпечення якості ІО. Значної уваги потребує вирішення питань проведення вчасної комплексної психолого-педагогічної оцінки розвитку дитини та надання психолого-педагогічних, корекційно-розвиткових послуг, що є визначальною умовою успішності ІО. У контексті європейських цінностей ІО вимагає переорієнтації свідомості суспільства, педагогічних працівників, а також здійснення професійно-педагогічної діяльності з урахуванням принципів толерантності, поваги до індивідуальних особливостей дітей та недопущення дискримінації.

Що стосується закордонних публікацій, слід виділити кілька робіт за нашим напрямом дослідження. За даними [22], наведеними в спеціальному випуску програми міжнародного періодичного онлайн-видання University World News, станом на квітень 2020 року в ізоляції перебували понад 3,4 мільярди осіб в більш ніж 80 країнах, що склало близько 43% населення світу. Свої ЗВО закрили 170 країн, не змогли відвідувати університети і школи близько 1,7 мільярди студентів і учнів, що склало 90% від загальної кількості населення планети, що навчається. Заходи щодо локалізації та соціальної ізоляції призвели до потрясінь, яких система ВО не зазнавала з часів другої світової війни.

Як показали реалії сьогодення, пандемія коронавірусу виявила найуразливіше місце в системі освіти, що заснована на концепції навчання за умов присутності викладачів та студентів одночасно в одному і тому ж місці в авдиторіях. Вирішенням цієї проблеми став перехід на дистанційне навчання, що призвело до проблеми цифрової нерівності ЗВО, викладачів і студентів. З'ясувалося, що значна частина ЗВО, особливо в країнах, що розвиваються, не володіє необхідною технічною і навчально-методичною базою для переходу до онлайн-режиму; наслідком відсутності цифрових компетенцій викладачів і студентів стали тривалі перерви в навчанні і невдоволення з боку всіх учасників навчального процесу. За версією Bloomberg Businessweek навіть в американській індустрії ВО вартістю 600 млрд. дол. США та досвідом «екстерного навчання» наприклад, в зв'язку з ураганом «Катріна», 70% з 1,5 млн. викладачів ніколи не вели віртуальних курсів [5]. Також, пандемія зруйнувала глобальну архітектуру ВО, що пов'язана з проєктами щодо інтернаціоналізації в рамках міжнародної академічної мобільності. Через це найпривабливіші для іноземних студентів ЗВО втратили більшу частину своїх доходів, істотно погіршився фінансовий стан викладачів, адміністраторів і допоміжного персоналу або частина працівників взагалі втратила роботу. Ця ситуація навряд чи покращиться через те, що впали доходи студентів, їх батьків та спонсорів, як основних донорів ЗВО.

За експертними оцінками абітурієнти цього року матимуть нижчий рівень знань і мотивації до навчання, ніж абітурієнти минулих років через перенесення термінів підсумкової атестації в школах та неможливість її здійснення в звичайному режимі. Це ставить під сумнів успішність всієї приймальної кампанії через незрозуміло прийнятний ступінь об'єктивності визначення рівня знань та труднощі їх оцінювання в масштабах країни. Основний заклик даного дослідження полягає у тому, що інтернаціоналісти у сфері ВО повинні бути революційними в своїх думках і в діях для пристосування до нових реалій за допомоги змін та інновацій [23].

Слід згадати роботу Р. Барнетта [24] двадцяти чотирьох річної давнини, де наголошується: «Гаслом сучасності стає різноманітність, і якщо для цього треба допустити частку несподіванки і спонтанності сучасного університету, це доведеться зробити. Проте, важко прийняти тезу про те, що університетом може бути все, що завгодно. Статус університету не повинен стати доступним. ЗВО, що претендують на цей статус, повинні пройти перевірку на відповідність цілому ряду критеріїв. Отже, ми маємо справу зі справжньою головоломкою. З одного боку, ми відкидаємо думку про існування якоїсь загальної ідеї університету, з іншого боку, ми припускаємо, що повинні існувати якісь межі, що визначають університет».

У підсумку роботи підкреслено: «…складну структуру університету, в якому зосереджено багато надій на особистий і соціальний розвиток і розуміння. Він покликаний не тільки множити схеми розуміння світу, а й вчити більш-менш комфортному життю в умовах радикальної невизначеності, що виникає не без його допомоги і зусиль. Університет породжує надскладність і вчить нас з нею жити. Яким чином університет розвиває необхідні знання для влади і контролю над світом та поглиблює взаєморозуміння між людьми і світом? Як йому вдається одночасно нести просвітництво і критику, і відповідати вимогам економічного відродження і зростання? Велика спокуса сказати, що це в принципі неможливо. Але це не так - університет має все це робити, не дивлячись на їх суперечливість. Навряд чи таку долю університету можна назвати щасливою – щастя взагалі йому більше не доступно. Треба відмовитися від подібних очікувань. Конфліктні дискурси влади, економічна конкуренція, знання, істина, емансипація і справедливість не так просто знаходять шляхи в житті. Університет повинен допомагати нам жити в умовах невизначеності і навіть навчити радіти їй. Це завдання стоїть перед нами, і в світі, де панує тотальна невизначеність, вона не може бути іншою».

У наступній праці [25] Барнетт наголошує, що від університетських знань, що розуміються як чисте і об'єктивне прочитання світу, дійсно потрібно відмовитися. Інституційна автономія, на якій така споглядальна концепція знання мала деяку основу, більше не доступна університетові: він одночасно включений до держпроєктів та в умовах глобалізації просуває свої послуги в галузі знань за допомоги власної підприємницької діяльності, чим університет не позбавляється легітимності. В епоху надскладності університетів чекає нова епістемологія життя в умовах невизначеності: відкрита, смілива, цікава, доступна, що усвідомлює свою власну незахищеність. Світ надскладності позбавляє університет від пошуку знань і істини: більше не можна припускати, що існують чіткі категорії щодо правильного знання або, що тільки університет може приймати рішення щодо критеріїв та законних форм реалізації. Однак ідея університетських знань в такий вік не вмерла, її можна виправити за умови, що університет готовий відмовитися від властивого йому почуття «знання» про те, що вважається істиною і знанням, і вловити епістемологічні можливості, що відкриваються в результаті надскладності. Знання і те, що вважається істиною, є відкритими, множаться знання та рамки для розуміння світу. Зрештою, все, що у нас є, – це безліч історій про світ, але, таким чином, ми не позбавлені надії.

У вік надскладності від університету вимагається здатність до: революційного переосмислення; критичного допиту претендентів на знання; надання людям можливості відчувати себе комфортно в невизначеному світі; розвитку сили критичної дії. Також, ситуація невизначеності вимагає від категорії «вчений-дослідник» вміння управляти численними рамками не тільки думки, а й діяльності, самопізнання і комунікацій; у надскладному світі необхідні дослідники зі сміливою самосвідомістю; ті, хто готовий співпрацювати з політиками і державними чиновниками, хто здатний вжитися в їх дискурси і говорити зрозумілою їм мовою; жити в реальному повсякденному світі та ставати в ньому своєрідними комутаторами, що відкриває шлях до безлічі різних вирішень будь-яких ситуації, наприклад, має змінитися уявлення про «вирішення проблеми», як мети і суті дослідження. Не існує жорсткого поняття вирішення проблеми, так як взагалі рішень у проблем немає. Є лише дискурси осмислення проблем, що самі по собі теж э спірними. Таким чином, вчені повинні навчитися майстерного поводження з

дискурсами, оточеними конкурентами та опозиційними блоками. Вчені мають стати свого роду громадськими діячами, навіть політиками, але в своїй сфері. Їм доведеться зайнятися мистецтвом ймовірного, але при цьому розширити його горизонти, помістити в поле зору нашої уваги якомога більше об'єктів.

Необхідно критично відрефлексувати сенс і завдання ВО, виходячи мінімум з двох значень поняття «ВО» – вища тому, що: а) виявляє спірність рамок вищого порядку, за допомоги яких людина намагається зрозуміти світ; б) залучає до своїх освітніх процесів тих, хто покликаний розвиватися як людські істоти, здатні засвоїти невизначеність вищого порядку і пристосуватися до неї. По-справжньому якісне навчання в сучасному ЗВО передбачає формування відповідного ставлення до невизначеності як з боку вчених-викладачів, так і студентів. Воно повинно бути організовано таким чином, щоб перші, усвідомлюючи сумнівність всіх своїх схем, ґрунтувалися на невизначеності як формі існування в умовах надскладності. В мізках других воно повинно породжувати усвідомлення цієї невизначеності і готуватися до комфортного життя в цьому крихкому світі надскладності.

В університеті, побудованому на принципі невизначеності, потрібно відмовитися від старого і вузького сенсу поняття «навчання» тільки як процесу передачі знань і придбання професійних навичок. Необхідно розробляти нові методи навчання, що дозволяють студентам навчитися формулювати сумніви і отримати досвід освоєння спірності як такої. Лекції повинні бути замінені інтерактивними методами навчання – дебатами і семінарами, що дають студентам можливість працювати з суперечливими ідеями і перспективами. Особлива думка Барнетта про те, що для успішного розвитку в студентах відповідного ставлення до невизначеності і здатності формулювати свої сумніви, необхідно «викликати бродіння в їх мізках» і «просто в них повірити». Такого роду навчання вимагає довгострокових зобов'язань по відношенню до студентів, необхідно постійно спілкуватися з ними, стимулювати їх впевненість в собі, допомагати в усвідомленні ними власних досягнень. Не дивно, якщо за таких вимог до викладання в сучасному ЗВО багато вчених віддадуть перевагу дослідницькій кар'єрі ніж педагогічній. І це було написано на початку нашого століття!

У роботі [26] визначено, що сучасна класика Барнетта зробила вирішальний вплив на міжнародному рівні в області досліджень і розробок в галузі ВО з тих пір, як була опублікована більше 20 років тому. Об'єднуючи тридцятирічну академічну творчість з майже 30 опублікованими томами, «Реалізація університету в епоху надскладності» грає важливу роль в розвитку і трансформації соціальної теорії в соціальну філософію ВО, робить важливий крок від акценту на «знання» до фокусу на «вчення про буття», змінює фундаментальний погляд на відносини між університетами і широким товариством щодо надії, бачення і майбутнього ВО.

В роботі [27] пропонується модель екологічного університету, що має найбільший потенціал з точки зору подальшої еволюції ВО, коли ЗВО продовжують розширюватися, викликаючи значні суперечки про їх цілі та стосунки зі світом. Стверджується, що розширення ВО відкрило нові простори та можливості і основна ідея полягає в виявленні зв'язків між ЗВО та основними екосистемами: знаннями, соціальними інститутами, людьми, економікою, навчанням, культурою та природним середовищем, рис.2.

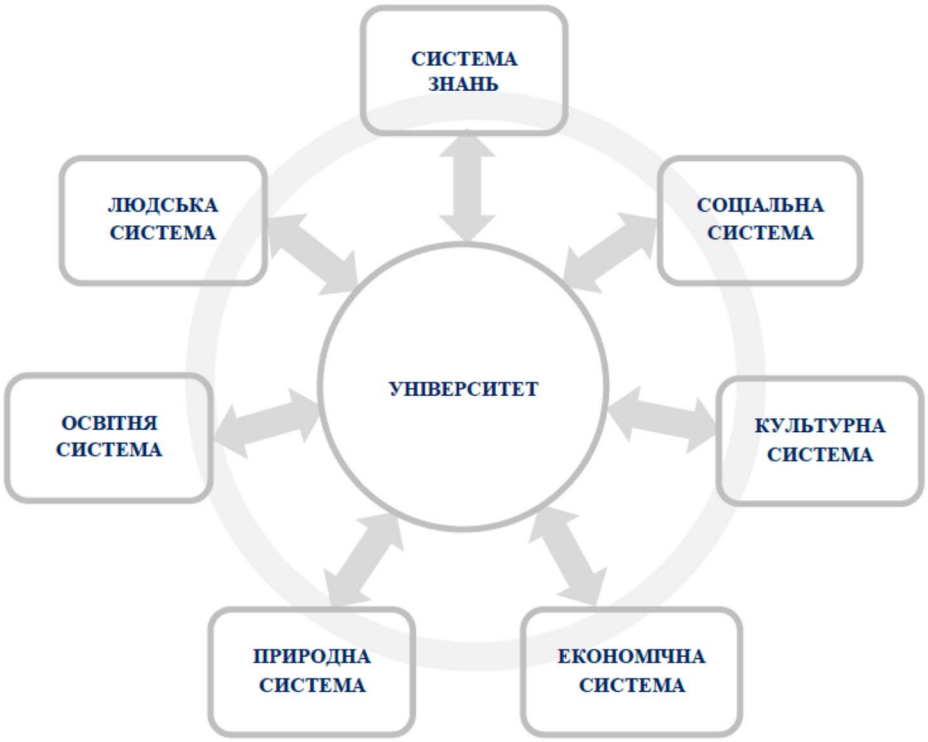


Рисунок 2 – Взаємозв'язок університету з основними світовими екосистемами
Figure 2 – The Relationship of the University with the World's Major Ecosystems

У роботі [28] підкреслено, що наше уявлення про майбутнє ЗВО стало «безнадійно вбогим», позбавленим фантазії, замкненим в рамках ринкових або технологічних моделей, і представлені альтернативні моделі ЗВО майбутнього, безумовно розширюють кордони нашої уяви. Описаний світ, в який вбудована конкретна модель, а також роль і характеристики викладачів, студентів, адміністраторів, відносини ЗВО з зовнішнім світом, проведені історичні паралелі і вказані витоки ідей, взятих за основу кожної з можливих моделей освіти майбутнього. На рис.3 представлені моделі ЗВО, принципи освітнього процесу та сфери реалізації знань.

У [29] подано приклади впровадження в бізнесі та в повсякденне життя основних принципів теорії обмежень систем і алгоритмів розумових процесів, що допомагають знаходити в найкоротші терміни дієві рішення багатьох проблем під час кризи та змінити ситуацію без значних фінансових вкладень. Передано тонкощі впровадження управлінських методик та унікальні майстер-класи для керівників будь-якого рівня, перед якими стоять завдання оптимізації виробництва, постановки цілей і звільнення від гальмуючих стереотипів минулого та пошуку взаємовигідного вирішення протиріч.

У [30] розкрито основні та додаткові програмні навички, що зазвичай очікують побачити в кандидатах роботодавці, серед яких: комунікативні навички; уміння виступати публічно; навичка роботи в команді; управління часом; гнучкість і адаптивність; лідерські якості та особисті якості. Планування, в тому числі поетапне керівництво до дії, що відображає як мінімум, яку освіту і який досвід для цього необхідні на шляху до власних професійних вершин називають одним з основних способів побудови успішного життя. Складання чітких планів дозволяє не тільки розуміти свою мету, а й поступово розробляти шляхи щодо її досягнення, мотивувати себе на саморозвиток: навчитися планувати день, розписувати завдання на тижні, місяці, семестри і розуміти, яких знань, вмінь та навичок домогтися протягом року для досягнення професійної майстерності. Але, окрім професійних навичок, важливим елементом професійного портрету і репутації в сучасному світі є так званні м'які навички (soft skills), що варто напрацьовувати і розвивати будь-якому фахівцеві незалежно від сфери діяльності для кар'єрного

успіху. Отже, окрім здібностей та знань, необхідних для кожної конкретної професії, професіонали майже з кожної дисципліни потребують певного набору якостей, навичок та поведінки.

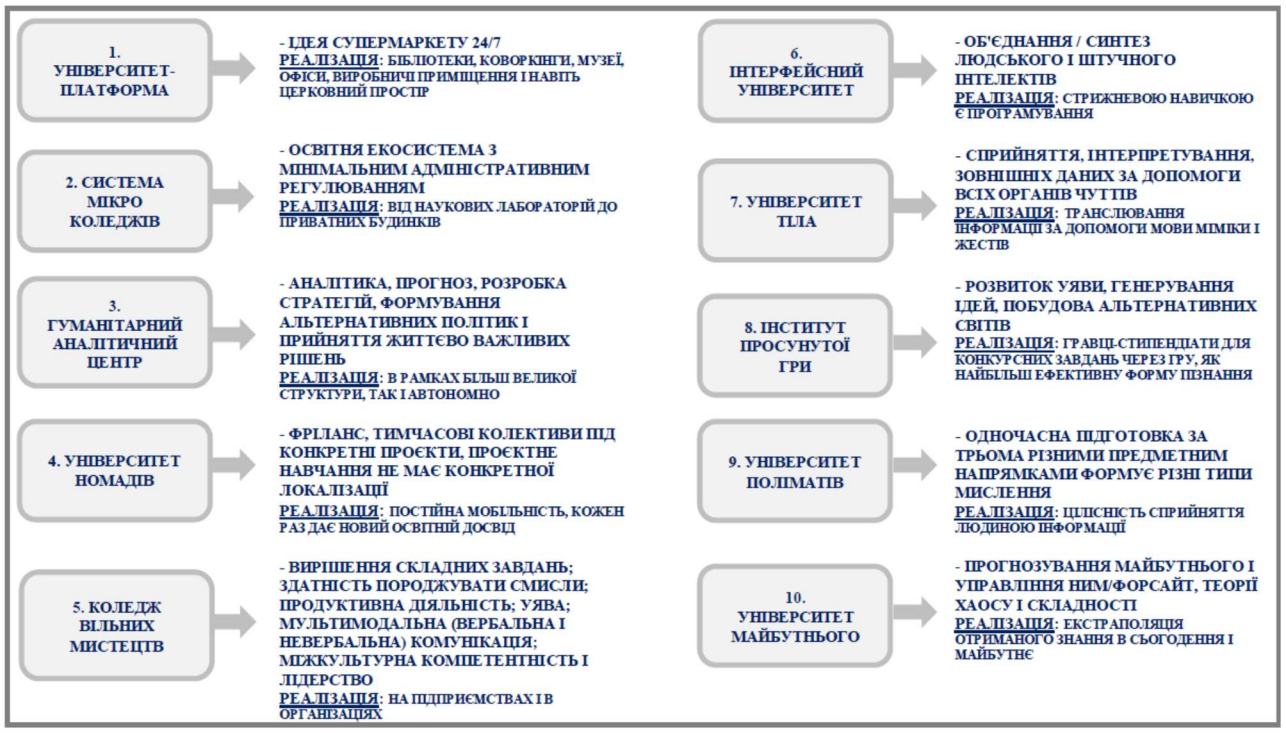


Рисунок 3 – Альтернативні моделі університетів майбутнього
Figure 3 – The Alternative Models of the Future University

В контексті постпандемічної трансформації ЗВО та отримання ВО, слід навести прогнози професора Скотта Галловея [31] щодо оцінки основних трендів поточної ситуації в США і світі. Він наголошує, що з кожним роком елітні американські ЗВО все більше ускладнюють процедуру прийому, свідомо обмежуючи кількість вступників та створюють ефект недоступності своїх брендів для «простих смертних». Ці ексклюзивні бренди, в свою чергу, дозволяють встановлювати супер-високі ціни на навчання і формують університетські бюджети, що перевищують ВВП окремих країн.

Експерт з жалем констатує, що бренди елітних ЗВО підтримуються не якістю освіти, що є «дороге, але досить посереднє», а штучно – прийомними комісіями. Вони «проробляють фантастичну роботу, створюючи самий ретельний і трудомісткий процес співбесіди в сучасній історії» на основі попередньої перевірки біографічних даних абітурієнтів та їх сторінок в соцмережах, щоб з'ясувати, чи здійснювались будь-які злочини; чи є психічні відхилення; зловживання алкоголем або виступи з расистськими або іншими фанатичними заявами.

Від імені відповідальних за американську ВО Галловей недвозначно визнає: «Ми прагнемо до кастової системі, ранжуючи молодих людей за доходами», наводячи переконливі аргументи, що найсильніші бренди – це не Apple, Mercedes-Benz або Coca-Cola, найсильніші бренди – це MIT, Oxford та Stanford. Але академіки і адміністратори провідних ЗВО світу за останні 30 років чомусь вирішили, що університетська освіта не є правом людини, що забезпечується державою, а є предметом розкоші. Вони отримують задоволення кожен раз, коли виступають на внутрішніх зборах і під гучні оплески кажуть: «У цьому році ми відхилили не 85% абітурієнтів, а 87%!». Це рівнозначно тому, як очільник притулку для бездомних хвалився б, що напередодні відвернувся від 9 з 10 чоловік, які звернулися до нього за допомогою. Американська система ВО, за рідкісним винятком, «втратила свій первісний сценарій».

Правда в тому, що будь-який ЗВО з десятками мільярдів на балансі, що не збільшує кількість першокурсників, є не суспільним благом, а приватним підприємством, що «сп'яніле від розкоші».

Отже, ще до пандемії західна, зокрема, американська, система ВО, з точки зору якості навчання та доступності, перебувала в серйозній кризі. COVID-19 остаточно ввів її в стан жорсткої турбулентності. Проте, навіть пандемія – «кому війна, а кому мати рідна». Деяким, як правило, самим благополучним і багатим ЗВО, вона дає ще більше доходів від передачі технологій, багатомільярдних пожертвувань і додаткового держфінансування. Більшості ж – величезні проблеми економічного характеру, що мають серйозні довгострокові наслідки для їх здатності виконувати свої місії. За словами експерта, пандемія змастила колеса для входження великих технологій у ВО, що в свою чергу, можуть зламати колесо зародження кастової системи підтримки бренду ЗВО за рахунок обмеження його доступності. Постпандемічне майбутнє спричинить тісні партнерські відносини між елітними ЗВО і найбільшими технологічними компаніями світу, в результаті виникнуть університети-кіборги: MIT@Google, iStanford, HarvardxFacebook, Berkeley&Microsoft тощо.

Ці партнерські відносини дозволять ЗВО значно розширити набір студентів, пропонуючи їм легітимність онлайн-ступенів бакалаврів і магістрів, а також різні сертифікати, доступність і цінність яких будуть сейсмічно змінювати ландшафт ВО. Значно більше людей зможуть отримати доступ до надійної ВО, хоча вона і буде надаватися, в основному, через Інтернет. Це полегшить життя сотням мільйонів людей, але позбавить людство індивідуальної системи навчання, що розвивалася століттями. Якщо уряди не можуть забезпечити розвиток тих чи інших сфер життя суспільства, в тому числі ВО, то в них неминуче втручаються мільярдери. І це завжди має свою ціну: вони стають майже недоторканними монополістами на світовому ринку ВО, і їх не можна буде усунути з посад.

Прогнози Галловея щодо виникнення університетів-кіборгів, безумовно, дуже правдоподібні, оскільки спираються на наявні тенденції. Технологічні компанії-гіганти стабільно висловлюють глибоку зацікавленість в сфері онлайн-освіти. Але якщо раніше їх інтерес до утворення обмежувався підготовкою фахівців, в основному, для потреб власних корпорацій, то тепер вони виходять на світові простори. Так, наприклад, в середині липня 2020 року, Google оголосив про виділення 100 000 стипендій на отримання онлайн-сертифікатів в області аналізу даних, управління проєктами і призначеного для користувача інтерфейсу.

Однак, незважаючи на свою глибину і логіку, прогнози Галловея не позбавлені протиріччя. З одного боку, експерт бачить в масштабуванні сучасних технологій силу, здатну зруйнувати кастовість ВО, забезпечивши до нього доступ всіх бажаючих. З іншого, він констатує, що ці ж технології, «прикують» до своїх комп’ютерів сотні мільйонів молодих людей, і остаточно розділять світ на дуже багатих і відносно бідних. Перші будуть навчатися в кампусах, другі - тільки вдома. Далі Галловей мріє про величезні зарахування, що зможуть забезпечити університети-кіборги; але визнає, що основні дивіденди від діяльності ЗВО і право розпоряджатися технологіями залишиться у «купки мільярдерів». Але є і безперечні тези, наприклад, про те, що для значного збільшення рентабельності державних інвестицій в ЗВО останнім необхідно масштабне використання найсучасніших технологій.

У [32] розглянуто складне завдання ВО в період соціального дистанціювання, з врахуванням того, що варіант повернення до норми наразі є поза контролем ЗВО, та варіант повністю віддаленого навчання поки що не всі готові розглядати. Для знаходження рішення між цими двома полюсами, представлені умовні моделі повернення до очного навчання для більшості коледжів та університетів: 1) повернення до норми; 2) пізній старт; 3) перенесення семестрів; 4) інтенсив для першокурсників; 5) перевага випускних курсів; 6) структурована академічна перерва (Gap Year); 7) цільовий навчальний план; 8) сегментована навчальна програма; 9) блок-план; 10) модульність; 11) віртуальне навчання студентів з гуртожитку; 12) модель з низькою присутністю; 13) змішана модель (HyFlex); 14) модифікована консультативна модель; 15) повна віддаленість. Важливим стає будова спільноти, яка підтримує

навчання та особливої уваги потребує підтримка викладання та навчання, консультування, здоров'я та добробуту студентів, викладачів та співробітників, координація та логістика.

У [33] зазначено, що глобальні кризи завжди сприяють прогресу технологій та їх широкомасштабного впровадження в життя суспільства способами, що раніше вважалися неможливими та саме пандемія коронавірусу дала поштовх для ширшого застосування технологічних процесів і моделей мислення, що за звичайних умов зажадало б більш тривалого часу.

У підсумку до проведеного аналізу можна встановити, що публічний дискурс з проблематики впливу пандемії коронавірусу на стан сфери ВО розвивається, приростає новою інформацією, дискусіями і статистикою, допомагає нам краще зорієнтуватися в складних ситуаціях сьогодення, знаходити найбільш ефективні рішення і вибудовувати раціональні сценарії розвитку. Тим більше що обговорювані проблеми виявляються загальними для всіх ЗВО, незалежно від форм власності та національної приналежності. Тож, настає «момент істини» у процесі розуміння нагальних викликів, що привнесла пандемія у сферу ВО, та представити парадокс та парадигму ефективної моделі освітньої, наукової та прикладної діяльності.

Підготовка спеціалістів високого класу в нових умовах потребує створення нових ОПП та ОНП, впровадження сучасних мульдимедійних засобів навчання, навчальних фільмів, написання нових силабусів, навчально методичних комплексів, робочих програм, посібників та підручників тощо. При цьому рівень навантаження на викладача зростає в 3 – 4 рази, за досвідом провідних закордонних ЗВО за викладачем закріплюється всього 2 – 3 студенти, замість 8 – 10 студентів у наших реаліях. Іншого рівня має бути матеріально-технічна база викладацького складу наприклад, наявність особистого ноутбуку й засобів комунікацій та відповідної комп'ютерної грамотності із засвоєння засобів комп'ютерної комунікації.

Розвиток дуальної освіти, що поєднує навчання у ЗВО та безпосередньо на виробництві, в установі, організації, або «в полі», передбачає активну участь роботодавців, насамперед у наданні можливостей здобувачам ВО опановувати практичні навички, залученні викладачів-практиків, розвитку матеріально-технічної бази ЗВО, розробці нових методичних підходів. Дуальна освіта має на меті розвивати у здобувачів ВО практичне розуміння особливостей своєї професії, адаптувати освітній процес у ЗВО до вимог ринку праці. Наявність елементів дуальної освіти не є обов'язковими при акредитації освітніх програм, однак, наявність таких елементів надає освітній програмі суттєві переваги. Таким чином, для досягнення поставлених цілей, ЗВО та кафедри повинні працювати з роботодавцями, враховувати їх запити та забезпечувати їх потреби у якісних випускниках, готових виконувати задані функції та приносити прибуток. Для цього крім формального складання Договорів (Угод) про співпрацю необхідна постійна (щоденна) робота з роботодавцями, що полягає у: консультуванні, обміні інформацією, виконанні науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, виконанні науково-технічного супроводу об'єктів будівництва тощо.

Для покращення роботи в напрямку практичної підготовки студентів доцільно: а) опублікувати Перелік установ-партнерів, спільно з якими реалізується Система професійного розвитку викладача та практичної підготовки студентів; б) в Об'єднаннях роботодавців, наприклад, Національній та Всеукраїнській дорожніх асоціаціях, та провідних організаціях галузі зібрати дані про необхідну кількість випускників за напрямками підготовки та спеціальностями для виконання Програми Велике будівництво; в) розробити Програму організації стажування педагогічних та науково-педагогічних кадрів на виробництві; г) організувати проведення практик у 2021 році за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» на об'єктах Великого будівництва автомобільних доріг та аеродромів, сучасних АБЗ та ЦБЗ, провідних проєктних організаціях тощо. Закріпити наставників із провідних фахівців підприємств за кожним студентом. Це забезпечить в перспективі адресну, цільову підготовку кадрів для конкретних підприємств; д) створити навчальні фільми та програмні комплекси з наглядного

комп'ютерного моделювання процесів випробування та будівництва об'єктів транспортної інфраструктури (на зразок стимуляторів при підготовці пілотів чи водіїв) тощо.

Крім того, впровадження змішаної освіти, за якої 80% буде дистанційна робота і тільки 20% очна практика, вимагає кардинально нових підходів до планування та реалізації практичної роботи студентів. На кафедрі аеропортів, у співпраці з режисером Пахомовим Сергієм Івановичем створено фільм «Дороги незалежності». Як об'єкт інтелектуальної власності він є першою ластівкою у напрямку розвитку медіа контенту щодо часткової заміни практики студентів при неможливості доступу до лабораторій та виїзду на об'єкти будівництва.

Криза створює виклики і надає можливості. Хто перший займе нову нішу, той і буде працювати. 4 млн. потенційних студентів ближнього та дальнього зарубіжжя в освіті без кордонів – це той потенціал за який треба боротися.

Перелік посилань

[1] Vision 2050. The new agenda for business. World Business Council for Sustainable Development. 2010. February. URL: www.wbcsd.org.

[2] Денніс К., Аррі Д. Після автомобілізму. – Київ: ТОВ «Темпора», 2010. – 254 с.

[3] Окінавська хартія глобального інформаційного суспільства (2018) // Studies.in.ua. URL: http://studies.in.ua/inform-pravo-shporu/2504-osnovn-risi-suchasnogo-nformacynogo-susplstva.html.

[4] Rennie, J.J. (2015) Making a Scene: Producing Media Literacy Narratives in Canada. University of Toronto. URL: hdl.handle.net. Retrieved from https://tspace.library.utoronto.ca/handle/1807/71312.

[5] Hechinger J. and Lorin J. (2020) Coronavirus Forces $600 Billion Higher Education Industry Online // Bloomberg Businessweek. URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-03-19/colleges-are-going-online-because-of-the-coronavirus.

[6] Colley T., Granelli F. and Althuis J. (2020) Disinformation's Societal Impact: Britain, Covid, And Beyond // Defence Strategic Communications: v. 8 / Spring 2020. The official journal of the NATO Strategic Communications Centre of Excellence: Riga, Latvia. URL: https://www.stratcomcoe.org/tcolley-fgranelli-and-jalthuis-disinformations-societal-impact-britain-covid-and-beyond.

[7] McLaughlin A. (2020) The ten most dangerous coronavirus myths debunked. URL: https://www.kcl.ac.uk/blog-the-ten-most-dangerous-coronavirus-myths-debunked-1.

[8] Освітні практики із запобігання інфодемії, або Як не ізолюватися від правди: навч. посібник / О. Волошенюк, Г. Дегтярьова, М. Каліберда та інші // За ред. Волошенюк О., Євтушенко Р., Іванова В., Кулакова А. – Київ: АУП, Інтерньюз–Україна, ЦВП, 2020. – 68 с. URL: https://drive.google.com/file/d/1zHir5m1MG3vZdIDjuvYcpA1Z4l3HCXGH/view.

[9] Рекомендації психолога про поведінку під час карантину (2020). URL: http://if.kubg.edu.ua/resursi/psikhologi-informuyut/rekomendatsii-psykholoha-pro-povedinku-pid-chas-karantynu.html.

[10] Соціалізація особистості в умовах системних змін: теоретичні та прикладні проблеми: тези XV Міжнародної науково-практичної конференції (20 березня 2020 року, м. Київ) / За наук. ред. С.Д. Максименка, Л.М. Карамушки, О.І. Власової, Н.М. Дембицької, О.В. Лавренко. О.В. Креденцер. – Київ: Інститут психології імені Г.С.Костюка НАПН України, 2020. – 135 с. URL: http://psychology-naes-ua.institute/files/pdf/zbirnik_tez_15_konf.__socializaciya_osobistosti...-20-04-2020_1586892193.pdf.

[11] Шість проблем української вищої освіти, що виявив карантин (2020). URL: https://osvita.ua/vnz/74767.

[12] Дмитрієв М.М. Втілення інноваційних технологій вищої освіти – вимога часу / М.М. Дмитрієв, І.П. Гамеляк, І.М. Вакарчук та інші // Тези LXXVI наукової конференції професорсько-виклада-

цького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структ. підр. унів: Секція «Реформування освітнього процесу в контексті вимог Європейської кредитно-трансферної системи навчання (ЄКТС)». – К.: НТУ, 2020. – С. 441. URL: http://vstup.ntu.edu.ua/konf-76.pdf.

[13] Подковко Х.В. Інноваційні технології навчання в контексті компетентнісного підходу в освіті / Х.В. Подковко // Медична освіта, 2016, № 1. – С. 41–43. URL: DOI 10.11603/me.v0i1.6360.

[14] Гаращук О. Освітньо–наукова парадигма сталого розвитку продуктивних сил України / О. Гаращук, В. Куценко // Проблеми і перспективи економіки та управління, №3(7), 2016. – С. 135-141. URL: http://journals.stu.cn.ua/problems_and_prospects_economics_management/article/view/97138.

[15] Михайліченко М. Освітні технології: навчальний посібник / М. Михайліченко, Я. Рудик // – К.: ЦП «КОМПРИНТ», 2016. – 583 с. URL: https://www.researchgate.net/publication/316190546_Osvitni_tehnologii.

[16] Цифрова компетентність вчителя DigCompEdu. Технології та системи дистанційного навчання. URL: http://dystosvita.blogspot.com/2018/04/digcompedu.html.

[17] Силабус для змішаного та/або дистанційного навчання. Центр забезпечення якості освіти Національного університету «Києво-Могилянська академія», 2018. URL: https://www.ukma.edu.ua/images/docs/QA/SYLABUS_FOR_MIXED_DISTANCE_EDUCATION.pdf.

[18] Планування курсу – конструктивне узгодження. Центр забезпечення якості освіти Національного університету «Києво-Могилянська академія», 2018. URL: https://www.ukma.edu.ua/index.php/osvita/quality-edu/korysni-materialy.

[19] Marunych V. Perspectives of the Accumulative System «How to Become a Ministry of Transport and Infrastructure?» / V. Marunych, I. Vakarchuk, V. Kharuta, M. Tyshkevych // Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: NTU, 2019. – Issue 3 (45). – P. 103–112. URL: file:///C:/Users/Irop/Downloads/Vntu_2019_3_15.pdf.

[20] Давліканова О. Аналітичний звіт за результатами першого року проведення експерименту із запровадження пілотного проєкту у закладах фахової передвищої та вищої освіти з підготовки фахівців за дуальною формою здобуття освіти / О. Давліканова, Т. Іщенко, А. Чайковська // Науково-методичний центр ВФПО та Представництво Фонду ім. Фрідріха Еберта в Україні. – Київ, 2020. – 96 с. URL: https://nmc-vfpo.com/wp-content/uploads/2020/09/dualna-web-15-53.pdf.

[21] Порошенко М.А. Інклюзивна освіта: навчальний посібник / М.А. Порошенко // – Київ : ТОВ «Агентство «Україна», 2019. – 300 с. URL: https://mon.gov.ua/storage/app/media/inkluzyvne-navchannya/posibniki/inklyuziyavnz.pdf.

[22] International Higher Education (2020) // The Boston College Center For International Higher Education: Special Issue №102 (2020). URL: https://www.internationalhighereducation.net/api-v1/article/!/action/getPdfOfArticle/articleID/2922/productID/29/filename/article-id-2922.pdf.

[23] Hudzik J.K. (2020) Higher education internationalists need to be disruptive // University World News. URL: https://www.universityworldnews.com/post.php?story=20200501144452900.

[24] Барнетт Р. Осмысление университета // «Образование в современной культуре», Центр проблем развития образования БГУ. Альманах №1, 1997. URL: www.edc.bsu.by.

[25] Barnett R. (2000) University Knowledge in an Age of Supercomplexity // University College London: December 2000 Higher Education 40(4): – P. 409–422. DOI: 10.1023/A:1004159513741. URL: https://www.researchgate.net/publication/227010092_University_Knowledge_in_an_Age_of_Supercomplexity.

[26] Søren S.E. Bengtsen (2018). Supercomplexity and the university: Ronald Barnett and the social philosophy of Higher Education // Higher Education Quarterly. 2018; Volume72, Issue1: – P. 65–74. URL: https://doi.org/10.1111/hequ.12153.

[27] Barnett R. The Ecological University: A Feasible Utopia // London : Routledge, 2017, – 228 p. URL: https://www.ronaldbarnett.co.uk/books.php.

[28] Staley D.J. (2019) Alternative Universities: Speculative Design for Innovation in Higher Education // Baltimore, USA : Johns Hopkins University Press: Hardcover, – 280 p. URL: https://www.goodreads.com/book/show/42453188-alternative-universities.

[29] Goldratt E.M. (2018) It's Not About Luck. URL: http://www.management.com.ua/books/view-books.php?id=1077.

[30] Doyle A. (2020) Top Soft Skills Employers Value With Examples // The Balance Careers: September 17, 2020. URL: https://www.thebalancecareers.com/list-of-soft-skills-2063770.

[31] Galloway S. (2020) We are barreling toward a caste system, sequestering kids by income - NYU professor Scott Galloway. URL: https://www.insider.com/nyu-professor-scott-galloway-how-to-fix-income-inequality-kids-2020-1.

[32] Maloney, E.J. and Kim, J. (2020) 15 Fall Scenarios. Higher education in a time of social distancing // INSIDE HIGHER ED. URL: https://www.insidehighered.com/digital-learning/blogs/learning-innovation/15-fall-scenarios?fbclid=IwAR0Ry65CO6NpCjO0WdwJBkHKHif86FJoxXTBY-GQJiCQFsVQ_ttaeNrtXylU.

[33] Frankfurt T. (2020) How The Pandemic Could Forever Change Higher Education // Forbes Technology Council. Paid Program Innovation. URL: https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2020/05/08/how-the-pandemic-could-forever-change-higher-education/#455bb25f7b93.

THE PARADOX AND PARADIGM OF SYSTEM ACTIVITY OF THE AIRPORTS DEPARTMENT OF THE NATIONAL TRANSPORT UNIVERSITY IN UNCERTAINTY CONDITIONS. PART I: THE BEGINNING

Gameliak Igor Pavlovich, Doctor of Technical Science (s), professor, Head at the Department of Airports, National Transport University, 01010, Ukraine, Kyiv, 1, M. Omelyanovich-Pavlenko street, of. 344, e-mail: gip65n@gmail.com, тел. +380503524124, https://orcid.org/0000-0001-9246-7561.

Vakarchuk Ihor Mykolayovych, Ph.D in Technical Science, Associate Professor at the Department of Airports, National Transport University, 01010, Ukraine, Kyiv, 1, M. Omelyanovich-Pavlenko street, of. 344, e-mail: imvsor@gmail.com, тел. (+38044)280-70-73, https://orcid.org/0000-0002-9693-1744.

Ivanova Oleksandra Olehivna, Student at the Department of Airports, National Transport University, 01010, Ukraine, Kyiv, 1, M. Omelyanovich-Pavlenko street, of. 344, e-mail: aleks.iv.2718@gmail.com , тел. (+38044)280-70-73, https://orcid.org/0000-0003-1563-4586.

Abstract: The article reveals the paradox and paradigm of educational, scientific and applied activities on the example of the Airports Department of the National Transport University during the specialists for the transport and road complex training in the field of «Airports, aerodrome constructions and structures» and «System analysis in transport infrastructure» in conditions of coronavirus pandemic uncertainty.

The presented author's model is based on the principles of establishing the systematic competency approach implementation mechanism and innovative technologies of distance learning application, which was obtained in the process of domestic and foreign experience analysis under coronavirus pandemic uncertainty.

The research object – educational, research and applied activities of the Airports Department, as a Laboratory of Systems Knowledge and Rational Infrastructure Solutions within the National Transport University, which is positioned as a Regional Educational and Research Logistics Center on the basis of outsourcing in distance learning and coronavirus pandemic uncertainty.

The purpose of the work is to establish a mechanism for competency approach systematic implementation and innovative technologies application for the «teacher–student–employer» relationship, which allows to determine the most effective ways and means to achieve the ultimate goals of educational,

scientific and applied activities in the coronavirus pandemic uncertainty. providing highly qualified personnel to the transport and road complex of the country.

Research methods – system, conceptual, methodological and program approaches.

Establishing of a mechanism for the model «teaching methods–learning outcomes–assessment» applying innovative technologies according to the competency algorithm «knowledge of theory–application skills–technology skills» to strengthening the relationship «teacher–student–employer», will bring the results of the educational process to employers requirements and provide the transport and road complex with highly qualified personnel.

Further development of the study object – the introduction of educational, scientific and applied activities «Laboratory of Systems Knowledge and Rational Infrastructure Solutions» as part of the «Regional Educational and Scientific Logistics Center», will achieve the ultimate goals of providing transport complex by highly qualified personnel in terms of distance learning and coronavirus pandemic uncertainty.

Key words: paradox, paradigm, department, university, education, scientific and applied activities, pandemic, uncertainty, system knowledge, rational solutions.

References

[1] Vision 2050 (2010). The new agenda for business. World Business Council for Sustainable Development. 2010. February. URL: www.wbcsd.org.

[2] Dennis K., Urry J. (2010) Pislya avtomobilizmu [K. Dennis, J. Urry. After the Car. – Cambridge: Polity Press, 2009]. – Kyiv: TOV «Tempora» – Tempora LLC, 2010. – 254 s. [in Ukrainian]

[3] Okinavs′ka khartiya hlobal′noho informatsiynoho suspil′stva (2018) [Okinawa Charter of the Global Information Society] // Studies.in.ua. URL: http://studies.in.ua/inform-pravo-shporu/2504-osnovn-risi-suchasnogo-nformacynogo-susplstva.html. [in Ukrainian]

[4] Rennie, J.J. (2015) Making a Scene: Producing Media Literacy Narratives in Canada. University of Toronto. URL: hdl.handle.net. Retrieved from https://tspace.library.utoronto.ca/handle/1807/71312.

[5] Hechinger J. and Lorin J. (2020) Coronavirus Forces $600 Billion Higher Education Industry Online // Bloomberg Businessweek. URL: https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-03-19/colleges-are-going-online-because-of-the-coronavirus.

[6] Colley T., Granelli F. and Althuis J. (2020) Disinformation's Societal Impact: Britain, Covid, And Beyond // The official journal of the NATO Strategic Communications Centre of Excellence: Riga, Latvia, Defence Strategic Communications: V. 8 / Spring, 2020. URL: https://www.stratcomcoe.org/tcolley-fgranelli-and-jalthuis-disinformations-societal-impact-britain-covid-and-beyond.

[7] McLaughlin A. (2020) The ten most dangerous coronavirus myths debunked. URL: https://www.kcl.ac.uk/blog-the-ten-most-dangerous-coronavirus-myths-debunked-1.

[8] Osvitni praktyky iz zapobihannya infodemiyi, abo Yak ne izolyuvatysya vid pravdy (2020): navch. posibnyk [Educational practices to prevent infodemia, or How not to isolate yourself from the truth] / Voloshenyuk O., Dehtyar′ova H., Kaliberda M. ta inshi // Za red. Voloshenyuk O., Yevtushenko R., Ivanova V., Kulakova A. – Kyiv: AUP, Intern′yuz–Ukrayina – Internews–Ukraine, TSVP, 2020. – 68 s. URL: https://drive.google.com/file/d/1zHir5m1MG3vZdIDjuvYcpA1Z4l3HCXGH/view. [in Ukrainian]

[9] Rekomendatsiyi psykholoha pro povedinku pid chas karantynu (2020) [Psychologist's recommendations on behavior during the quarantine]. URL: http://if.kubg.edu.ua/resursi/psikhologi-informuyut/rekomendatsii-psykholoha-pro-povedinku-pid-chas-karantynu.html. [in Ukrainian]

[10] Sotsializatsiya osobystosti v umovakh systemnykh zmin: teoretychni ta prykladni problemy (2020) [Socialization of personality in the conditions of system changes: theoretical and applied problems]: tezy XV Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi (20 bereznya 2020 roku, m. Kyyiv) / Za nauk. red. S.D. Maksymenka, L.M. Karamushky, O.I. Vlasovoyi, N.M. Dembyts′koyi, O.V. Lavrenko, O.V. Kredentser. –

Kyyiv: Instytut psykholohiyi imeni H.S.Kostyuka NAPN Ukrayiny, 2020. – 135 c. URL: http://psychology-naes-ua.institute/files/pdf/zbirnik_tez_15_konf.__socializaciya_osobistosti...-20-04-2020_1586892193.pdf. [in Ukrainian]

[11] Shist′ problem ukrayins′koyi vyshchoyi osvity, yaki vyyavyv karantyn (2020) [The six problems of Ukrainian higher education identified by quarantine]. URL: https://osvita.ua/vnz/74767. [in Ukrainian]

[12] Dmytriyev M.M. (2020) Vtilennya innovatsiynykh tekhnolohiy vyshchoyi osvity – vymoha chasu [Implementation of innovative technologies of higher education – the requirement of time] / M.M. Dmytriyev, I.P. Hamelyak, I.M. Vakarchuk ta inshi // Tezy LXXVI naukovoyi konferentsiyi profesors′ko-vykladats′koho skladu, aspirantiv, studentiv ta spivrobitnykiv vidokremlenykh strukturnykh pidrozdiliv universytetu: Sektsiya «Reformuvannya osvitn′oho protsesu v konteksti vymoh Yevropeys′koyi kredytno-transfernoyi systemy navchannya (EKTS)». – K.: NTU, 2020. – C. 441. URL: http://vstup.ntu.edu.ua/konf-76.pdf. [in Ukrainian]

[13] Podkovko Kh.V. (2016) Innovatsiyni tekhnolohiyi navchannya v konteksti kompetentnisnoho pidkhodu v osviti [Innovative learning technologies in the context of the competence approach in education] / Kh.V. Podkovko // Medychna osvita – Medical education, 2016, № 1. – C. 41–43. URL: DOI 10.11603/me.v0i1.6360. [in Ukrainian]

[14] Harashchuk O. (2016) Osvitn′o–naukova paradyhma staloho rozvytku produktyvnykh syl Ukrayiny [Educational and scientific paradigm of sustainable development of the productive forces of Ukraine] / O. Harashchuk, V. Kutsenko // Problemy i perspektyvy ekonomiky ta upravlinnya – Problems and prospects of economics and management, №3(7), 2016. – C. 135-141. URL: http://journals.stu.cn.ua/problems_and_prospects_economics_management/article/view/97138.[in Ukrainian]

[15] Mykhaylichenko M. (2016) Osvitni tekhnolohiyi: navchal′nyy posibnyk [Educational technologies: textbook] / M. Mykhaylichenko, Y. Rudyk // – K.: TSP «KOMPRINT» – CP «KOMPRINT». URL: https://www.researchgate.net/publication/316190546_Osvitni_tehnologii. [in Ukrainian]

[16] Tsyfrova kompetentnist′ vchytelya DigCompEdu (2018) [Digital Competence Framework for Educators] // Tekhnolohiyi ta systemy dystantsiynoho navchannya – Technology and Distance Learning System. URL: http://dystosvita.blogspot.com/2018/04/digcompedu.html. [in Ukrainian]

[17] Sylabus dlya zmishanoho ta/abo dystantsiynoho navchannya (2018) [Syllabus for Mixed and / or Distance Learning] // Tsentr zabezpechennya yakosti osvity NU «Kyyevo-Mohylyans′ka akademiya» – Center for Education Quality Assurance, National University of «Kyiv-Mohyla Academy». URL: https://www.ukma.edu.ua/images/docs/QA/SYLABUS_FOR_MIXED_DISTANCE_EDUCATION.pdf. [in Ukrainian]

[18] Planuvannya kursu – konstruktyvne uzhodzhennya (2018) [Course planning – constructive coordination] // Tsentr zabezpechennya yakosti osvity NU «Kyyevo-Mohylyans′ka akademiya» – Center for Education Quality Assurance, National University of «Kyiv-Mohyla Academy». URL: https://www.ukma.edu.ua/index.php/osvita/quality-edu/korysni-materialy. [in Ukrainian]

[19] Marunych V. (2019) Perspectives of the Accumulative System «How to Become a Ministry of Transport and Infrastructure?» / V. Marunych, I. Vakarchuk, V. Kharuta, M. Tyshkevych // Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: NTU, 2019. – Issue 3 (45). – P. 103–112. URL: file:///C:/Users/Ігор/Downloads/Vntu_2019_3_15.pdf.

[20] Davlikanova O. (2020) Analitychnyy zvit za rezul′tatamy pershoho roku provedennya eksperymentu iz zaprovadzhennya pilotnoho proyektu u zakladakh fakhovoyi peredvyshchoyi ta vyshchoyi osvity z pidhotovky fakhivtsiv za dual′noyu formoyu zdobuttya osvity [Analytical report on the results of the first year of the experiment on the introduction of a pilot project in institutions of professional higher and higher education for the training of specialists in the dual form of education] / O. Davlikanova, T. Ishchenko, A. Tchaikovsky // Scientific and Methodical Center of VFPO and Representation of the Foundation named

after Friedrich Ebert in Ukraine. – Kyiv, 2020. – 96 c. URL: https://nmc-vfpo.com/wp-content/uploads/2020/09/dualna-web-15-53.pdf. [in Ukrainian]

[21] Poroshenko M.A. (2019) Inklyuzyvna osvita: navchal′nyy posibnyk [Inclusive education: a textbook] / M.A. Poroshenko // – Kyyiv : TOV «Ahentstvo «Ukrayina» – Ukraine Agency LLC, 2019. – 300 c. URL: https://mon.gov.ua/storage/app/media/inkluzyvne-navchannya/posibniki/inklyuziyavnz.pdf. [in Ukrainian]

[22] International Higher Education (2020) // The Boston College Center For International Higher Education: Special Issue №102 (2020). URL: https://www.internationalhighereducation.net/api-v1/article/!/action/getPdfOfArticle/articleID/2922/productID/29/filename/article-id-2922.pdf.

[23] Hudzik J.K. (2020) Higher education internationalists need to be disruptive // University World News. URL: https://www.universityworldnews.com/post.php?story=20200501144452900.

[24] Barnett R. (1997) Osmysleniye universiteta [Making sense of the university] // «Obrazovaniye v sovremennoy kul'ture» – Education in modern culture, Tsentr problem razvitiya obrazovaniya BGU. Al'-manakh №1, 1997. URL: www.edc.bsu.by. [in Russian]

[25] Barnett R. (2000) University Knowledge in an Age of Supercomplexity // University College London: December 2000 Higher Education 40(4): – P. 409–422. DOI: 10.1023/A:1004159513741. URL: https://www.researchgate.net/publication/227010092_University_Knowledge_in_an_Age_of_Supercomplexity.

[26] Søren S.E. Bengtsen (2018). Supercomplexity and the university: Ronald Barnett and the social philosophy of Higher Education // Higher Education Quarterly. 2018; Volume72, Issue1: – P. 65-74. URL: https://doi.org/10.1111/hequ.12153.

[27] Barnett R. (2017) The Ecological University: A Feasible Utopia // London : Routledge, 2017, – 228 p. URL: https://www.ronaldbarnett.co.uk/books.php.

[28] Staley D.J. (2019) Alternative Universities: Speculative Design for Innovation in Higher Education // Baltimore, USA : Johns Hopkins University Press: Hardcover, – 280 p. URL: https://www.goodreads.com/book/show/42453188-alternative-universities.

[29] Goldratt E.M. (2018) It's Not About Luck. URL: http://www.management.com.ua/books/view-books.php?id=1077.

[30] Doyle A. (2020) Top Soft Skills Employers Value With Examples // The Balance Careers: September 17, 2020. URL: https://www.thebalancecareers.com/list-of-soft-skills-2063770.

[31] Galloway S. (2020) We are barreling toward a caste system, sequestering kids by income – NYU professor Scott Galloway. URL: https://www.insider.com/nyu-professor-scott-galloway-how-to-fix-income-inequality-kids-2020-1.

[32] Maloney, E.J. and Kim, J. (2020) 15 Fall Scenarios. Higher education in a time of social distancing // INSIDE HIGHER ED. URL: https://www.insidehighered.com/digital-learning/blogs/learning-innovation/15-fall-scenarios?fbclid=IwAR0Ry65CO6NpCjO0WdwJBkHKHif86FJoxXTBYGQJiCQFsVQ_ttaeNrtXylU.

[33] Frankfurt T. (2020) How The Pandemic Could Forever Change Higher Education // Forbes Technology Council. Paid Program Innovation. URL: https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2020/05/08/how-the-pandemic-could-forever-change-higher-education/#455bb25f7b93.

УДК 656.1/.5:658.2 DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-147-156

SYSTEM ANALYSIS IN TRANSPORT INFRASTRUCTURE

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ В ТРАНСПОРТНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ



***Dmitriev Mykola Mykolayovych**, Doctor of Technical Science (s), professor at the Department of Airports, National Transport University, 01010, Ukraine, Kyiv, 1, M. Omelyanovich-Pavlenko street, of. 344, e-mail: dntu.dnn@ukr.net, тел. (+38044)280-70-73,*

https://orcid.org/0000-0003-0443-5469.



***Vakarchuk Ihor Mykolayovych**, Ph.D in Technical Science, Associate Professor at the Department of Airports, National Transport University, 01010, Ukraine, Kyiv, 1, M. Omelyanovich-Pavlenko street, of. 344, e-mail: imvsor@gmail.com, тел. (+38044)280-70-73,*

https://orcid.org/0000-0002-9693-1744.



***Sutuga Igor Anatoliyovych**, Student at the Department of Airports, National Transport University, 01010, Ukraine, Kyiv, 1, M. Omelyanovich-Pavlenko street, of. 344, e-mail: gip65n@gmail.com, тел. (+38044)280-70-73,*

https://orcid.org/0000-0001-9215-8507

Abstract: The article deals with the system of training of analysts and proposes the analytical structure of the transport and road complex with the corresponding analytical centers in each of the regions of the country, which have the principal novelty of research on rational forms and methods of information and analytical activity for improving the infrastructure projects and programs management and it is the perspective of creation of industry analytical elite.

The object of the research - it is a system for the training of analysts majoring in “System analysis in transport infrastructure” for the transport and road complex of the country.

The purpose of work – it is to identify the main program goals of applied system analysis in the transport infrastructure and strategic ways for the creation of analytical elite of the transport and road complex of the country.

Method of research - it is a systemic, conceptual and software approaches.

Suggested industry analytical structure has principled novelty toward the training of systemic analysts, providing with them the transport and road complex of the country, the continuous monitoring of the state and expert evaluation of the important decisions, the development of alternative infrastructure projects and programs in related fields of transport and road industry, that allow qualitatively to improve decision-making at strategic, tactful and operational levels of the management toward infrastructure projects.

The support from the side of interested parties (Stakeholders) of the Ministry of Infrastructure and Ministry of Education concerning guaranteed annual state order of stated specialty “System analysis in transport infrastructure” in National Transport University will allow significantly increase the analytical potential of transport and road complex and country as a whole.

Further development of the object of research – it is the state support for the system of the training of analysts for the transport and road complex of the country and suggested analytical system is the basis for the development of related fields of transport and road industry and support of public initiatives in improving the management toward infrastructure projects and programs and the creation of industry analytical elite.

Key words: system analysis, infrastructure of transport, transport and road complex, industry analytical center, analytical elite.

Formulation of the problem.

Today's scientific tasks are aimed at ensuring the reliable functioning of the transport-road complex (TRC) of the country as a whole and in the areas of research of the state of materials in structures and destructive processes, development and improvement of means and materials for increasing the reliability and durability of building structures, buildings and structures using modern construction technologies.

The use of the Road Fund and the annual increase in funding proves that the authorities have understanding attitudes to solving the problems of the country's road industry. Recent changes to the Budget Code and the state budget for 2020 allow “Ukravtodor” to borrow under state guarantees and raise additional funds for the repair of about 6,500 km. and construction of at least 4,000 km. of roads, construction of several junctions on the most dangerous sections of general-purpose roads, bridges in Zaporizhzhya, Mykolayiv and Kremenchuk, as well as 9 bypass roads in Ukraine. 34 road projects in 14 regions of the country have already been started this year. [1]

Positive developments in financing require an appropriate attitude to the profile staffing providing of the country's road industry, namely the proper support of innovative projects for the design, construction, operation, maintenance, repair, and reconstruction of transport infrastructure facilities in accordance with the requirements and provisions of applicable legislative and regulatory legal acts of Ukraine.

Therefore, the industry needs the immediate provision with appropriate specialists to carry out professional tasks and responsibilities of an applied nature regarding the rational strategic, tactical and operational management toward infrastructure projects and their successful implementation. This is about the perspective direction for the training of highly qualified personnel, namely system analysts who combine the professional competences of related fields of transport and road management. The implementation of this educational project will solve the problems of providing the industry with analysts of transport infrastructure systems and the creation of analytical elite of the TRC of the country, which is capable of solving strategic goals.

Analysis of the recent research and publications.

The carried out analysis of research and publications revealed the following. In work [2] it is discussed the basic conceptual approaches toward understanding the nature of public administration analytics as a system that combines problematic, methodological, information-technological, organizational, value-normative, personnel aspects. It is emphasized that the importance among the rules of the social phenomenon makes the institutionalization of analytical activity, which is becoming a widespread and influential type of socio-economic activity and is increasingly based on the values, norms and standards that are formed in society.

In accordance with this rule, there, in our country, is a need to intensify intellectual activity in general and analytical in particular. This is possible only if the country creates its policy in the field of analytical intelligence. In work [3] it is proved that the professional and activity part of the analytical component is a set of special competencies, which are invariant, determine the competences related to the knowledge of the apparatus of performing analytical functions. These include information-analytical, accounting-analytical, financial-analytical, mathematical or quantitative-analytical, system-analytical and IT-analytical. All analytical competencies form the analytical competence of the specialist, which will allow specialist to make careful decisions in order to improve productivity at strategic, tactical and productive levels. Based on the theoretical analysis of the basic concepts of the research, analytical competence is defined as an integrative professional quality of a person, reflecting, on the one hand, the ability to identify an information need, to search the information, and to have effective work with it using the processes of analysis and synthesis; the ability to get general successful indicators based on accounting and financial and quantitative analysis of the activity and to conduct the evaluated conclusions, the ability to research systematically and to evaluate situation; and, on the other hand, the ability of the individual to use computer technology and telecommunications technology as a tool for analytical research and use them in professional and daily life for making of management decisions. In work [4] it is researched the normative regulation and the current situation for training analysts of the

information field. The raised question is about the classification features of the field of knowledge and specialty of persons who are professionally engaged in analytical activity. There are differences in national classifiers; resolutions of the Cabinet of Ministers of Ukraine concerning the training of relevant specialists. It is noted that there is no mechanism for calculating the need in such specialists. Issues of activity of the Ministry of Information Policy of Ukraine are separately raised. The division of analysts' competences by educational level is proposed according to the transnational and national qualifications limits. The conclusion about the fatal consequences of laying the emphasis of training analysts of the information field on self-education has been made. In work [5], the evolution of system analysis from ancient Greek philosophy to synergetic is discussed. The transition from authoritarian public administration to democratic governance is analyzed. The dependence of changes in systemic and state management theories on the development of economic sectors is shown. The choice of a systematic approach as a theoretical and methodological basis of state management is substantiated. It is emphasized that the current crisis of the classical theory of state management is connected with the rapid growth of the tertiary post-industrial sector of the economy (production of services). The way out of this crisis is to develop ways of democratic governance on the basis of decentralization and forming partnerships between government and citizens based on their self-organization and self-government, the most famous of which are the concepts of New Public Management and Good Governance. The large number of unsuccessful attempts of using classical systems approaches and methodologies for the solution of state problems makes us search the new systems theories, the most popular of which is synergetic. The formation of the Quaternary sector of the economy makes the systematics become the theoretical and methodological basis of state management. The perspectives of further exploration in this direction are in connection with the fact that the five-year economic sector will be based on motivations. Charlatan commercial religious sects, PR agencies, astrological communities, and the similar structures are already looking for ways for this activity to carry commercial nature. Therefore, it is necessary to investigate how these changes will affect the practice and theory of state management, which system theories support the solution of new problems related to the evolution of human creative abilities.

Formulating of the goals of the article.

Based on the above, the purpose of this article is to determine the main programmatic goals of applied system analysis in the transport infrastructure and strategic directions of creation of the analytical elite of the country’s transport and road complex.

Outline of the main research material.

It should be noted that global trends of using the modern technologies in road construction, new methods (including Foresight methods), strategic, tactical and operational management toward infrastructure projects require a respective level of professional training of system analysts, especially analysts of transport infrastructure systems.

They are future high-class specialists who are ready to fulfill the tasks of the customers within the requirements and provisions of the current legislative and regulatory acts.

In view of the above, in 2017, on the basis of the fundamental theoretical and applied platform created by the Department of Airports of the National Transport University (NTU), training of analysts in the specialization "System Analysis in Transport Infrastructure" was started. Considering the educational program, we will define its uniqueness and differences. The Bachelor's program consists of the following educational components: theoretical part, practice and final certification.

The theoretical part is the disciplines (modules) related to the normative part of the program, and the disciplines (modules) related to its selective part, which is formed by NTU and provides the opportunity to implement bachelor programs that have different professional directions of education within the same specialty. The program includes blocks of the selective part toward the specialty and for specialization "System analysis in the transport infrastructure".

The program includes the disciplines of the cycle of humanitarian and socio-economic disciplines (9%), the cycle of disciplines of mathematical and natural and scientific training (21%), the cycle of vocational and practical training toward the specialty (45%), the cycle of vocational and practical training in special activities (25%).

Practices are fully relevant to the selective part of the program. The program of practice provides practical acquaintance and acquisition of practical skills toward the specialty and professional direction.

Final certification has deal with the normative part of the program and ends with the assignment of the qualification specified in the list of specialties and directions of higher education training.

The training time and the time of organization of the program permit to have internships (or part of training) abroad on the basis of individual grants.

The educational program includes the implementation of a competent approach to the organization of the educational process, which allows to present the results of training with the help of an integrated system of competences and consists in the ability to solve complex specialized problems and practical problems of system analysis in professional activity or in the process of learning, which involve the using of theoretical provisions and methods of system analysis and information technology and is characterized by the complexity and uncertainty of the conditions.

The focus of the program is on the ability to use the technologies of analysis, modeling, forecasting, design and decision making in the field of construction of transport infrastructure objects. The educational program involves the acquisition of social skills (soft skills). Comparison of program specialized professional competencies and learning results are presented in Table 1.

At the same time, the conducted analysis of the list of competences of the graduate identified on the basis of the standard of higher education of Ukraine [6] majoring in the specialty "System analysis" for the first (bachelor) level of higher education, approved and put into effect by the order of the Ministry of Education and Science #1245 as of November 13, 2018 did not identify the methods, techniques and technologies of a psychological nature that a higher education graduate should master for using in practice.

Table 1 – Program specialized professional competencies and results of learning

Таблиця 1 – Програмні спеціалізовано-професійні компетентності та результати навчання

Program specialized professional competencies	Program learning results
1	2
ability to analyze, use the provisions of the legislative and regulatory framework in the field of design, construction and operation of transport infrastructure objects and technologies with regard to their reliability	be able to analyze, use the provisions of the legislative regulatory framework in the field of design, construction and operation of transport infrastructure objects and technologies with regard to their reliability
knowledge of engineering research methods, design technology using universal and specialized software and computer systems and systems for automated design of transport infrastructure objects	know the methods of engineering research, design technology using universal and specialized software and computer systems and systems of automated design of objects of transport infrastructure
knowledge of methods and technology of operation, reconstruction and reliability of transport infrastructure objects	to know methods and technology of operation, reconstruction and reliability of transport infrastructure objects
ability to use the requirements of occupational safety, fire safety, life safety and environmental protection when designing, constructing, operating and reconstructing transport infrastructure objects	be able to use the requirements of occupational safety, fire safety, life safety and environmental protection when designing construction, operation and reconstruction of transport infrastructure objects
ability to carry out and organize the technical operation of transport infrastructure objects, to ensure the reliability, safety and efficiency of their work, to analyze the technical and economic efficiency of their work and development of measures to improve them	be able to carry out and organize the technical operation of transport infrastructure objects, to ensure the reliability, safety and efficiency of their work, to analyze the technical and economic efficiency of their work and to develop measures for its improvement

Continued table 1

1	2
knowledge of the organizational and legal grounds of management and business activity, planning of staff work and methods of implementing innovative ideas, organization of production and effective management toward people's work during the design, construction and operation of transport infrastructure objects	to know organizational and legal grounds of management and business activity, planning of staff work and methods of implementation of innovative ideas, organization of production and effective management toward people's work during the design, construction and operation of transport infrastructure objects
knowledge of the nomenclature of building materials and products of inorganic and organic nature, their technical and operational properties, features of manufacturing and rational use depending on the conditions of use, operation and taking into account economic appropriateness, environmental safety, economics of nature management and performance of technical and economic analysis and calculation of indicators of production of different types of building materials, products and structures	to know the nomenclature of building materials and products of inorganic and organic nature, their technical and operational properties, features of manufacturing and rational use depending on the conditions of use, operation and taking into account economic appropriateness, environmental safety, economics of nature management and to perform technical and economic analysis and calculation of indicators of production of different types of building materials, products and structures
knowledge of raw material base, nomenclature and grounds of technologies of getting all types of building materials, products and structures, design of technological lines and enterprises, their production using local raw materials and industrial waste, designing of effective technologies of monitoring of their reliability	to know the raw material base, nomenclature and grounds of technologies of getting all types of building materials, products and structures and to design technological lines and enterprises, their production using local raw materials and industrial waste, to design effective technologies of monitoring of their reliability
knowledge of the grounds of production processes, principles and methods of their organization in the main, collateral and service units of enterprises, methodology of research and design of production processes and systems and theoretical rules of the flow of elementary processes and basic stages of technological process of manufacturing building materials, products and structures, principles of optimization of technological solutions and calculating the parameters of technological processes and apparatus and assessing their impact on the environment	to know the basics of production processes, principles and methods of their organization in the main, collateral and service units of enterprises, methodology of research and design of production processes and systems and theoretical rules of the flow of elementary processes and basic stages of technological process of manufacturing building materials, products and structures, principles of optimization of technological solutions and calculating the parameters of technological processes and apparatus and assessing their impact on the environment
ability to determine the basic properties of building materials, products and structures using modern test methods, to determine the dependence of the properties of materials on their composition and structure, as well as their manufacturing technology for the rational and environmentally friendly use of building materials, products and structures for objects of transport infrastructure	be able to determine the basic properties of building materials, products and structures using modern test methods, to determine the dependence of materials properties on their composition and structure, as well as their manufacturing technology for the rational and environmentally friendly use of building materials, products and structures for objects of transport infrastructure

Continued table 1

1	2
knowledge of technology of production and utilization of industrial waste toward the industry fields, main measures of utilization, recuperation and recycling of waste	To know the technology of production and utilization of industrial waste toward the industry field, main measures of utilization, recuperation and recycling of waste
Ability to conduct monitoring and evaluation of the reliability of the condition of structural elements of transport infrastructure objects	be able to conduct monitoring and evaluation of the reliability of the condition of structural elements of transport infrastructure objects
ability to develop technical documentation and draw up work schedules, instructions, plans, budgets concerning monitoring of the reliability of the condition of the structural elements of transport infrastructure objects	be able to develop technical documentation and draw up work schedules, instructions, plans, budgets concerning monitoring of the reliability of the condition of structural elements of transport infrastructure objects

For comparison, the Institute for the Future report presents a map of future professional skills [7], which defines current skills in the context of scientific and technological progress: critical thinking; innovative adaptive thinking and the ability to work with modern media resources; calculated thinking; project thinking; managing toward cognitive load; social intelligence; intercultural competence; ability to work remotely; transdisciplinarity.

Therefore, in order to receive full professional training in the curricula of future system analysts, it is necessary to add a block of psychological and pedagogical disciplines, such as "Psychology and pedagogy", "Psychology of personality", "Psychology of effective communication", "Psychology of leadership, influence and power", etc. [8], which gives great impetus to the development of the humanitarian component of higher education, especially modern philosophy [9]. As a result, graduates are formed knowledge in the field of psychology of personality, cognitive processes, psychology of activity, psychology of a group (team), psychology of human relations; ability to work in a team, create conditions for cooperation; management skills toward workgroup and teamwork skills, reflecting a particular application focus for future communication of system analyst.

In view of the above, it becomes an urgent need to develop new conceptual approaches to the creation of the industry analytical structure, that has, in its work, a fundamental novelty toward the continuous monitoring of the state, expert assessment of priority decisions, development of alternative infrastructure projects and programs in related fields of transport and road industry and will allow qualitatively to improve work concerning decision-making at all levels of management: strategic, tactical and operational.

It is proposed to establish an industry analytical center of the country's transport and road complex (IAC) with corresponding branches - regional analytical center (RAC) in each of the regions, which have a fundamental novelty toward conducting research with rational forms and methods of information and analytical activity, Figure 1.

In order to ensure reliable functioning of the IAC it is important to form a team of like-minded people and to solve the following strategic tasks:

- creation of analytical tools for the implementation of infrastructure projects;
- creation of common infrastructure and methodology of expert-analytical activity of regional centers for solving problems at the place and promotion of their own infrastructure projects in the regions;
- creation of a modern and powerful analytical support for the warning management system, using predictive analytics technologies based on Big Data to expand the network of expert groups (centers);
- creation of a multilevel monitoring system of available information toward the implementation of infrastructure projects in the regions, the country as a whole and in the world. The monitoring product will be

constantly updated Profile Collection (Atlas) of maps, illustrations, tables, schemes toward solving problems of transport infrastructure systems;

- training and professional training of analysts of transport infrastructure systems for public, local and private management on the basis of the created fundamental theoretical and applied platform at the department of airports of NTU, where training toward this specialization is conducted since 2017.

The conceptual decision for creation and functioning IAC is to involve a wide range of experts and organizations in the expert-analytical activity, to establish relations with a number of leading regional and foreign mass media, news agencies, scientific and research and project institutes, the Administration of President, the Government, local state administrations, self-government bodies.

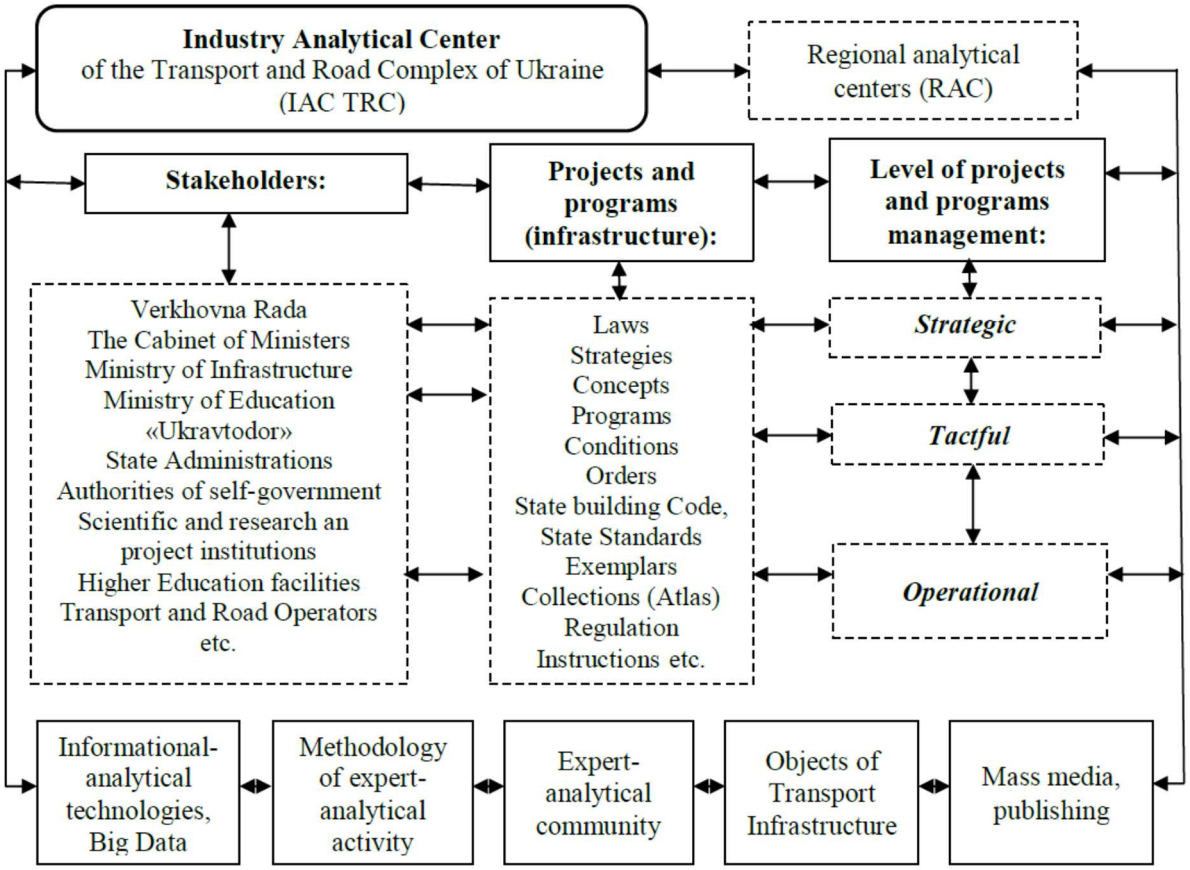


Figure 1 – The conceptual scheme of the analytical structure of the transport and road complex of the country
Рисунок 1 – Концептуальна схема аналітичної структури транспортно-дорожнього комплексу країни

The main idea is to develop and implement a program to build a highly efficient self-structured hierarchical multi-purpose system that will generate the analytical elite of the TRC of the country and is designed to develop and support public initiatives in improving the management toward infrastructure projects. Using this system will significantly enhance the analytical potential of our country as a whole.

Your mobile publishing department and the staff of contracted journalists are required. Due to the formation and maintenance of appropriate databases, the use of advanced information and analytical technologies IAC will be able to conduct deep analytical studies of a multidisciplinary nature with the involvement of necessary specialists (researchers, analysts, consultants). Also, IAC will take into account the world experience of similar structures, in particular, RAND Corporation and DARPA (USA) [10].

Conclusions from this research.

Global trends in the direction of modern technologies in the road construction, the use of new methods (including Foresight methods), strategic, tactical and operational management toward infrastructure projects require an appropriate level of professional training of system analysts.

The programs of academic disciplines in “System Analysis” course should take into account the requirements of the present and perspective future and special applied orientation and emphasize on the training of competitive specialists for the analytical structures of the TRC of the country.

There is a clear example of solving the problem of providing of TRC with high-qualified personnel by the department of airports of NTU, on which in 2017 it was started the training of analysts in the specialty "System analysis in transport infrastructure" on the basis of the created fundamental theoretical and applied platform.

The uniqueness of the academic, practical and applied orientation of the educational program ensure a relevant teaching staff of professional practitioners in close collaboration with interested parties (stakeholders), among whom are relevant government officials, representatives of local authorities and state administrations, industrial ministries, agencies, services and scientific and research institutions, higher education institutions, transport infrastructure facilities, transport and road operators of different forms of ownership.

The analysis of the list of competences of the graduate, identified on the basis of the higher education standard of Ukraine toward the specialty "System analysis" and the report of Institute for the Future concerning future working skills for 2020 proves the need to add a block of psychological and pedagogical disciplines in the curricula in order to receive a full vocational training reflecting the special application orientation for communication of future system analysts.

Considering the strategic importance of system analysts for TRC and the country as a whole, the Ministry of Education and the Ministry of Infrastructure should provide an annual state order of 10 people for the declared specialization "System Analysis in Transport Infrastructure".

The creation of a IAC will be the basis for the development of related industry of transport and road industry and the support of public initiatives in improving the management toward infrastructure projects.

The functioning of the IAC will give impetus to the creation of the analytical elite of the TRC of the country through the involvement of a wide range of experts-analysts, team nature of work, institutionalization of expert-analytical fellowship, using of network structure.

The purposeful and systematic promotion of intellectual achievements of the national applied school of system analysis in the transport infrastructure among compatriots abroad should be considered as an important direction of activity.

References

[1] Nova dorozhnya stratehiya 2020: yak uryad planuye «zshyvaty» dorohamy vsyu krayinu [New Road Strategy 2020: How the Government plans to "sew together" with roads all the country]. URL: https://www.epravda.com.ua/publications/2020/01/27/656329/ [in Ukrainian].

[2] Surmin Yu.P. (2007) Analityka derzhavnoho upravlinnya: sutnist′ i tendentsiyi rozvytku [State management Analytics: Essence and Trends of Development] / Yu.P. Surmin // Instytut problem derzhupravlinnya ta mistsevoho samovryaduvannya NADU - Institute of Problems of Public Administration and Local Self-Government of NADU. – 21p. URL: http://academy.gov.ua/ej/ej5/txts/06sypdsv.htm [in Ukrainian].

[3] Polovenko L.P. (2012) Analitychna kompetentnist′ - klyuchovyy skladnyk profesiynoyi kompetentnosti maybutnikh fakhivtsiv z ekonomichnoyi kibernetyky [Analytical competence is a key component of the professional competence of future specialists in economic cybernetics] / L.P. Polovenko // Problemy formuvannya natsional′noyi elity. Teoriya i praktyka upravlinnya sotsial′nymy systemamy - Problems of formation of national elite. Theory and Practice of Social Systems Management 1. - P.82-90. URL: https://www.kpi.kharkov.ua/archive/Scientific_periodics/Tipuss/2012_1/Polov.pdf [in Ukrainian].

[4] Mandzyuk O.A. (2015). Pidhotovka analitykiv informatsiynoyi sfery u vyshchykh navchal′nykh zakladakh: problemy s′ohodennya [Training of information field analysts in higher education institutions:

Modern problems. Training of informative analyst in higher education: modern problems]. Visegrad Journal on Human Rights. 2/2015, 124-130. URL: http://www.vjhr.sk/archive/2015_2/22.pdf [in Ukrainian].

[5] Yelchaninov D.B. (2011) Systemnyy analiz u derzhavnomu upravlinni [System Analysis in Public Administration] / D.B. Yelchaninov // Teoriya ta praktyka derzhavnoho upravlinnya - Theory and Practice of Public Administration – 2011 - Issue 3 (34). - P. 27-36. URL: http://www.kbuapa.kharkov.ua/e-book/db/2011-1/doc/1/04.pdf [in Ukrainian].

[6] Ministerstva osvity i nauky (2018). Standart vyshchoyi osvity Ukrayiny za spetsial′nistyu «Systemnyy analiz» dlya pershoho (bakalavrs′koho) rivnya vyshchoyi osvity zatverdzhenyy i vvedenyy v diyu nakazom № 1245 vid 13 lystopada 2018 roku [The Higher Education Standard of Ukraine, majoring in System Analysis, for the first (bachelor) level of higher education was approved and implemented by Order of the Ministry of Education and Science №1245 as of November 13, 2018]. URL: https://osvita.ua/consultations/spec-bach/62872/ [in Ukrainian].

[7] Future Work Skills 2020 Report [SR-1382A] // Institute for the Future [Official Website]. URL: http://www.iftf.org/uploads/media/SR-1382A_UPRI_ future_work_skills_sm.pdf

[8] Ivanova A. D, Barmina O.V. (2017) Analiz lichnostnykh i professional'nykh trebovaniy, pred"yavlyayemykh k podgotovke sistemnogo analitika [Analysis of personal and professional requirements for system analyst training] // Nauchnoye obozreniye. Pedagogicheskiye nauki. – 2017. – № 2. – S. 54-59 - Scientific Review. Pedagogical Sciences. - №2. - P. 54-59. URL: https://science-pedagogy.ru/ru/article/view?id=1596 [in Russian].

[9] Kurnosov Yu.V. (2017) Filosofiya Analitiki [Analytic's philosophy]. - M.: Rhythm. - 320 p. URL: https://www.litres.ru/uriy-vasilevich-kurnosov/filosofiya-analitiki/chitat-onlayn/ [in Russian].

[10] Frederick S. Pardee RAND Graduate School. (2018) [Official Website]. URL: https://www.prgs.edu/.

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ В ТРАНСПОРТНІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ

Дмитрієв Микола Миколайович, доктор технічних наук, професор кафедри аеропортів, Національний транспортний університет, 01010, Україна, Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, оф. 344, ел. пошта: *dntu.dnn@ukr.net*, тел. (+38044) 280-70-73, *https://orcid.org/0000-0003-0443-5469*.

Вакарчук Ігор Миколайович, кандидат технічних наук, доцент кафедри аеропортів, Національний транспортний університет, 01010, Україна, Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, оф. 344, ел. пошта: *imvsor@gmail.com*, тел. (+38044) 280-70-73, *https://orcid.org/0000-0002-9693-1744*.

Сутуга Ігор Анатолійович, студент кафедри аеропортів, Національний транспортний університет, 01010, Україна, Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, оф. 344, ел. пошта: *gip65n@gmail.com*, тел. (+38044) 280-70-73, *https:// orcid.org/0000-0001-9215-8507*.

В статті розглянуто систему підготовки аналітиків та запропоновано аналітичну структуру транспортно-дорожнього комплексу з відповідними аналітичними центрами в кожному з регіонів країни, що мають принципову новизну дослідження за раціональними формами і методами інформаційно-аналітичної діяльності для поліпшення управління інфраструктурними проєктами і програмами та є перспективою створення галузевої аналітичної еліти.

Об'єкт дослідження – система підготовки аналітиків за спеціалізацією «Системний аналіз в транспортній інфраструктурі» для транспортно-дорожнього комплексу країни.

Мета роботи – визначення основних програмних цілей прикладного системного аналізу в транспортній інфраструктурі та стратегічних напрямів створення аналітичної еліти транспортно-дорожнього комплексу країни.

Метод дослідження – системний, концептуальний та програмній підходи.

Запропонована галузева аналітична структура має принципову новизну щодо підготовки системних аналітиків, забезпечення ними транспортно-дорожнього комплексу країни, постійного моніторингу стану та експертної оцінки владних рішень, розробки альтернативних інфраструктурних

проєктів і програм в суміжних галузях транспорту та дорожнього господарства, що дозволяє якісно поліпшити прийняття рішень на стратегічному, тактичному та оперативному рівнях управління інфраструктурними проєктами.

Підтримка з боку зацікавлених сторін (стейкхолдерів) Мінінфраструктури та Міносвіти щодо гарантованого щорічного державного замовлення заявленої спеціалізації «Системний аналіз в транспортній інфраструктурі» у Національному транспортному університеті дозволить значно посилити аналітичний потенціал транспортно-дорожнього комплексу та країни в цілому.

Подальший розвиток об'єкта дослідження – державна підтримка системи підготовки аналітиків для транспортно-дорожнього комплексу країни та запропонована аналітична система є базою для розвитку суміжних галузей транспорту та дорожнього господарства і підтримки громадських ініціатив в справі вдосконалення управління інфраструктурними проєктами і програмами та створення галузевої аналітичної еліти.

Ключові слова: системний аналіз, інфраструктура транспорту, транспортно-дорожній комплекс, галузевий аналітичний центр, аналітична еліта.

Перелік посилань

[1] Нова дорожня стратегія 2020: як уряд планує «зшивати» дорогами всю країну. URL: https://www.epravda.com.ua/publications/2020/01/27/656329/.

[2] Сурмін Ю.П. Аналітика державного управління: сутність і тенденції розвитку / Ю.П. Сурмін // Інститут проблем держуправління та місцевого самоврядування НАДУ. – 21с. URL: http://academy.gov.ua/ej/ej5/txts/06sypdsv.htm.

[3] Половенко Л.П. Аналітична компетентність - ключовий складник професійної компетентності майбутніх фахівців з економічної кібернетики / Л.П. Половенко // Проблеми формування національної еліти. Теорія і практика управління соціальними системами 1‘2012. – С.82-90. URL: https://www.kpi.kharkov.ua/archive/Наукова_періодика/Tipuss/2012_1/Polov.pdf.

[4] Мандзюк О.А. (2015). Підготовка аналітиків інформаційної сфери у вищих навчальних закладах: проблеми сьогодення. [Training of informative analyst in higher education: modern problems]. Visegrad Journal on Human Rights. 2/2015, 124-130. URL: http://www.vjhr.sk/archive/2015_2/22.pdf.

[5] Єльчанінов Д.Б. Системний аналіз у державному управлінні / Д.Б. Єльчанінов // Теорія та практика державного управління. - 2011. - Вип. 3 (34). - С. 27-36. URL: http://www.kbuapa.kharkov.ua/e-book/db/2011-1/doc/1/04.pdf.

[6] Стандарт вищої освіти України за спеціальністю «Системний аналіз» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти затверджений і введений в дію наказом Міністерства освіти і науки № 1245 від 13 листопада 2018 року. URL: https://osvita.ua/consultations/spec-bach/62872/.

[7] Future Work Skills 2020 Report [SR- 1382A] // Institute for the Future [Official Website]. URL: http://www.iftf.org/ uploads/media/SR-1382A_UPRI_ future_work_skills_sm.pdf.

[8] Иванова А.Д., Бармина О.В. Анализ личностных и профессиональных требований, предъявляемых к подготовке системного аналитика // Научное обозрение. Педагогические науки. – 2017. – № 2. – С. 54-59. URL: https://science-pedagogy.ru/ru/article/view?id=1596.

[9] Курносов Ю.В. Философия Аналитики. - М.: Ритм, 2017. — 320 с. URL: https://www.litres.ru/uriy-vasilevich-kurnosov/filosofiya-analitiki/chitat-onlayn/.

[10] Frederick S. Pardee RAND Graduate School. [Official Website]. URL: https://www.prgs.edu/.

УДК 550.83:624.13 DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-157-165

CONSTRAINTS OF OPTIMIZATION OF STATISTICAL ANALYSIS OF DATA OF ENGINEERIG MONITORING OF TRANSPORT NETWORKS

ОБМЕЖЕННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ ТЕХНІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖ



***Kuzminets Nikolai P.**, Doctor of Engineering Sciences, associate professor, National Transport University, chairman at Dept. of computer, engineering drawing and design, e-mail: kuzminecmp@ukr.net, phone +380442849713, Ukraine, 01103, Kyiv, M. Boychuk street 42, office 705*

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



***Dubovenko Yurii I.**, Doctor of Phylosophy in Physics and Maths, associate professor, National Transport University, senior teacher at Dept. of computer, engineering drawing and design, e-mail: nemishayeve@ukr.net, phone +380665979384, Ukraine, 01103, Kyiv, M. Boychuk street 42, office 709*

http://orcid.org/0000-0002-8128-5989

Summary. Time series for the technical monitoring of the transportation networks include interference and omissions. Their analysis requires the special statistical analysis. Known statistical packages do not contain a full cycle for processing of large time series. The linear timeline for the processing of periodic data is not available in digital statistics.

The sliding window approach is suitable for processing of interrupted time series. Its disadvantage is the restriction on the length of the row and the sensitivity to data gaps. The graph of the time series processing needs the internal optimization. The necessary steps for optimizing of the time series processing graph are determined. They are as follows: store data in an internal database, build the data samples on a single time scale, sampling based on the meta-description of the series, averaging in a sliding window, calendar bindings and omission masks, generalization of graphs, storage of graphics in vector format and so on.

The conditions for the study of series are revealed such as the database, calendar structure of data, processing of the gaps, a package of numerical methods of analysis, processing in a sliding window.

Keywords: monitoring, time series, optimization, averaging, sliding window.

Introduction

The data time series obtained during the continuous technical monitoring of engineering and transport networks, along with the useful signal, also contain the highly variable interference, data gaps, and non-stationary effects. These properties of the series require the use of the special methods of the statistical analysis for the initial data as well as their transformations. To do this, one can use the statistical analysis packages (SPSS, WinStat, etc.), but they do not contain a complete cycle of operations for the processing of time series. In particular, for processing of the large-dimension data, a database management system (DBMS) for time

series, a computing unit, and a data visualization unit are required. An example of the implementation of such a block is presented in the Simulink package for Matlab [1]. It is necessary to provide a linear timeline in the data processing [2]. It is most accessible implemented in the modern visual editors (such as MS Visio, 3D Studio Max, etc.) [3]. This greatly increases the ergonomics of data analysis and the joint processing of the series with unequal start dates or inconsistent frequency of observations. Such series often accumulate when monitoring the acoustic, seismic, electromagnetic, mechanical and other types of vibrations.

To analyze the structure of the series, it is necessary to identify the dependencies and relationships between the individual signals, which are burdened by noise. Many methods of digital processing of imperfect data are known [4]. The moving time window technique is often used [5] to study the development of the process in time and to identify the variation of useful signal anomalies as a reaction to external influences. The drawback of the moving window technique is the limitation on the row length and high sensitivity to data gaps and omissions.

Materials and Methods

The graph for processing of the series of data monitoring in the general case should contain the following blocks: the data collection and storage; preliminary data processing; processing of the data gaps; the data synchronization; the averaging in a moving window; visualization; report creation. In addition, each of these steps requires the internal process optimization. This article will be devoted to the analysis and generalization of the main approaches in this direction.

Optimization of storage of source data. The data must be stored in an internal database. Each row is an infinite number of cells with a clear time reference and a fixed interval between the observations (from 10^{-6} sec to 10^{+6} sec). When storing the data in a compact format (32 bits per value), it is possible to process rows containing ~ 10^9 points. When importing, the data must be added to the existing series (while monitoring the compliance with the chronology) in order to process the ongoing series of monitoring technical data. The advantage will be the ability to read data from digital catalogs of earthquakes [6].

The formation of the primary database of monitoring allows us to work not with the file names, but with the data samples. When setting up the data processing parameters and visualizing their analysis results, a clear time scale is required, rather than the point numbers, which greatly increases the quality and the speed of the processing. For the joint processing of the series with mismatching intervals and / or the periodicity of data, it is necessary to recalculate the data in a single time scale, leading them to the same calculation level.

In the general case, the primary flowchart of the processing of time series of the technical observations can have the following form: creation (import) of a data sample – preliminary filtering (data editing) – import into a calculation unit – mathematical transformations – analysis of new data – the data visualization – the report generation.

Optimization of source data preparation. While performing the various operations on the source data, we change them, creating the new series. To protect the primary data from accidental change, we need to distinguish between the accesses levels to them. Primary digital information is a series of instrumental observations imported to database. The *service utilities* can have access to it (import, export, sorting, editing, etc.). In addition, the numerical data analysis algorithms [7] should work not with primary data, but with series copies such as the data sampling.

Not all information from the database is recorded into the sample, but the data needed for a specific analysis (in the set of series and in the sampling time interval). Such a selection is convenient for the calculations: it is easier to specify the data that should be used by the necessary procedure and to set the real processing parameters. When creating a sample, data series must be recalculated at a given polling frequency. Thus, it is possible to build a joint analysis of data with the different frequency of observations [8].

The data series must have a *meta description* (a special attribute like exif / iptc in image files). New series created during the calculations should retain a meta-description of the original series, supplementing it

with the new information about the processing performed. It is important to record the user's operations within the data processing file (such as the calculation method, the model parameters, the calculation results, the statistical characteristics of the original series and those created during the calculation). This saves the processing information in a convenient form for subsequent analysis in other programs for engineering and / or mathematical modeling.

It is necessary to enter the processed (changed) rows from the workspace into the database separately, adding a new series to the main database, and not changing the primary data.

The well-known statistical analysis packages (SPSS, Statistica, Stadia, Statgraphics, Matlab) store the workspace in RAM, which imposes the appropriate restrictions on the size of the data sample [9]. Moreover, if one save the operational information from the workspace onto a separate (external) hard disk of a computer, one can load any amount of the data into the sample (up to filling the entire disk). The created sampling is not lost during the abnormal end of session, but automatically opens the next time the program starts.

Results and Discussion

Optimization of the data loss processing. The real series of the technical measurements in the monitoring of engineering and transport networks without stopping their current operation contain the data gaps. The gaps are artificially filled during the preliminary data preparation. Data gaps are filled in according to an *a priori model* of the measured value prediction. There are a number of valid models for interpolating the data gaps. The choice of one of the models at the stage of data preprocessing is not always optimal

A different approach to the processing of the observation gaps allows for their presence at any stage of the analysis. The average value can be estimated from the measured data, when alternating them with gaps or not (Fig. 1). One can not fill in the data gaps, but one need to calculate the data averaging in a moving window, while entering the necessary corrections (such as the recalculation of the weights and norms, taking into account other effects, the correction for obtaining of the unbiased estimates).

The FFT method [10] does not allow the gaps; it is necessary to fill in the gaps artificially before calling the method. Alternatively, one can to provide that the method fills in data gaps by default before calculating it. This requires more sophisticated time series calculation algorithms. However, you can use the data analysis methods that are not available in packages of the statistical processing of observations. Moreover, the analysis results are more statistically substantiated than when they are filling in the blanks manually when preparing the data.

The rejection of the incorrect measurements can be performed during the preliminary preparation of the data series (as far as the misfit looks like a sharp outlier) and at any stage of the analysis. Adaptive procedures are required for rejecting the defective observations at all the stages of the data processing.

Data sync optimization. While working with the monitoring data series, one need to calculate the arithmetic expressions (to subtract one signal from another, to determine the average value of the variables) element by element, taking into account the synchronization of measurements. It is necessary to add with each other the data that are measured at one moment in time. If the first parameter was measured daily from 1995 until 2015, while the second is obtained from 2003 until 2019, then the sum of the signals will be calculated for the time interval varying from 2003 until 2015. We take the information about the start and end dates of each row involved in the calculations from the meta description of the series. It is important for the user to type in the formula window the desired expression with the names of the series and the rest should be done automatically.

The variables in the formula are the identifiers of the data series, and the result of the calculations is a new time series, each value of which is calculated from the values of the original series by the formula given. In the computations, a “reasonable” processing of data gaps and special situations (dividing by 0, etc.) is needed. To correctly account for the experimental and the computational errors, it is necessary to prohibit the

dividing by zero and also by any small numbers less than a given threshold. This threshold is also needed for comparing values, search-and-replace, etc.

The data synchronization is also needed in other calculations such as the estimating the correlation coefficient in a moving window. This allows for joint signal processing not to look for the start-end dates of the series, but to focus on the data analysis. The calculation results get the calendared binding (a method setting). In calculating of the moving average, the result can be compared with the middle of the window and its right border [11].

In addition to the arithmetic operations, the operations with calendar time series are needed: we need to “transfer” the series to another time zone (given the switch to summer / winter season) or to deploy it "backwards" or to “stretch-squeeze” the time axis, if the clock by which the observations were synchronized was behind or in a hurry.

One need to combine the rows without breaking the calendar data binding. While calculating the value of the combined series, we look in the given order for the values of the original series for the desired time instant; thus, we put in the result series the first value, which is not a gap. Therefore, you can build complex algorithms for filling gaps. It is necessary to form the several rows of aggregates, using the certain methods depending on the different conditions, and then merge all the rows into one.

The gaps mask of the certain series is used in the numerical modeling on the model of a real series survey or generated by applying to it the *spreading* or the *drying* procedures. In the first case, the mask includes all the values adjacent to the gaps in time (*n*-th order neighbors for *n*-folded spreading). In the second case, all the values that have at least one missing value among the neighbors are deleted from the gaps mask. Masks allow us to build the flexible algorithms for filling the gaps, while combining the different methods, depending on how far in time the gap is from the nearest measured value.

In the numerical modeling, a quasiperiodic and pseudorandom implementations of a series are needed, the length and moments of gaps of which correspond to a real series of measurements. They are used as a “control group” in assessing the significance of the various effects. By mixing the values of the series, it is possible to destroy all the correlation relationships without changing its distribution function. Replacing the values of a number by their ranks, one can maintain the ordering of values, transforming any distribution function into a uniform one. The numerical modeling makes it possible to evaluate the *stability* of the results, their dependence on the characteristics of the signal, and reasonably interpret the observations date series.

These data series transformations can be performed in any statistical analysis package (SPSS, Statistica, Stadia, Statgraphics, Matlab) [8]. However, you need to perform all the calculations taking into account the synchronization of observations, and the flexible processing of the gaps and the special situations.

Optimization of the processing in a moving window. One of the monitoring problems is the tracking of the changes in a controlled system. The structure of the series changes, the response to variations of the external factor (atmospheric pressure, tide, etc.) does it too another way [12]. In order to detect the changes, it is necessary to evaluate the properties of the signal not in the whole row, but within the time window. Then one can move the window to the right and repeat the calculations. Therefore, they apply the adaptive noise filtering, adjusting the filter parameters to the current properties of the series

The drawback of moving window methods is that they are difficult to combine with each other. These methods require that the entire the window is placed “inside” the row. The full "run" of the window is always less than the length of the original row. Therefore, if the row is limited in length and the window is wide, then after applying several methods, nothing will remain of the signal to process.

The moving window methods should work without reducing the length of the filtered signal. At the beginning of time, the center of the moving window is aligned with the first point of the signal; the values in the left half of the window are considered gaps. If the allowed number of passes in a moving window is more than 50%, the calculations are performed for all points in the series, from its first point. In addition, the length

of the processed signal does not decrease. By varying the number of gaps, one can adjust the size of the "exit" of the window outside the row. If gaps are prohibited (0%), the calculations are performed only within a series. The gaps inside the row are similarly processed (Fig. 2).

This algorithm is better than the pre-filling the gaps procedure, or rejecting the data array in the presence of an insignificant amount of “spoiled” observations.

If the moving window is shifted by 1 point, the time step of sampling of the processed signal is equal to the step of sampling the original row (not the size of the window). This allows us to accurately track the changes in environmental monitoring parameters. By combining moving window methods, one can implement almost any data analysis algorithms.

Data visualization optimization. With the enormous power of computing and signal processing, a visual analysis of the graphs, and estimation of the signal characteristics goes by the wayside. The basis of statistical analysis packages are the data processing methods, and visualization is an addition to them. In the graphs, attention is paid to the design, not the content, which is convenient for the reports, but not in the analysis procedures.

Work with a signal should be started by studying its graph, and by choosing the optimal processing methods, as well as their parameters and the settings. The processing results must be displayed in the form of graphs in order to evaluate the effectiveness of the method and make the necessary corrections.

In the study the most interesting often are the unexpected effects of deviation of signal characteristics from the model ones. If these deviations are associated with interference, their detection is also important in order to eliminate the source of interference and to improve the quality of observations. Formal algorithms come from a predefined model of the perturbation and the signal, and they are ineffective in detecting such deviations. Using the qualified data visualization, deviations can be detected by the researcher [13].

During the visualization procedure, the data series (of a million-dot length) must be displayed quickly, on the fly, detailing any section of the series in a real calendar scale. Labels and fields must be minimized to use all the screen area to display the data.

In working with the large data sets, generalization of graphs is needed. This speeds up image retrieval, reduces the file size of the graph when stored in the vector format. Vector drawings are convenient for large rows processing and visualization, providing the image quality and ease of its design.

In addition to the time series processing units studied above, the scattering diagram (correlation field), spectra and periodograms (for the cyclic processes) are also used in the processing of technical monitoring data, as well as the fractal properties of the series are analyzed. However, these characterristics are beyond the scope of our study.

Conclusions and Recommendations

The problems of the data processing for the technical monitoring of engineering and transport networks require different processing methods. The statistical analysis packages do not have the necessary tools; it is difficult to maintain the databases, to process the gaps, and to perform the data synchronization. Matlab uses the ready-made built-in functions (such as the spectrum calculation, the plotting, etc.), or the algorithms for solving the non-standard problems. However, in Matlab there are no tools for organizing the database, most of the available data series functions do not work with the gaps, and one need to program the synchronization of data series by itself.

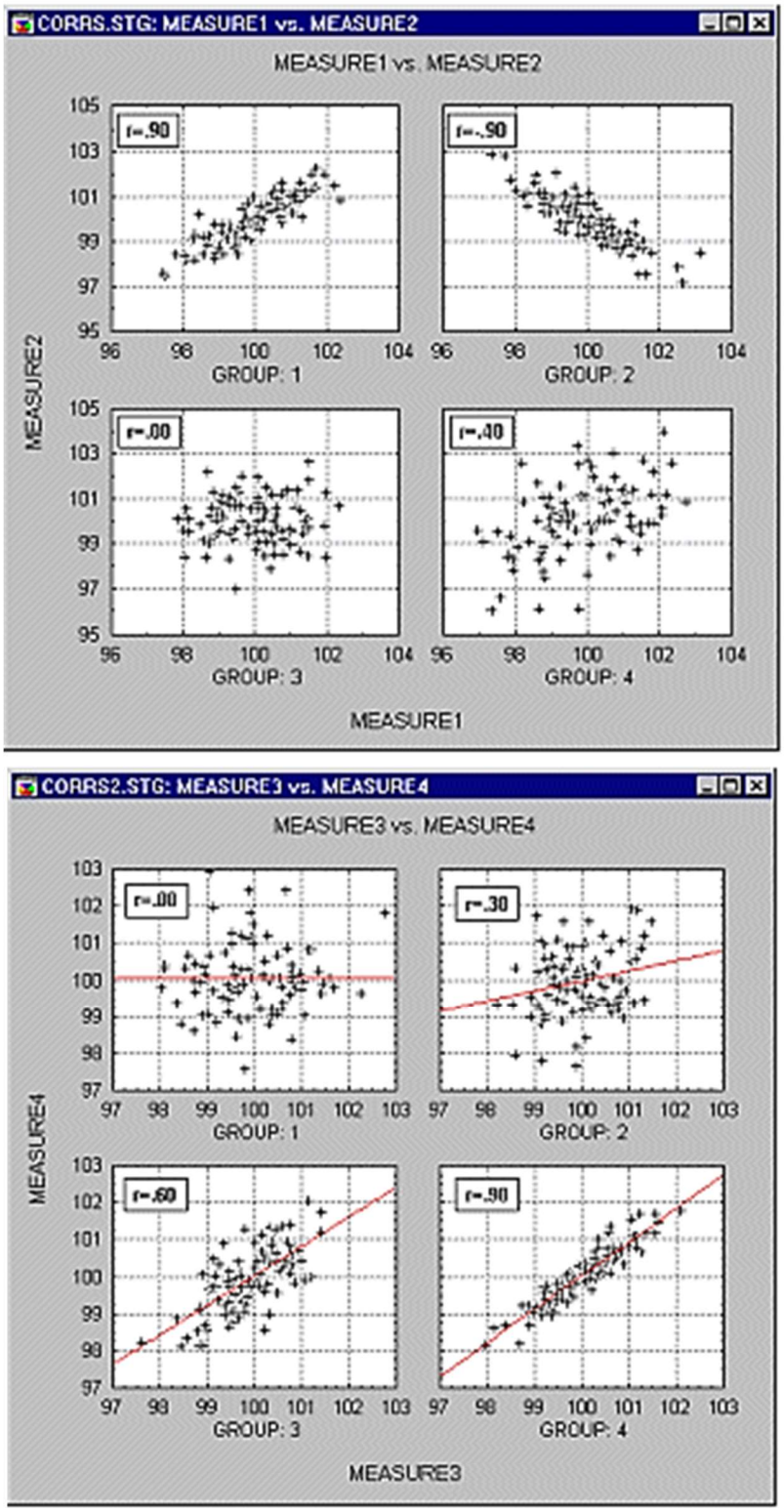


Figure 1 – Points with data gaps and moving averaging in a window with a given averaging radius
Рисунок 1 – Точки з пропусками даних та осереднення у ковзному вікні
з заданим радіусом осереднення

The alternative programs for the analyzing of the data series are poorly documented and require the constant author support. They cannot be adapted to solve the new problems while studying the data of the technical monitoring of the engineering and transport networks. None of the row tools has the necessary functionality. To study the time series, one need a database of time series, a calendar data structure, the processing of the gaps without restrictions, a powerful package of the numerical analysis methods, the processing in a moving window of time series of technical measurements.

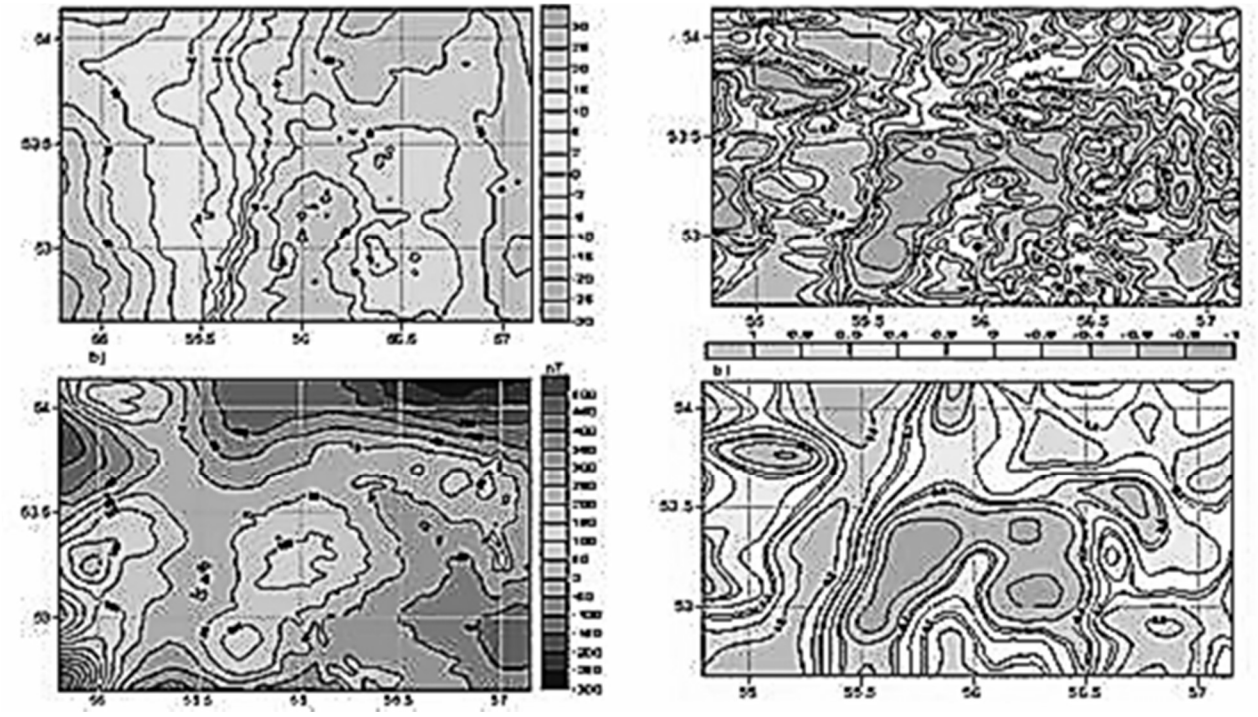


Figure 2 – Estimation of the correlation coefficient between geophysical fields in a moving windows: on the left is the gravity (top) and magnetic (bottom) fields; on the right is the correlation coefficient calculated in a window of 11x11 (top) and 33x33 (bottom)

Рисунок 2 – Оцінювання коефіцієнта кореляції між геофізичними полями у ковзному вікні: зліва – поле сили тяжіння (вгорі) і магнітне (внизу) поле; справа – коефіцієнт кореляції, обчислений у вікні 11x11 (вгорі) і 33x33 (внизу)

References

1. Yakimov I.M., Kirpichnikov A.P., Mokshin V.V., Mukhutdinov T.A., 2015. Simulation training in the Simulink package of the Matlab system. Bulletin of Kazan technol. univ. Vol. 18. 5: 184–188. (in Russian).

2. Trofimov A.V., 2015.The time index is a criterion for assessing the impact of traffic load on the quality of its functioning. Bulletin of IrSTU. 10 (105): 181–185. (in Russian).

3. Belenkiy A.V., 2008. Timelines that allow you to see the time. ComputerPress. 12: 5–12. https://compress.ru/article.aspx?id=19860 (in Russian).

4. Glinchenko A.S., 2005. Digital signal processing [Text]: textbook / A.S. Glinchenko. 2nd ed., Revised. and add. Krasnoyarsk: PH KSTU, 234 p. (in Russian).

5. Lychkina, NN, 2005. Simulation of economic processes: manual / NN. Lychina. Moscow. 220 p.

6. Chuba M.V., Keleman I.N., Garanja I.A., Stasyuk A.F., Verbitsky Yu.T., Nishchimenko I.M., Plishko S.M., Verbitskaya O.Ya., Davydyak O.D., Oleinik G.I., Simonova N.A., Burlutskaya A.M., Evdokimova O.V., 2011. Catalog and detailed data on earthquakes in the Carpathian region for 2011. Seismologist. Bull. of Ukraine for 2011. Sevastopol, SPC "Ecosee-Hydrophysics", pp. 115–182. (in Russian).

7. Bakhvalov N.S., Zhidkov N.P., Kobelkov G.M., 2008. Numerical methods. - 5th ed. Moscow: Binom. (in Russian).

8. Anderson T., 1976. Statistical time series analysis. 755 p. Moscow: Mir, (in Russian).

9. Velichko V.V., 2016. Comparative analysis of statistical software packages. Innovative science. 5: 32–35. ISBN 2410-6070. (in Russian).

10. Cooley James W. and Tukey John W., 1965. An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series. Mathematics of Computation, p. 297–301.

11. Shishov V.V., Ivanovsky A.B., 2006. Comparative analysis of moving synchronization coefficients in the analysis of time series. Bulletin of the Siberian state. Aerospace University by Academician M.F. Reshetnev. Pp. 29–33. (in Russian).

12. Dubovenko Yu.I., Chorna O.A. On the ambiguity of 4D gravity monitoring of geological media. Геофізичний журнал. 2010. 3**2**, № 4. С. 41–46.

13. Dubovenko Yu.I., 2015. Notices on the strategy for creating of digital gravimetry databases in Ukraine. Geoinformatika. 4(56): 65–74. (in Russian).

ОБМЕЖЕННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ ТЕХНІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖ

Кузьмінець Микола Петрович, доктор технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, завідувач кафедри комп'ютерної, інженерної графіки та дизайну, e-mail: kuzminecmp@ukr.net, тел. +380442849713, Україна, 01103, м. Київ, вул. М. Бойчука 42, к. 705. http://orcid.org/0000-0002-9636-919X

Дубовенко Юрій Іванович, кандидат фізико-математичних наук, доцент, Національний транспортний університет, викладач кафедри комп'ютерної, інженерної графіки та дизайну, e-mail: nemishayeve@ukr.net, тел.: +380665979384, Україна, 01103, м. Київ, вул. М. Бойчука 42, к. 709. http://orcid.org/0000-0002-8128-5989

Анотація. У процесі неперервного технічного моніторингу транспортних мереж та об'єктів дорожньо-мостового господарства накопичуються великі обсяги даних неперервних вимірювань різноманітних технічних показників. Ці бази даних містять окремі часові ряди записів технічного моніторингу транспортних мереж, що включають, крім корисних сигналів, також випадкові завади (шуми) та пропуски даних різної природи. Аналіз таких даних, що ускладнені нелінійними похибками, вимагає спеціального статистичного інструментарію. Широко вживані статистичні пакети для обробки випадкових даних, здебільшого не містять повного циклу засобів та алгоритмів, необхідних для обробки великих часових рядів та інших спостережень великої розмірності. Зокрема, лінійна шкала часу для обробки періодичних даних в поширених програмах цифрової статистики відсутня. А тим часом, накопичено позитивний досвід обробки даних, що ускладнені похибками, в зовсім іншій галузі знань – геофізичному та геоінженерному моніторингу. І звідти можна запозичити деякі прийоми та засоби.

Зокрема, шляхом аналізу технічних спостережень із подібними початковими умовами та часовими обмеженнями, виявлено, що методика ковзного вікна підходить з достатньою для практики точністю для обробки перерваних часових рядів. Проте її головними недоліками є істотне обмеження щодо довжини рядка запису та підвищена чутливість до прогалин даних. Нехтування цими обмеженнями методу призводить до істотних спотворень моделі корисного сигналу під час потокової фільтрації вхідної інформації. Тому графік обробки часових рядів потребує певної внутрішньої оптимізації, щоб

адаптуватись до накопичення похибок під час послідовних ітерацій з первісної обробки даних.

Визначено компактний алгоритм, який містить необхідні кроки для оптимізації графіка обробки часових рядів. Ці кроки полягають у наступному: необхідне зберігання даних у внутрішній базі даних системи спостережень; побудова зразків даних для порівняння має виконуватись лише у єдиному масштабі часу; цільову вибірку даних для конкретної задачі доцільно здійснювати на основі метаопису усієї серії спостережень; осереднення найбільш оптимально здійснювати у ковзному вікні; крім того, доцільно задіяти прив'язку масиву даних та окремих серій до календарних дат та передбачити маски для генералізації пропусків (як при пошуку у файлових базах даних). Також не зайвим буде можливість побудови зведених графіків спостережень та зберігання графіки у поширеному векторному форматі.

Розкриваються умови вивчення часових рядів технічного моніторингу, а саме такі, як база даних, календарна структура даних, обробка прогалин, оптимальний пакет чисельних методів аналізу даних, послідовна їх обробка у ковзному вікні тощо. Всі пропозиції проілюстровано конкретними прикладами технічного та геофізичного моніторингу, що виконувались авторами у попередні роки.

Ключові слова: моніторинг, часовий ряд, оптимізація, усереднення, ковзне вікно.

References

1. Якимов И.М., Кирпичников А.П., Мокшин В.В., Мухутдинов Т.А. Обучение имитационному моделированию в пакете Simulink системы Matlab. Вестник Казанского технолог. ун-та. 2015. Т. 18, № 5. С. 184–188.

2. Трофимов А.В. Временной индекс – критерий оценки влияния загрузки улично-дорожной сети на качество ее функционирования. Вестник ИрГТУ. 2015. № 10 (105). С. 181–185.

3. Беленький А.В. Timelines, которые позволяют увидеть время. КомпьютерПресс. 2008. № 12. С. 5-12. https://compress.ru/article.aspx?id=19860

4. Глинченко А.С. Цифровая обработка сигналов [Текст]: учеб. пособие / А.С. Глинченко. 2-е изд., перераб. и доп. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. 234 с.

5. Лычкина, Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов: учеб, пособие / Н.Н. Лычкина. Москва, 2005. 220 с.

6. Чуба М.В., Келеман И.Н., Гаранджа И.А., Стасюк А.Ф., Вербицкий Ю.Т., Нищименко И.М., Плишко С.М., Вербицкая О.Я., Давыдяк О.Д., Олейник Г.И., Симонова Н.А., Бурлуцкая А.М., Евдокимова О.В. Каталог и подробные данные о землетрясениях Карпатского региона за 2011 год. Сейсмолог. Бюлл. Украины за 2011 год. Севастополь, НПЦ «Экоси-Гидрофизика», 2011. С. 115–182.

7. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. – 5 изд. Москва: Бином, 2008.

8. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. Москва: Мир, 1976. 755 с.

9. . Величко В.В. Сравнительный анализ статистических пакетов программ. Инновационная наука. 2016. № 5. С. 32–35. ISBN 2410-6070.

10.Cooley James W. and Tukey John W. An Algorithm for the Machine Calculation of Complex Fourier Series. Mathematics of Computation, 1965 p. 297–301.

11.Шишов В.В., Ивановский А.Б. Сравнительные анализ скользящих коэффициентов синхронности при анализе временных рядов. Вестник Сибирского гос. аэрокосмич. ун-та им. академика М.Ф. Решетнева. 2006. С. 29–33.

12.Dubovenko Yu.I., Chorna O.A. On the ambiguity of 4D gravity monitoring of geological media. Геофізичний журнал. 2010. 3**2**, № 4. С. 41–46.

13.Дубовенко Ю.И. Замечания о стратегии создания цифровых баз данных гравиметрии в Украине. Геоинформатика. 2015. № 4(56). С. 65–74.

УДК 625.7:656 DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-166-173

INFLUENCE OF ROAD CONDITIONS ON VEHICLES' FUEL CONSUMPTION

ВПЛИВ ДОРОЖНІХ УМОВ НА ВИТРАТИ ПАЛИВА АВТОМОБІЛІВ



***Dodukh KaterynaMyhaylivna**, CTS, Docent at the Department of Road Design, Geodesy and Land Management. National Transport University. e-mail: ekaterinadodukh@gmail.com;тел.: (096)129-39-38*

https://orcid.org/0000-0003-2544-5359



***Palchyk Anton Dmytrovych**, postgraduate student of department of tourism, National Transport University.e-mail: palchyk94@gmail.com; тел.: (063)121-14-51*

https://orcid.org/0000-0002-1467-3658

Summary. The article deals with the influence of road conditions on fuel consumption by vehicles when transporting goods and passengers, which depends on the speed of movement. The optimum fuel consumption corresponds to the optimum speed of movement which is distinctive for each type of car. Increase or decrease of the optimum speed leads to increased fuel consumption. Elevations reduce the speed and increase fuel consumption by up to 30%. Road conditions (width of roadway, condition of surface, presence of horizontal curves, longitudinal slopes, pedestrian crossings, settlements) cause a change in the speed of movement and consumption of fuel and lubricants. It is possible to take into account the road conditions by plotting the speed of movement along the route, the change in the speed occuring during the travel time and socio-economic indicators of the route.

Based on this chart, fuel costs and route times are calculated. Since the cost of fuel is 50-52% of the cost of transportation of goods and passengers, the cost will be roughly 2 times higher. The cost of transportation of goods by trucks is characterized by the cost of transportation, and the transportation of passengers by the cost and time spent by passengers when traveling the route.

Keywords: road, car, speed, fuel consumption, route travel time.

Introduction. Transportation of goods and passengers is estimated by the route travel time.

Travel time depends on the type of vehicle, road conditions, weather conditions and traffic organization. The average speed of the car on individual sections of roads on the route may be the main criterion (5,6,7,8). Road conditions determine the average speed of the car. Under road conditions, we mean geometrical parameters of the motorway (the width of the roadway, the number of lanes, the radii of horizontal curves, longitudinal slopes, the radii of vertical curves, the availability of settlements, pedestrian crossings) and the state of surface (coefficient of adhesion, flatness). The article considers the question of plotting the speed of

the car by defined route and determination of fuel consumption by cars that affect the cost of transportation both for goods and passengers. Fuel costs depend on the type of vehicle, its purpose, average speed in various road and weather conditions, which increase with decreasing or increasing the speed of movement from optimal speed.

Purpose and methods. The cost of the route travel depends on fuel consumption and average speed of the car. The result will be the route travel time and its cost.

So the time of the route travel depends on the speed of the car, and this in turn depends on the geometry of the road and the type of car:

$$T = f(V.P), \tag{1}$$

where : V=f(П,С(!)
P- type of car,
П- road parameters,
С- state of surface.

The main criterion for the cost of freight transportation is the cost of fuel and lubricants. The cost of transportation of goods by highways consists of the cost and profit.

The cost of transportation of goods by cars is formed as follows (3,4):

$$c = (C_T + C_{Ш} + C_{р} + C_a) + \frac{C_{П} + C_{ЗП}}{V}, \tag{2}$$

where V- speed of the car (km/hour);
Ст- fuel and lubricating material costs (uah /km);
Сш- the costs of tire wear (uah / km);
Ср- maintenance and repair costs (uah / km);
Са- restoring costs and depreciation (uah / km);
Сп- fixed costs (uah/ hour);
Сзп- driver's wage (uah/ hour).
The costs considered can be divided into three groups. The first group depends on the car driving (uah / km), second on the length of the journey (uah / h), third on the speed of cars (km/hour).

When examining the cost of driving a car the following must be taken into account: speed, length of the journey, length of the route.

The cost of fuel and lubricants, taking into account the cost of the length of the section of the road 1km.

$$C_T = 1.1Gs \cdot Ц_T, \tag{3}$$

where Gs - fuel consumption at 1 km (l);
Цт – cost of fuel (uah.)

$$Gs = f(V;P), \tag{4}$$

where P- type of car.

Tire wear costs:
$$C_{Ш} = \frac{0.1Ц_{Ш}П_{Ш}К_{С}}{Н_{Ш}}, \tag{5}$$

where Цш - cost of tire, uah.;
Нш - the mileage is set at 1 km;
Пш - number of tires;
Кє- takes into account road conditions.
Depreciation deductions:

$$C_a = \frac{Ца \cdot a}{1000} \cdot K_є , \quad (6)$$

where Ца - car cost, uah.;
a – the rate of depreciation deductions.
Maintenance and repair rates:

$$C_p = H_{от} K_є , \quad (7)$$

where Нот - maintenance rates.
According to the data (4) part of expenses in percent.

Table 1 – Costs of transportation of goods and passengers
Таблиця 1 – Витрати на пебревезення вантажів і пасажирів

General costs	Fuel and lubricants	Depreciation Costs	Repair and service	Fixed	Wage	Assignment
100	52	22	5	12	6	3

It can be seen from the table that fuel and lubricants account for 52% of freight costs, while salaries and business trips make up 9%, which together make up 61%.

Fuel consumption is characterized by the type of car and the optimum speed, which can be expressed by the following graph:

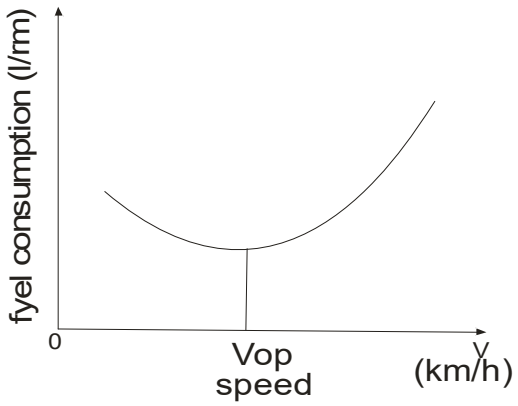


Figure 1 – Dependence of fuel consumption by the car on the speed of movement.
Рисунок 1 – Залежність витрат палива автомобілем від швидкості руху

The optimum speed depends on the type of vehicle and varies from 35 km/h to 80 km/h.

Results and explanation. The speed of the cars depending on the geometry of the road is calculated as the decrease of the average free-movement speed from the number of lanes, the width of the lane, the radii

of horizontal curves, the longitudinal slope and the equality of coverage, the passage of settlements, the planned solutions of crossings and adjacencies.

So the speed of free movement of cars on a horizontal straight section of the road, depending on the category of road and vehicle type, is given in Table 2

Table 2 – Average free traffic speed depending on the type of road and type of vehicle.

Таблиця 2 – Середні швидкості вільного руху в залежності від категорії доріг та типу автомобілів

№	Road category	Number of lanes	Average speed, km/hour			
			Cars	Trucks	Buses	Auto trains
1	Ia	6	91,13	75,70	77,50	81,03
2	Ia, Iб	4	88,04	75,77	74,61	80,00
3	II	2	84,29	71,90	71,50	72,93
4	III	2	79,72	67,06	69,33	71,11
5	IV	2	75,83	64,08	67,03	68,75

Reducing average speed depending on the radius of the horizontal curve, taking into account the type of vehicle through its average length, depending on its size, is shown in Figures 2 and 3.

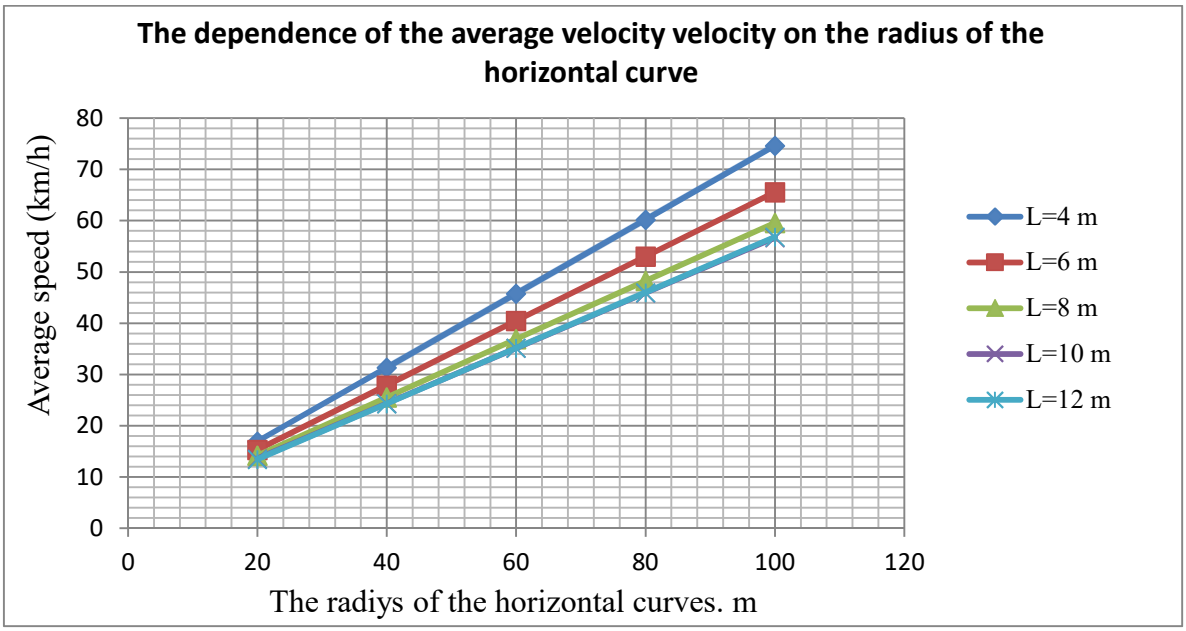


Figure 2 – Graph of the average speed depending on the radius of the horizontal curve up to 100 m and the average length of the car.

Рисунок 2 – Графік залежності середньої швидкості руху від радіуса горизонтальної кривої до 100 м та середньої довжини автомобіля

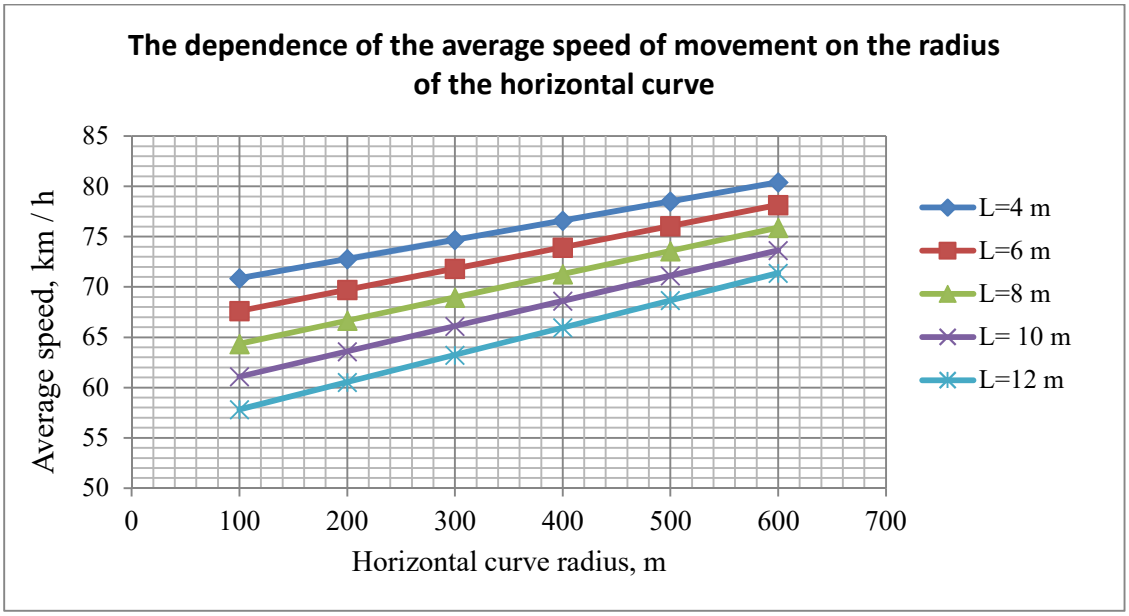


Figure 3 – Graph for determining the average speed of traffic flow depending on the radius of the horizontal curve from 100 m to 600 m and the average length of the car

Рисунок 3 – Графік по визначенню середньої швидкості руху транспортного потоку в залежності від радіуса горизонтальної кривої від 100 м до 600 м та середньої довжини автомобіля

The reduction of the average free-movement speed, depending on the longitudinal slope, is shown in Figure 4.

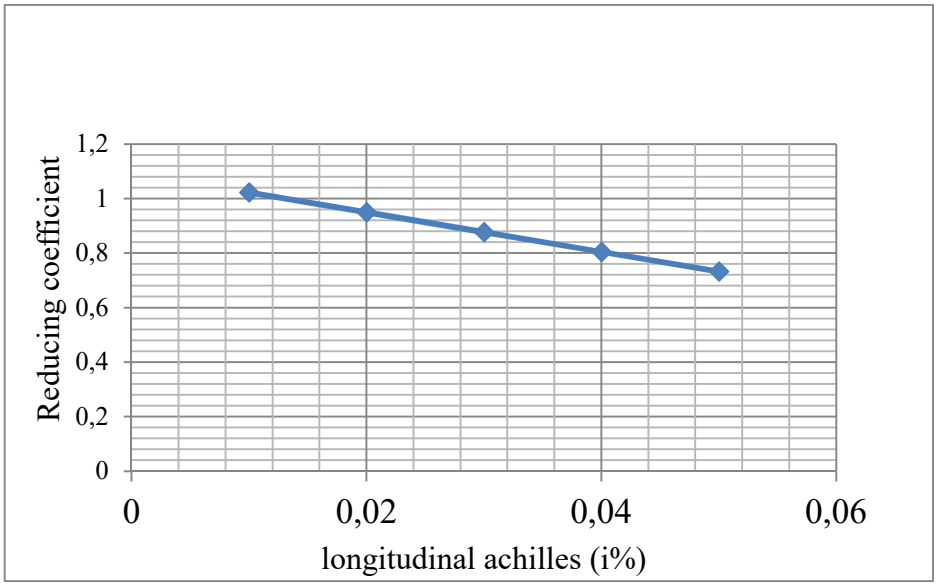


Figure 4 – Graph of the dependence of reducing coefficients on the longitudinal slope

Рисунок 4 – Графік залежності знижуючих коефіцієнтів від поздовжнього похилу

The speed of the car is greatly influenced by the magnitude of the impact indicators, varying from 20 to 400 cm / km:

$$V = V_B - 0{,}023S, \tag{8}$$

where $V_в$ – free-wheel speed, km / hour;

S – impulse indicator.

Based on the parameters of the highway and the presented dependencies, a graph of the speed of the motorway is formed, shown in Figure 5.

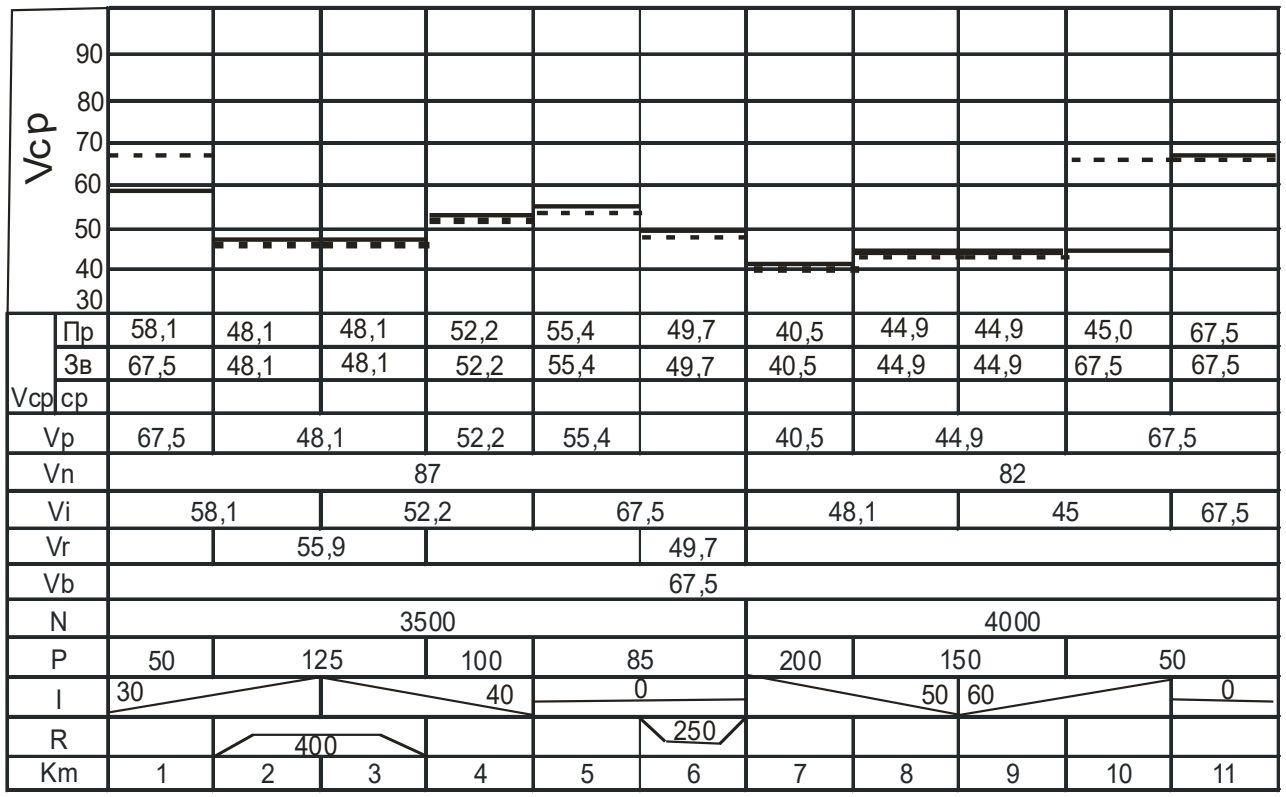


Figure 5 – Average speed graph

Рисунок 5 – Графік середньої швидкості руху

Direct and dashed lines show the direct and reverse motion of cars where:

V_p – speed of movement depending on the equality of coverage;

V_n – speed depending on the intensity of the movement;

V_i – speed depending on the longitudinal slope;

V_r – speed of movement depending on the radius of the horizontal curve;

V_b – free movement speed;

V_o – restriction of speed of traffic by means of traffic organization.

On the basis of the received graph, the time of the current route travel, as well as the fuel consumption, are determined. When calculating fuel consumption, it is necessary to take into account the elements of the road. When driving on the elevation, fuel consumption is increased by up to 20% according to the number of researchers. Increasing or decreasing the speed with respect to optimal speed increases fuel consumption up to 10% for every 10 km / h of change in speed. (1,2,3,4,9)

Conclusion. During the determination of the cost and travel time on the road, in accordance with the task, the average speed of the vehicle is taken into account, including the parameters of the road and the condition of coverage.

References

1. V.V.Fylypov, N.V. Smyrnova. Modelyrovanyetransportnыkhpotokovnadorohakh II-IV katehoryi. - M: KhNADU. - 2014 - 200s.

2. Bazovyenormyraskhodatoplyvadliaavtobusov y marshrutok.WWWnaviskanru.

3. Smyrnova N.V., Fylyppov V.P., Kyiashko D.M. Otsenkavlyianyianerovnosteidorozhnykhpokrytyinabezopasnostdorozhnohodvyzhenyia. Vestnyk KhADU-2009. – Release.47 – s. 63-45.

4. Smyrnova N.V. Osnovnыepolozhenyiaraschetazavysymostyraskhodatoplyvaotdorozhnykhuslovyi. Naukovyivisnykbudivnytstva – Kh. KhDTUBA, KhOTV ABU; 2014 – Vyp. 77- s.226-230.

5. Sylianov V.V. Sytnykov Yu. M. Raschetskorostydvyzhenyia pry proektyrovanyyavtomobylnыkhdoroh. TrudыMoskovskohoavtomobylno- dorozhnoho ynstytuta-1974-Vыp.72-s.47-66

6. Pal'chyk A.M. Transportnipotoky. K. NTU. 2010 –s. 171.

7. Metodykakompleksnoiotsinkybudivnytstva ta rekonstruktsiiavtomobilnykhdorih z urakhuvanniamsotsialno-ekonomichnoi ta ekolohichnoiefektyvnosti. M 218-02070915-630:2007-K.,2007. - 28s.

8. Dodukh K.M. Vyznachenniaserednoishvydkostivilnohorukhutransportnohopotoku. K: NTU, 2013, №69 s.188.

9. Krainyk L.V. Hrudel M.H. Dyferentsiiovanenormuvanniavytratpalyvavantazhnykhavtomobiliv (VisnykDonetskohoinstytutuavtomobilnohotransportu №3 Donetsk, 2007 –s.19-20.

10. Dodukh K.M., Propusknazdatnistsmuhyrukhuavtomobilnoidorohy / A.M. Palchyk, K.M. Dodukh // Problemytransportu: zbirnyknaukovykhprats. – 2010. – Kyiv. – №7 – S. 94 – 100.

11. Dodukh K.M., Propusknazdatnistperekhreshchenavtomobilnykhdorih v odnomurivni / K.M. Dodukh // Problemytransportu: zbirnyknaukovykhprats. – 2010. – Kyiv. – №7 – S. 101 – 105.

12. Dodukh K.M., Propusknazdatnistavtomobilnykhdorih / A.M. Palchyk, K.M. Dodukh, N.V. Neizvestna // Materialymizhnarodnoinaukovo-tekhnichnoikonferentsii «Proektuvannia, budivnytstvoiekspluatatsiianezhorstkykhdorozhnikhodiahiv» – Kharkiv: KhNADU, 2010. – S. 38 – 43.

13. Dodukh K.M., Propusknazdatnistsmuhyrukhuavtomobilnoidorohy / A.M. Palchyk, K.M. Dodukh // Materialymizhnarodnoinaukovo-praktychnoikonferentsii «Suchasnikompiuterno-innovatsiinitekhnolohiiproektuvannia, budivnytstva, ekspluatatsiiavtomobilnykhdorih ta aerodromiv» – Kharkiv: KhNADU, 2012. – S. 213 – 215.

ВПЛИВ ДОРОЖНІХ УМОВ НА ВИТРАТИ ПАЛИВА АВТОМОБІЛІВ

Додух Катерина Михайлівна, к.т.н., доцент кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, Національний транспортний університет.
https://orcid.org/0000-0003-2544-5359

Пальчик Антон Дмитрович, аспірант кафедри туризму, Національний транспортний університет.
https://orcid.org/0000-0002-1467-3658

Анотація. В статті розглянуто питання впливу дорожніх умов на витрати палива автомобілями при перевезенні вантажів та пасажирів, які залежать від швидкості руху. Оптимальні витрати палива відповідають оптимальній швидкості руху, яка є характеристикою для кожного типу автомобіля. Збільшення або зменшення швидкості руху від оптимальної приводять до збільшення витрат палива автомобілями. Наявність підйомів зменшує швидкість руху та збільшує витрати палива до 30%. Дорожні умови (ширина проїзної частини, стан покриття, наявність горизонтальних кривих, поздовжніх похилів, пішохідних переходів, населених пунктів) викликає зміну швидкості руху та витрат паливо-мастильних матеріалів. Урахування дорожніх умов можливе через побудову графіка швидкості руху по маршруту, зміна швидкості руху виникає і на час проїзду та соціально-економічні показники проїзду маршруту.

На основі цього графіка розраховуються витрати палива та час проїзду маршруту. Так як витрати палива складають 50-52% вартості перевезень вантажів та пасажирів, то собівартість буде у 2 рази більша. Вартість перевезень вантажними автомобілями вантажів характеризується собівартістю перевезень, а перевезення пасажирів собівартістю та витратами часу пасажирів при проїзді маршруту.

Ключові слова: дорога, автомобіль, швидкість руху, витрати палива, час проїзду маршруту.

Перелік посилань

1. В.В.Филипов, Н.В. Смирнова.Моделирование транспортных потоков на дорогах II-IV категорий.- М: ХНАДУ. - 2014 -200с.

2. Базовые нормы расхода топлива для автобусов и маршруток.WWWnaviskanru.

3. Смирнова Н.В., Филиппов В.П., Кияшко Д.М. Оценка влияния неровностей дорожных покрытий на безопасность дорожного движения.Вестник ХАДУ-2009.–Вып.47 – с. 63-45.

4. Смирнова Н.В. Основные положения расчета зависимости расхода топлива от дорожных условий.Науковийвісникбудівництва – Х. ХДТУБА, ХОТВ АБУ; 2014 – Вип. 77- с.226-230

5. Сильянов В.В. Ситников Ю. М. Расчет скорости движения при проектировании автомобильных дорог. Труды Московського автомобильно- дорожного института-1974-Вып.72-с.47-66

6. Пальчик А.М. Транспортні потоки. К. НТУ. 2010 –с. 171.

7. Методика комплексної оцінки будівництва та реконструкції автомобільних доріг з урахуванням соціально-економічної та екологічної ефективності. М 218-02070915-630:2007-К.,2007. - 28с.

8. Додух К.М. Визначення середньої швидкості вільного руху транспортного потоку. К: НТУ, 2013, №69 с.188.

9. Крайник Л.В. Грудель М.Г. Диференційоване нормування витрат палива вантажних автомобілів (Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту №3 Донецьк, 2007 –с.19-20

10. 2. Додух К.М., Пропускна здатність смуги руху автомобільної дороги / А.М. Пальчик, К.М. Додух // Проблеми транспорту: збірник наукових праць. – 2010. – Київ. – №7 – С. 94 – 100.

11. Додух К.М., Пропускна здатність перехрещень автомобільних доріг в одному рівні / К.М. Додух // Проблеми транспорту: збірник наукових праць. – 2010. – Київ. – №7 – С. 101 – 105.

12. Додух К.М., Пропускна здатність автомобільних доріг / А.М. Пальчик, К.М. Додух, Н.В. Неізвестна // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції «Проектування, будівництво і експлуатація нежорстких дорожніх одягів» – Харків: ХНАДУ, 2010. – С. 38 – 43.

13. Додух К.М., Пропускна здатність смуги руху автомобільної дороги / А.М. Пальчик, К.М. Додух // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні комп'ютерно-інноваційні технології проектування, будівництва, експлуатації автомобільних доріг та аеродромів» – Харків: ХНАДУ, 2012. – С. 213 – 215.

УДК 656 DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-174-183

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕРМІНОЛОГІЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМОЛОГІЇ
(Частина 4)

PROPOSALS FOR IMPROVING OF TRANSPORT SYSTEMOLOGICAL TERMINOLOGY
(Part 4)



Петрашевський Олег Львович, *доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, кафедра аеропортів, професор, olp47@ukr.net, +380996092476,*

https://orcid.org/0000-0001-7909-6057



Попелиш Іван Іванович*, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра аеропортів, доцент, e-mai: i_i_p@ukr.net, тел.: +380668827221;*

https://orcid.org/0000-0003-3358-6565



Алєксєєнко Олександр Валерійович, *Національний транспортний університет, кафедра аеропортів, старший викладач, e-mail: alexalieksieienko@gmail.com, +380636039903,*

https://orcid.org/0000-0002-3796-9929



Корітчук Сергій Олександрович*, Національний транспортний університет, кафедра аеропортів, асистент, e-mail: k.s2501@ukr.net, тел.: +380938133430;*

https://orcid.org/0000-0001-5100-873X



Артемчук Юлія Володимирівна*, Національний транспортний університет, кафедра транспортних систем та безпеки дорожнього руху, асистент, e-mail: art_julia@i.ua, тел.: +380636047172;*

https://orcid.org/0000-0002-3872-7745

Анотація. Продовжуємо друкувати пропозиції щодо вдосконалення транспортної системології. Ця стаття визначає вже 4-у частину великої теми зі створення і коригування термінів і визначень, які потрібні для комунікаційних процесів спілкування, в першу чергу, дослідників в цій галузі предметної діяльності «дослідник транспортних систем (теоретик) – дослідник транспортних систем (практик)». Другий аспект вербальної взаємодії полягає в налагодженні комунікаційних відносин між «людиною – ЕОМ», що в сучасних умовах важливо.

Ключові слова. декларативно-графічний опис, теоретико-множинна модель, проектна модель, ризик виконання доставки вантажу, сценарій доставки вантажу.

Постановка проблеми. Створення сценарію транспортних процесів доставки вантажів (ПДВ), є складною тактико-технічною дією в результаті якої отримуємо приблизний графік руху пересувного транспортного комплексу в складі «водій – вантаж – автомобіль». Всі дії складових частин комплексу спрямовані на вирішення поставленого завдання з доставки вантажу (ДВ). У сучасному трактуванні це типова логістична задача. Аналіз ПДВ показав, що сценарій доставки вантажу можна розбити на ряд характерних дій, які потрібно розглядати окремо. Застосування методології дослідження складних транспортних систем – методології концептуально-логічного відображення і проектного моделювання [1] передбачає на 1-му етапі декларативно-графічний опис (ДГО), 2-му –побудова теоретико-множинної моделі (ТММ), на 3-му – створення інфологічної моделі (ІЛМ), на 4-му етапі побудова концептуальної моделі (КМ), як сукупності ДГО, ТММ або ІЛМ, на 5-му – створення логіко-семантичної моделі (ЛСМ), на 6-му етапі виробничо-конструкторський опис (ВКО) процесу доставки вантажу, на 7-му – побудова об'єднаної логіко-лінгвістичної моделі (ЛЛМ), як сукупності ЛСМ і ПКО і, нарешті, на 9-му етапі створення проектної моделі (ПМ) у вигляді КМ і ЛЛМ. Ці етапи слід виконати для кожної дії передбаченого сценарієм ДВ від PS_1 – складання сценарію доставки вантажу і до PS_{13} – оцінки ризику виконання доставки вантажу, після кожної реалізації дій $PS_1 \div PS_{11}$, як основи епістемології (пізнання) систем ДВ [2].

Основний матеріал. Виклад основного матеріалу статті будемо супроводжувати термінами і визначеннями описів і моделей, які мають загальну спрямованість для всіх видів транспорту.

Визначення 64. Декларативно-графічний опис (ДГО) області предметної діяльності транспорту – це графічне відображення структури області, зроблене за результатами аналізу доступної науково-технічної, технолого-конструкторської та законодавчо-нормативної літератури, і декларативний опис графіків в плані проблематики розв'язання поставлених завдань.

Декларативно-графічний опис дій PS_1 – складання сценарію ДВ є вербальної формою графоаналітичного відображення маршруту рухомого транспортного засобу по ДВ із зазначенням проміжних пунктів рейсу, просторових ділянок шляху між ними (в кілометрах), географічних координат (**φ** – довгота, λ – широта, alt – висота) контрольних точок нанесених на маршруті транспортного засобу з призначенням часових тимчасових інтервалів «початок Пн – кінець Пк («прибуття-вибуття») за якими визначаються можливі проблемні ситуації руху транспортного засобу.

$$ДГО\ (PS_1) = V_{егв}\ (П_н, П_к),\ D_1,\ t_1,\ D_2,\ t_2,\ КТ_{відп.},\ КТ_{фін.} \quad (1)$$

$$Т\ [ДГО\ (PS_1)] = T_{1,1},\ \text{де}\ D_1,\ D_2 – \text{дати вибуття}\ КТ_{відп.}\ \text{і прибуття}\ КТ_{фін.} \quad (2)$$

$T \equiv T_{1,1}$ – час витрачений на складання ДГО, t_1, t_2 – час вибуття автомашин з $КТ_{відп.}$ і прибуття в контрольну точку $КТ_{фін.}$.

Визначення 65. Теоретико-множинна модель (ТММ) у вигляді відображення надає собою безліч комплектів моделі у вигляді декартового виразу:

$$M: A \times B \times C \rightarrow D . \quad (3)$$

де кожному 3-му елементу кортежу <a, в, с> ставиться в відповідність елемент <d>, а, в, с, d – елементи універсумів множин A, B, C, D, тобто а ∈A, в ∈B , с ∈C, d ∈ D.

Інакше відображення являє собою функція М значення елементів множини D. При цьому функція М пов'язує множини, як правило логічною (алгометричною, семантичною, лінгвістичною) формою відповідності кожному варіанту кортежу <d>.

Теоретико-множинна модель складання сценарію доставки вантажу є відображенням у вигляді декартового виразу виду

$$ТММ(M_1): КТ^{п}_{i}(\varphi, \lambda, alt) \times L(КТ_{i-1}, КТ_i) \times Т^{п}_{i,н} \times Т^{п}_{i,к} \rightarrow Р^{п}_{2}(С_3) . \quad (4)$$

$$Т[ТММ(M_1] = Т_{1,2}; < i > = unr; . \quad (5)$$

$$Р^{п}_{2} \in Р^{п}; Р^{п} = \{Р^{п}_{1}, Р^{п}_{2}, Р^{п}_{3}, Р^{п}_{4}, Р^{п}_{5}\} . \quad (6)$$

$Р^{п}_{1}$– перевезення авіаційним транспортом, $Р^{п}_{2}$ – авто, $Р^{п}_{3}$ – залізничним шляхом, $Р^{п}_{4}$ – морським, $Р^{п}_{5}$ – річним транспортом;

$$infТ_i = Т_{відпр;} SurТ_i = Т_{приб;} С_3 \in С; С = <С_1, С_2, С_3> . \quad (7)$$

де $КТ^{п}_{i}$ – планова і-а контрольна точка сценарію ДГ $Р^{п}_{2}(С_3)$ (назва контрольної точки, код залізничної станції);

φ – довгота контрольної точки $КТ^{п}_{i}$;

λ – широта контрольної точки $КТ^{п}_{i}$;.

alt – висота $КТ^{п}_{i}$;

$Т^{п}_{i,н}$ – плановий початок часу прибуття пересувного транспортного комплексу (ПТК) ВВА в контрольну точку сценарію $КТ^{п}_{i}$;

$Т^{п}_{i,к}$– плановий кінець часу прибуття РТК в контрольній точці $КТ^{п}_{i}$;

$Р^{п}_{2}(С_3)$ – сценарій доставки вантажу $С_3$ по призначенню автомобільним транспортом;

$С_3 \in С; С = <С_1, С_2, С_3>$, $С_1$ – пасажири, $С_2$ – пасажири з вантажем, $С_3$ – вантаж;

$L(КТ_{i-1}, КТ_i)$ – планова відстань між контрольними точками (сусідніми) $КТ_{i-1}$ и $КТ_i$ сценарію, км.

$Т \equiv Т_{2,2}$ – час затрачений на складання ТММ і моделювання.

Декларативно-графічний опис та теоретико-множинна модель дають можливість побудувати інфологічну модель системи із зазначенням потоків інформаційних елементів різної складності. При цьому потрібно обчислювати або статистично визначати такі показники як: достовірність, повноту, однорідність і безперервність інформації, яка циркулює в системі, оперативність і економічність інформаційного забезпечення ОПД – дії PSi в цілому. Декларативно-графічний опис, ТММ і інфологічна модель в сукупності представляють собою концептуальну модель досліджуваної транспортної системи.

Визначення 66. Інфологічна модель (ІЛМ) – це відображення інформаційних можливостей, які можуть бути регульовані в системі моніторингу та інформаційних вимог, необхідних для ефективного управління процесами доставки пасажирів або вантажів за призначенням.

Інфологічна модель дії PS_1 представляє собою сукупність потоків інформаційних елементів, визначених у заявці на ДВ, з географічних координат контрольних точок $К_i$, відстані $I_н$, інтервальної оцінки часу Δt_i.

$$\text{ІЛМ}(P_2^п) \equiv \begin{cases} I^П(\text{Зя}); \\ I_i(\varphi, \lambda, \text{alt});\ I_L(КТ_{i-1,}\ КТ_i); \\ \Delta t = \left|T_{i,н}^п - T_{i,к}^п\right|; \\ i = \overline{0, N},\ \ N - \text{натуральне число}; \end{cases} \tag{8}$$

$$T[\text{ІЛМ}(P_2^п)] = T_{1,3}\ ,$$

де $I^П(\text{Зя})$ – планова інформація, що поступає із заявки на доставку вантажу;

$I_i(\boldsymbol{\varphi}, \lambda, \text{alt})$ – інформація про надання просторової дислокації контрольної точки $КТ_i$

Δt_i – інформація про приблизний часовий інтервал (початок, кінець) знаходження ПТК в контрольній точці сценарію $КТ_i$.

Визначення 67. Концептуальна модель (КМ) – багаторазове відображення цілей та завдань моніторингу транспортних процесів, як аналітичних і семантичних функцій моделей, на множині концептів (аргументів моделі, в термінах і визначень категорій інформаційної технології виходячи з результатів декларативно-графічного опису, побудови теоретико-множинних і інфологічних моделей області предметної діяльності.

Концептуальна модель сценарію $КМ[P_2^п\ (C_3)]$ є логічною сумою опису ДГО, ТММ і ІЛМ моделей процесу доставки вантажу.

$$КМ[P_2^п\ (C_3)]\begin{cases} ДГО(PS_1) = V_{ерв}(П_н\ ,\ \ П_к), D_{1,}\ t_{1,}\ \ D_{2,}\ t_{2,}\ \ КТ_{о,}\ \ КТ_{фін}; \\ ТММ(M_1) = \ \ K_i^п(\varphi, \lambda, \text{alt})\ X\ L(КТ_{i-1,}\ \ КТ_i\ \ X\ T_{i,н}^п\ X\ T_{i,к}^п\ \ \rightarrow P_2^п\ (C_3); \\ \text{ІЛМ} = \begin{cases} I^п(\text{Зя}),\ \ I_i\ (\varphi, \lambda, \text{alt}); \\ I_L = (КТ_{i-1} - \ КТ_i);\ \Delta t = \ |T_{i,н}^п - \ T_{i,к}^п\ |. \end{cases} \end{cases} \tag{9}$$

$$T[КМ(P_2^п)] = \ T_{1,1}\ \&\ T_{1,2}\ \&\ T_{1,3} = \ T_{1,4.}$$

Концептуальна модель дозволяє уникнути «провалів, «розривів» в описі процесів, з одного боку, а з іншого – зменшити або взагалі усунути надмірність в системному описі об'єкта дослідження – інформаційного моніторингу (ІМ) складних транспортних організаційно-технічних систем, [3]. Слід враховувати, що загальної (глобальної, метамоделі) моделі ІМ в принципі не існує – спроби розробити її показали, що це буде дуже складною, громіздкою конструкцією з якою неможливо працювати. Як правило необхідно створювати окремі моделі, які відображають функціювання системи за напрямками дослідного інтересу інформаційного моніторингу. Наприклад ДГО структури інформаційного моніторингу, процесуальна ТММ, теоретико-множинна модель ситуаційного управління ІМ, ІЛМ моніторингу процесу доставки вантажу в цілому та ін.

Наступний етап складається зі створення логіко-семантичних моделей (ЛСМ) з використанням апарату математичної логіки і семантичного аналізу. Ці моделі закладають основу для побудови вузькопрофесійних баз знань і доменів. Домени створюються окремо за сукупністю концептуальних (основоположних) знань і, окремо, по фактографічним (потоковим) знанням. Описи, які вище наводилися,

і моделі служать для реалізації виробничо-конструктивного опису (ВКО) моніторингу, як системи, і за своєю суттю, являє методологію створення програмно-апаратного комплексу на базі сучасних інформаційних технологій. Основним завданням ВКО є проведення логіко-синтетичних операцій з подальшим проектним моделюванням системи ІМ.

Визначення 68. Логіко-семантична модель (ЛСМ) – семантично значиме відображення випадків і станів об'єктів транспортної системи в середовищі транспортних процесів у вигляді комплексу логічних висловлювань (простих і складних), взаємопов'язаних причинно-наслідковими зв'язками шляхом застосування правильно побудованих формул (ППФ) алгебри логіки.

У логіко-семантичної моделі сценарію ДВ крім КМ$[P_2^{п}(C_3)]$ доповненнями служать семантичні описи, які стосуються пересувного комплексу «водій-вантаж-автомобіль» (при доставці вантажу автомобілем, отримані за інформацією, яка міститься в заявці на ДВ і службовій документації щодо призначених для ДВ автомобіля і водія (-їв) вказаного автомобіля:

$SEM(ДВ) \equiv I_в$ (П.І.Б. водія, вік і стаж роботи за кермом, психофізіологічний стан, особисті та соціальні якості, професіональне вміння, інформування про ступінь небезпеки вантажу тощо).

$SEM(ДГ) \equiv I_г$ [вид вантажу (номенклатура), тип тари, небезпечний або швидкопсувний вантаж, з пункту «П-відпр.» в пункт «П-приз.»

t_1 – планована дата і час відправлення, t_2 – планована дата і час прибуття, проміжні пункти (контрольні точки) і т.п.].

$SEM(ДА) \equiv I_A$ [тип і характеристика автомобіля, матеріальні ресурси (міжремонтний ресурс, паливо, масло та ін.),

$\overline{ПТС}(a_1 \ldots\ldots a_j), \bar{j} = 1,$ – Мпараметри технічного стану систем і виробів і т.п.].

$$ЛСМ(PS_1) \leftrightarrows \begin{cases} SEM\ (Сц.рейса) \equiv SEM(ДВ)\ \&\ S_{ем}\ (ДГ)\ \&\ SEM\ \ (ДА); \\ ТММ(M_1);\ ІЛМ\ (P_2^{п}); \\ КМ[P_2^{п}\ (C_3)] \end{cases} . \quad (10)$$

$$Т[ЛСМ(PS_1)] = T_{1,5}$$

Визначення 69. Логіко-лінгвістична модель (ЛЛМ) – являє собою базу (фрагмент, домен) знань про транспортну систему, яка складається з дуальної композиції лінгвістичної форми семантики знань і логічної частини моделі у вигляді правильно побудованих формул алгебри логіки.

$$ЛЛП\ (Зн) \equiv Ling[SEM(Зн)] + ППФ\ (ЛСМ)\ . \quad (11)$$

Визначення 70. Виробничо-конструкторський опис (ПКО) – це комплексний опис методологічних, методичних і виробничих рішень, техніко-технологічних особливостей якостей моделей, конструктивної реалізації доменів знань дослідницької діяльності з аналізу та синтезу складних транспортних систем.

Виробничо-конструкторський опис є комплексною складовою сценарної доставки з семантики ДГО, ТММ, ІЛМ, ЛСМ – інших аспектів конструктивної проблеми доставки вантажу за призначенням з дотриманням термінів відправки вантажу з $КТ_{відп.}$, прибуття вантажу в $КТ_{фін.}$ зі збереженням рівня безпеки руху пересувного транспортного комплексу.

$$Т[ПКО(PS_1)] = T_{1,6}\ . \quad (12)$$

$$Т[ЛЛМ(PS_1)] = T_{1,5}\ \&\ T_{1,6} = T_{1,7}\ . \quad (13)$$

$$T[ПМ(PS_1)] = T_{1,4} \,\&\, T_{1,7} = T_{1,8}\,. \quad (14)$$

Визначення 71. Проектна модель (ПМ) – сукупність декларативно-графічного опису, теоретико-множинної, інфологічної, логіко-семантичної та логіко-лінгвістичної моделей і виробничо-конструкторського опису транспортних систем у вигляді алгоритмів і програмної продукції моделювання складних організаційно-технічних транспортних систем.

Весь комплекс описів і моделей становить проектну модель транспортної системи доставки вантажу (ДГО, ТММ, ІЛМ, ЛСМ, ПКО) ≡ ПМ в області PS_1– складання сценарію ДВ.

Декларативно-графічний опис організації процесу доставки вантажів PS_2 є вербальною формою графо-аналітичного відображення послідовних, послідовно-паралельних та паралельних процесів організаційного забезпечення процесів ДВ, які виконуються в різних підрозділах фірми, що займається автомобільними перевезеннями і доставкою вантажів, як в Україні, так і за її межами. З основних сфер організації ПДВ можна назвати підготовку перевізних і службових документів, які частково передаються водієві і залишаються на фірмі. Особливо їх багато при вимогі (заявка на ДВ) доставити небезпечний вантаж. Ця дія може бути виконано спеціалізованою фірмою і, будемо вважати, що її виконання йде паралельно з іншими забезпечуючими діями. До переліку дій визначають PS_2 входить і цілеспрямований інструктаж водія, уточнення кліматичних та інших умов доріг, по яких заплановано ПДВ, умови середовища, приблизний час перетину державного кордону і багато іншого, що становить організаційне забезпечення ДВ.

$$ДГО(PS_2) = V_{егв}(\sum_{к=1}^{м} I_{d,к})\ (ДД, ДС, ДУ, КТ_м, D_3, t_3, D_4, t_4)Seg_m;\ T[ДГО(PS_2)] = T_{2,1} \quad (15)$$

де $\sum_{к=1}^{м} I_{d,к}$ – виготовлення і підготовка організаційних інформаційних документів на процес ДВ, що планується;

– ДД, ДС, ДУ – організаційні дані по дорогам, середовищі і іншім умовам руху комплексу ВВА;

– $КТ_м$ – запланована контрольна точка перетину державного кордону (у відношенні організації цієї дії);

– D_3, t_3, D_4, t_4 – заплановані дати і час перетину контрольної точки $КТ_м$;

– Seg_m – сегмент сценарію $P_2^п\ (C_3)$, частина сценарія ДВ, яка виконується одним видом транспорту без перевантаження вантажу, заміни транспортного засобу, або його оператора, передбачуваного огляду або зберігання вантажу на державному кордоні, складі.

Теоретико-множинна модель організації ДВ представляє собою відображення у вигляді виразу (декартового) множини факторів, які є в розпорядженні співробітників автотранспортної фірми.

$$ТММ(M_2): \bigcup_{к=1}^{м} I_{d,k}\ X\ DD\ X\ DC\ X\ DУ\ X\ КТ_м\ X\ D_3^п\ x\ D_4^п\ x\ t_3^п\ X\ t_4^п\ X\ Seg_m \rightarrow P_2^п\ (Seg_m) \quad (16)$$

$$T[ТММ(M_2)] = T_{2,2} \quad (17)$$

де $I_{d,k}$ – множина організаційних інформаційних документів;

DD – множина інформаційних елементів про стан доріг і організації руху по ним;

DC – множина інформаційних елементів про стан внутрішнього середовища руху комплексу ВВА;

DУ – множина інформаційних елементів про інші умови, як правило $DУ = \emptyset$ в момент складання сценарія ДВ;

$P_2^п$ (Seg_m) – частина сценарію доставки вантажу, яка визначається розмірами (тривалістю) сегменту Seg_m.

Стан доріг в основному визначає рух по ним. Нас цікавить, в першу чергу перелегентність (які передбачають загрозу) ситуації в дуальному поєднані «елементи доріг – безпека руху» виходячи з цього множина DD визначаються сукупністю коефіцієнтів безпеки (як його рахують фахівці по дорожнім роботам) і пропускної здатності дороги, тобто $DD = К_{\delta}, V_n$ [4]. Множина стану середовища (дощ, туман, сніг, ожеледь, боковий вітер, міграція диких тварин й інш.) опосередковано зв'язано з елементами дорожніх умов і може багато сказати досвідченому водію. Дані інших умов, в основному, визначаються виникненням в процесі руху комплексу ВВА транспортних пригод ДУ ≡ ТП {N, СИ, А, ТА}, де N – інцидент, СИ – серйозний інцидент, А – аварія, ТА – тяжка аварія. Вони містять відомості, які виявляються в процесі розслідування ТП. В цьому випадку $ДУ = \emptyset$. В відношенні частини сценарію ДВ відсилаєм до роботи [5], де планується $Seg_m = 1,3$; $Seg_1 \equiv Seg_3 = P_2^п\ (C_3)$ – виконуються автомобільним транспортом, $Seg_2(C_3) = P_3^п\ (C_3)$ – виконуються залізничною дорогою.

Інфологічна модель визначається інформацією, яка надходить в вигляді потоку інформаційних елементів відповідно до заявки на ДВ, даних з джерел DD, DC, ДУ, інформаційних варіантів, які виникають при перетені державного кордону, і термінів цих дій, а також протяжності сегменту Seg_m, який включає контрольну точку перетину через кордон $КТ_м$

$$ІЛМ(P_2^п) \equiv \begin{cases} I^п(З_я) \equiv I_{d,1}\ UI_{d,2}\ U \dots UI_{d,k}; \\ I^п(DD, DC, ДУ;\ I_m^п\ (КТ_m, \varphi_{гр},\ \lambda_{гр}, alt_{гр}); \\ \Delta\tau_1 = (D_4 - D_1)\ x\ 24;\ \Delta\tau_2 = |t_4^п - t_3^п|; \end{cases} \quad (18)$$

$$T = [ІЛМ(P_2^п)] = T_{2,3} \quad (19)$$

де $\varphi_{гр}$, $\lambda_{гр}$, $alt_{гр}$ – географічні координати прикордонного переходу

$T_{2,3}$ – час затрачений на обробку інформації в моделі $ІЛМ(P_2^п)$;

Концептуальна модель визначається логічною сумою опису ДГО і моделей ТММ, ІЛМ

$$КМ(PS_2) = \begin{cases} ДГО(PS_2) = V_{егв}(\sum_{к=1}^{м} I_{d,к})\ (ДД, ДС, ДУ, КТм, D3, t3, D4, t4)Seg_m; \\ ТММ(М2): \cup_{к=1}^{м} I_{d,k}\ X\ DD\ X\ DC\ x\ ДУ\ X\ КТмх\ D_3^п\ X\ D_4^п\ X\ t_3^п\ x \\ t_4^п\ x\ Seg_m \rightarrow P_2^п\ (Seg_m); \\ ІЛМ(P_2^п) \equiv \begin{cases} I^п(З_я) \equiv \cup_{k=1}^{m} dk;\ I^п(DD, DC, ДУ); \\ I_{m,}^п\ (КТ_m, \varphi_{гр},\ \lambda_{гр}, alt_{гр}); \\ \Delta\tau_1 = (D_4 - D_1)\ x\ 24;\ \Delta\tau_2 = |t_4^п - t_3^п|; \end{cases} \end{cases} \quad (20)$$

$$T[КМ(PS_2)] = T_{2,1}\ \&\ T_{2,2}\ \&\ T_{2,3} = T_{2,4} \quad (21)$$

Аналогічно $ЛСМ(PS_1)$ модель $ЛСМ(PS_2)$ крім $КМ(PS_2)$ містить семантичну організаційних аспектів ДВ, отримана з SEM (ДВ) і SEM (ДА). Отже, логіко-семантична модель $ЛСМ(PS_2)$ додається організаційними питанями, які визначають SEM(ДВ), SEM (ДГ), і SEM (ДА). Знову же приймаються в якості аналога підсумкову модель $ПМ(PS_1)$, можна прийти до висновку про сутність $ПМ(PS_2)$, яка представляє собою поєднання ряду моделей, дотримуючись методології концептуально-логічного відображення проектного моделювання дослідження складних транспортних систем.

Перейдемо до другої складової суспільного забезпечення ПДВ, тобто до дії PS_3 – технічна підготовка процесу ДВ. Вона складається з перевірки наявності і достатності паливо-мастильних матеріалів, поглибленого огляду автомобіля і його систем, перевірки засобів зв'язку між водієм та диспетчером, забезпечення міжремонтного ресурсу ходової частини автомобіля і його двигуна і тому подібних операцій направлених на технічне забезпечення процесами ДВ. Треба відмітити, що технічна підготовка ДВ не обмежується можливостями автомобіля, а захоплює техніко-технологічну сторону всього процесу ДВ. Но з обліком поставленого завдання обмежимося технічною підготовкою пересувного транспортного засобу до запланованого процесу доставки вантажу.

Для стислості викладу посилаємось зразу на визначення проектної моделі дії PS_3 (визначення 71) маючи в виду, що ця дія аналогічно PS_2. Зосередемо нашу увагу на дії PS_7 – процесі прийняття рішень (ППР), яке в даному випадку має трьохсторонню направленість по стану пересувного транспортному комплексу ВВА:

$PS_{7,1}$ – ППР по психофіозологічному стану водія комплексу ВВА;

$PS_{7,2}$ – ППР по поточному стану вантажу, який підлягає доставки за призначенням;

$PS_7, 3$ – ППР по технічному стану автомобіля процесу ДВ.

$$PS_7 \equiv PS_{7,1} \,\&\, PS_{7,2} \,\&\, PS_{7,3} \tag{22}$$

Кілька думок відносно процесу прийняття рішень. Це настільки складна і специфічна дія, що треба говорити про технологію ППР, яка має конкретний напрям прийняття рішень, які визначаються особистою базою знань фахівця. Вона залежить від практики і здорового сенсу фахівця-практика. Будемо говорити про фактографічний домен знань, як частини бази знань і ряду стандартних операцій по прийняттю рішень (концептуальний домен знання) [6].

Дія $PS_{7,1}$ і $PS_{7,2}$ багато в чому визначається SEM (ДВ) і SEM (ДГ), тобто фактографічними даними по застосуванню психофізіологічного стану водія (втомленість і відсутність часу, який виділяється на відпочинок, сенсомоторна реакція, професійні, особисті і соціальні якості й інш.) і семантики сутності зміни вантажу і його тари (порушення тари, підмочування, порча, усушка, утруска вантажу і т.п.). Приведемо математичну форму вищенаведеного діяльного аспекту

$$PS_{7,1} \equiv \text{SEM (ДВ)} = \forall x_i \, \exists y_j \, P(Xx_i, y_j, \text{ТП}), i = \overline{1,N}, \; j = \overline{1,K}. \tag{23}$$

де x_i – фактор психофізіологічного стану водія;

y_j – фактор помилкової дії вдія комплекса ВВА;

ТП = {Ин, СИн. Ав, Тав} – транспортні пригоди (визначення [53-57];

$P(x_i, y_j, \text{ТП})$ – предикат психофізіологічного стану водія і його вплив на ТП.

$$PS_{7,2} \equiv \text{SEM (ДГ)} = \forall X_m \, \exists У_n \, P(X_m, У_n, \text{ТП}), m = \overline{1,м}, \; j = \overline{1,a} \; . \tag{24}$$
$$< m, n > = \text{unk}$$

де x_m – фактор зміни стану вантажу і його тари;

y_n – фактор впливу стану вантажу і його тари на транспортну пригоду, яка можлива при невідповідності стану вантажу і його тари даним, які визначені в заявці на ДВ;

$P(x_m, y_n, \text{ТП})$ – предмет стану вантажу і його тари, а його також вплив на можливість ТП.

Фактичний стан автомобіля визначається якісними і кількісними показниками діагностики систем автомобіля і багато в чому залежать від похибок 1-го і 2-го роду апаратури діагностування, яка

знаходиться в спеціалізованому підприємстві технічного обслуговування пересувного транспортного комплексу. Узагальнено цей висновок можливо представити в вигляді

$$PS_{7,3} \equiv SEM\ (ДА) = \forall\alpha\ \exists CP(\alpha, c)\ \&\ \forall\beta\ \exists ТП\ P(\beta, ТП) \in ПС[I^{\phi}(\tau)]; \quad (25)$$

$$I^{\phi}(\tau) \equiv R_{epr}\ IS(\tau) = \Delta t\ \&\ \Pi(t)\ \&\ O(t)\ \&\ N(t)\ \sigma\ \Omega(t)\ \&\ \sum(t) \mid t = \tau \quad . \quad (26)$$

де α, β – похибка 1-го роду і похибка 2-го роду в діагностуванні;

$C = \{…грн.,…крбн.,…євро\}$ – економічні втрати при привілеюванні впливу α;

$ПС = \{КВТ_{с}, СКВТ_{пк}, СКВТ_{к}, СКВТ_{ск}\}$ – проблемні ситуації, які мають місце в процесі ДВ, судячи по інформації, що поступає $I^{\phi}(\tau)$ (визначення 48-51 [7];

Δ, Π, **O,** N – достовірність, повнота, однорідність, неперервність інформації;

Ω, $\sum(t)$ – оперативність і економічність інформаційного забезпечення.

Узагальненню інформаційного забезпечення, як дії PS_{12} для $PS_{7,3}$ визначаються так: якій смисловій інформації $S_{em}(I_s)$, якої якості Z_m, треба забезпечити, яким об'ємом Y_{Is}, які дії PS_i і до якого моменту часу t_n

$$PS_{12} \leftrightarrows \{\ SEM\ [I_s(Z_m)], Y_{Is}, PS_i, t_n\}\ . \quad (27)$$

Іншими словами, в позначеннях і термінах даної статті, цей вираз приймає вигляд

$$PS_{12} \leftrightarrows \{ПС[I^{\phi}(\tau)], F(\alpha, \beta), R_{epr}\ IS(\tau),\ PS_{7,3}\} \quad . \quad (28)$$

де $SEM\ [I_s(Z_m)] \equiv SEM\ (ДА) \in ПС[I^{\phi}(\tau)]$;

$Y_{Is} \equiv F(\alpha, \beta) = F[R_{erv}(\alpha, \beta)]$;

PS_{12} для реалізації $PS_{7,3}$;

$t_n = \tau$.

З обліком громіздкості і складності статі перенесем створення модельного ряду дій $PS_4 – PS_6$, $PS_8 – PS_{11}$, в окремий розділ загального матеріалу по удосконаленню транспортної системології. Більш детально, питання, які пов'язані з інформаційним забезпеченням (ІЗ) дій по ДВ – PS_{12} будуть розглянуті в наступних частинах тематики загального матеріалу. Це пов'язано з інтересом і значенням, які застосовуються до ІЗ доставки вантажів, а також до дії PS_{13} – оцінки ризику ДВ після виконання кінцевої дії PS_i і в цілому по всьому процесу доставки вантажу від початкової до кінцевої точок призначення.

Висновок. Діями $PS_1 – PS_{13}$ можна описувати складні транспортні, організаційно-технічні системи, виходячи з різних аспектів і сторін досліджень. Також слід пам'ятати, що послідовність уніфікованих дій $PS_1 – PS_{13}$ не є догмою і їх слідування друг за другом (або паралельно друг другу) є довільним моментом, який визначається декларативно-графічним описом транспортної системи виходячи з досліджуваного інтересу.

Перелік посилань

1. Петрашевский. О.Л. Методология концептуального отображения и проектного моделирования целей системы управления безопасностю дорожного движения / О.Л. Петрашевский, А.М. Редзюк, О.В. Алексеенко // Проблеми транспорту: Збірник наукових праць: Випуск 6. – Київ:НТУ. – 2009. – с.76 -89.

2. Клир. Дж Системология. Автоматизация принятия решения системнных задач : пер. с анг. –М.: Радио и связь, 1990. – 544 с.

3. Новейший словарь иностранных слов и выражений. – Минск: изд. «Соврем. литератор», 2006. -975 с.

4. Бобков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения : Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1993. – 271 с.

5. Петрашевський О.Л. Пропозиції удосконалення термінологічної системи транспортної системології (частина 2) / О.Л. Петрашевський // НТЗ НТУ «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво». – Київ, вип. 100. – с. 239-249.

6. Джарратано, Г. Райли Экспертные системы : принципы разработки и програмирование, 4-е издание.: Пер. с англ. –М.: ООО «И.Д.Вильямс», 2007. – 1152 с.

7. Петрашевский О.Л. Контрольно временные точки на оси сценариев доставки грузов автомобильным транспортом (1-я часть) / О.Л. Петрашевский, И.И. Попелыш, А.В. Алексеенко, С.А. Коритчук.

PROPOSALS FOR IMPROVING TRANSPORTATION SYSTEMOLOGY (Part 4)

Petrashevskyi Oleh Lvovych, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Department of Airports, Professor, olp47@ukr.net, +380996092476, https://orcid.org/0000-0001-7909-6057
Popelish Ivan Ivanovich, Ph.D., Associate Professor, National Transport University, Department of Airports, Associate Professor; e-mai: i_i_p@ukr.net, тел.: +380668827221; https://orcid.org/0000-0003-3358-6565
Alieksieienko Oleksandr Valeriiovych, National transport university, Department of Airports, senior lecturer; e-mail: alexalieksieienko@gmail.com, тел. +380636039903; https://orcid.org/0000-0002-3796-9929
Koritchuk Sergey Oleksandrovich, National Transport University, Department of Airports, Assistant, k.s2501@ukr.net, +380938133430; https://orcid.org/0000-0001-5100-873X
Artemchuk Yuliia Volodymyrivna, National Transport University, Department of Transport systems and road safety, Assistant, k.s2501@ukr.net, +380938133430; https://orcid.org/0000-0002-3872-7745

Summary: We continue to publish proposals for improving transport systems. This article defines the 4th part of a large topic on the creation and adjustment of terms and definitions required for communication processes of communication, primarily researchers in this field of subject activity "researcher of transport systems (theorist) - researcher of transport systems (practitioner)". The second aspect of verbal interaction is to establish a communication relationship between "man - computer", which is important in modern conditions.

Keywords. Declarative-graphic description, theoretical-plural model, design model, risk of cargo delivery, cargo delivery scenario.

References

1. Petrashevskyi. O.L. Metodolohyia Kontseptualnoho Otobrazhenyia Y Proektnoho Modelyrovanyia Tselei Systemy Upravlenyia Bezopasnostiu Dorozhnoho Dvyzhenyia / O.L. Petrashevskyi A.M. Redziuk O.V. Alekseenko // Problemy Transportu Zbirnyk Naukovykh Prats Vypusk 6. – KyivNTU. – 2009. – p.76 -89.

2. Klyr. Dzh Systemolohyia. Avtomatyzatsyia Pryniatyia Reshenyia Systemnnykh Zadach. – M.: Radyo Y Sviaz, 1990. – 544 p.

3. Noveishyi Slovar Ynostrannykh Slov Y Vyrazhenyi. – Mynsk Yzd. «Sovrem. Lyterator», 2006. -975 p.

4. Bobkov V.F. Dorozhnye Uslovyia Y Bezopasnost Dvyzhenyia : Uchebnyk Dlia Vuzov. – M. Transport, 1993. – 271 p.

5. Petrashevskyi O.L. Propozytsii Udoskonalennia Terminolohichnoi Systemy Transportnoi Systemolohii (Chastyna 2) / O.L. Petrashevskyi // NTZ NTU «Avtomobilni Dorohy I Dorozhnie Budivnytstvo». – Kyiv Vyp. 100. – p. 239-249.

6. Dzharratano H. Raily Ekspertnye Systemy: Pryntsypy Razrabotky Y Prohramyrovanye, 4-E Yzdanye.: Per. S Anhl. –M. OOO «Y.D.Vyliams», 2007. – 1152 p.

7. Petrashevskyi O.L. Kontrolno Vremennye Tochky Na Osy Stsenaryev Dostavky Hruzov Avtomobylnym Transportom (1-Ia Chast) / O.L. Petrashevskyi Y.Y. Popelysh A.V. Alekseenko S.A. Korytchuk

УДК 625.72 DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-184-190

"THE EMERGENCE OF FREE INTERVALS IN THE TRAFFIC FLOW DEPENDING ON THE INTENSITY OF MOVEMENT AND SPEED"

ПОЯВА ВІЛЬНИХ ІНТЕРВАЛІВ В ТРАНСПОРТНОМУ ПОТОЦІ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ІНТЕНСИВНОСТІ ТА ШВИДКОСТІ РУХУ



***Sokolenko Tetiana Viktorivna**, research assistant M.P. Shulgin State Road Research Institute State Enterprise.*

https://orcid.org/0000-0003-1485-2717.



***Palchyk Anatoliy Mykolayovych** CTS, Docent., Professor at the Department of Road Design, Geodesy and Land Management. National Transport University.*

https://orcid.org/0000-0002-7658-6066

Summary: The movement of single and group cars in traffic flows was investigated during the work. These studies are used to calculate the vehicle delay time during maneuvers through crossings and adjacencies at the same level. On the basis of the data obtained, the technical and economic discussion of the cross-sectional or adjoining parameters under consideration can be made.

In the course of the study, examination will be conducted on the influence of intensity, velocity and traffic flow on the distribution intervals between cars and a graph of this effect for different traffic intensities is to be constructed. On the basis of the provided charts, the dependence of the free interval, necessary for maneuvering, on the traffic flow intensity is described. Using this dependence, you can figure out the number of cars that can be transported continuously.

Knowing the traffic flow, its intensity and the distribution of free intervals between cars and groups of vehicles, the lag time of cars that are waiting for the ability to maneuver as well as their quantity can be calculated with the help of the proposed method.

Keywords: traffic Intensity, free interval, interchange, vehicle, group of cars, road.

Introduction. The behavior of vehicles affects the behavior of drivers. A separate driver, trying to achieve his own optimal solution, conflicts with others who interact with him by means of overtaking, switching lanes and changing the itinerary on a straight section of the road. By performing a maneuver on the intersection of the crossing or adjoining of highways, the main problem of interaction between drivers is the expectation by the vehicle of the possibility of maneuvering. Thus, there is a need to study the interaction of traffic flows driven by the main and secondary roads to address the problems associated with the loss of time and long-term expectations.

Purpose and methods: After investigating the distribution of free intervals between cars in the traffic flow, it is possible to calculate the length of waiting time for cars to maneuver. The time required to perform a maneuver depends not only on the type and geometric parameters of intersection or adjacency, but also on the length of free intervals and the duration of the group of cars and consists of time for the implementation of the actual maneuver itself, the duration of the free interval between groups of vehicles moving on the main road and the duration of the group of cars, the interval between which is less than the required maneuver.

Given the dependence of the distribution of free intervals in the traffic flow on the intensity of traffic and the composition of the traffic flow on the main and secondary roads, it is possible to create a model of behavior of vehicles in the course of maneuver on crossing or adjoining and to consider such models for different intensities and different types of transport solutions in one level . Further, these data may be used for a feasibility study of changing the parameters of transport solutions at one level.

Results and explanation. Having examined the traffic flow of motorways in the locations of transport interchanges in one level, a number of parameters such as traffic intensity, speed, traffic flow composition, intervals between single and groups of cars, the number of vehicles in the group were recorded and processed for further use in calculations. On the basis of the processed data the regularity of the traffic of vehicles and the distribution of free intervals depending on the intensity of the movement are deduced.

Research at a different intensity of movement is given for an intensity of 458 cars / hour, as an example. (Table 1, Fig.1)

Table 1– Frequency of occurrence of a free interval of a given length in a traffic flow, moving with traffic intensity N = 458 cars / hour.

Таблиця 1– Частота появи вільного інтервалу заданої довжини в транспортному потоці, що рухається з інтенсивністю руху N = 458 автомобілів / годину.

Duration of interval, seconds	Number of intervals,%
8-10	30
10-12	23
12-14	17
14-16	8
16-18	6
18-20	7
20-22	7
22-24	2

The study was conducted for intensities from 458 cars per hour to 1094 cars per hour. For each of the intensities, a diagram is constructed and a degree dependence is derived. The degree dependences for each of the intensities considered in the research are shown in Table 3.

The general function of the dependence of the appearance of a free interval for any intensity:

$$n = A\, x^B \qquad (1)$$

where n - number of free intervals of given duration in percentage to total,%.

x – duration of free interval, seconds.

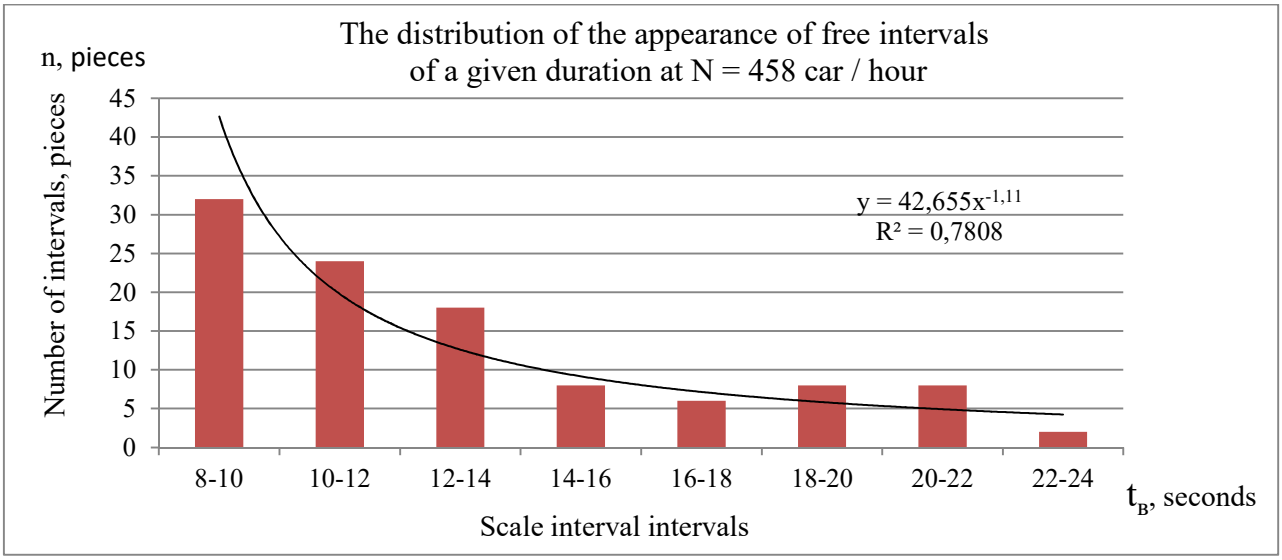


Figure 1 – The distribution diagram of the appearance of free intervals of a given duration in a traffic flow for an intensity of N = 458 cars / hour. Where t is the duration of the free interval, c; n - number of free intervals of a given duration, pcs.

Рисунок 1 – Діаграма розподілу появи вільних інтервалів заданої тривалості в транспортному потоці для інтенсивності N = 458 автомобілів / годину. Де t - тривалість вільного інтервалу, с; n - кількість вільних інтервалів заданої тривалості, шт.

Table 2 – General table of the dependence of the number of free intervals of a given duration on the traffic intensity.

Таблиця 2 – Загальна таблиця залежності кількості вільних інтервалів заданої тривалості від інтенсивності руху.

$t_{в, sec}$	**Intensity of vehicles in 1 lane of traffic in 1 direction, cars / hour**											
	458	*704*	*730*	*732*	*746*	*820*	*850*	*856*	*934*	*980*	*1094*	*1140*
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8-10	32	56	16	40	42	22	52	54	18	10	10	12
10-12	24	36	24	20	34	26	26	34	10	16	18	4
12-14	18	8	8	18	20	12	12	8	6	2	6	2
14-16	8	16	10	8	6	8	8	6	4	2	6	8
16-18	6	6	8	6	12	4	4	10	2	6	4	4
18-20	8	4	4	16	6	4	2	6	0	1	4	2
20-22	8	4	6	4	4	4	2	2	0	4	2	2
22-24	2	1	2	8	2	6	0	4	0	1	0	4

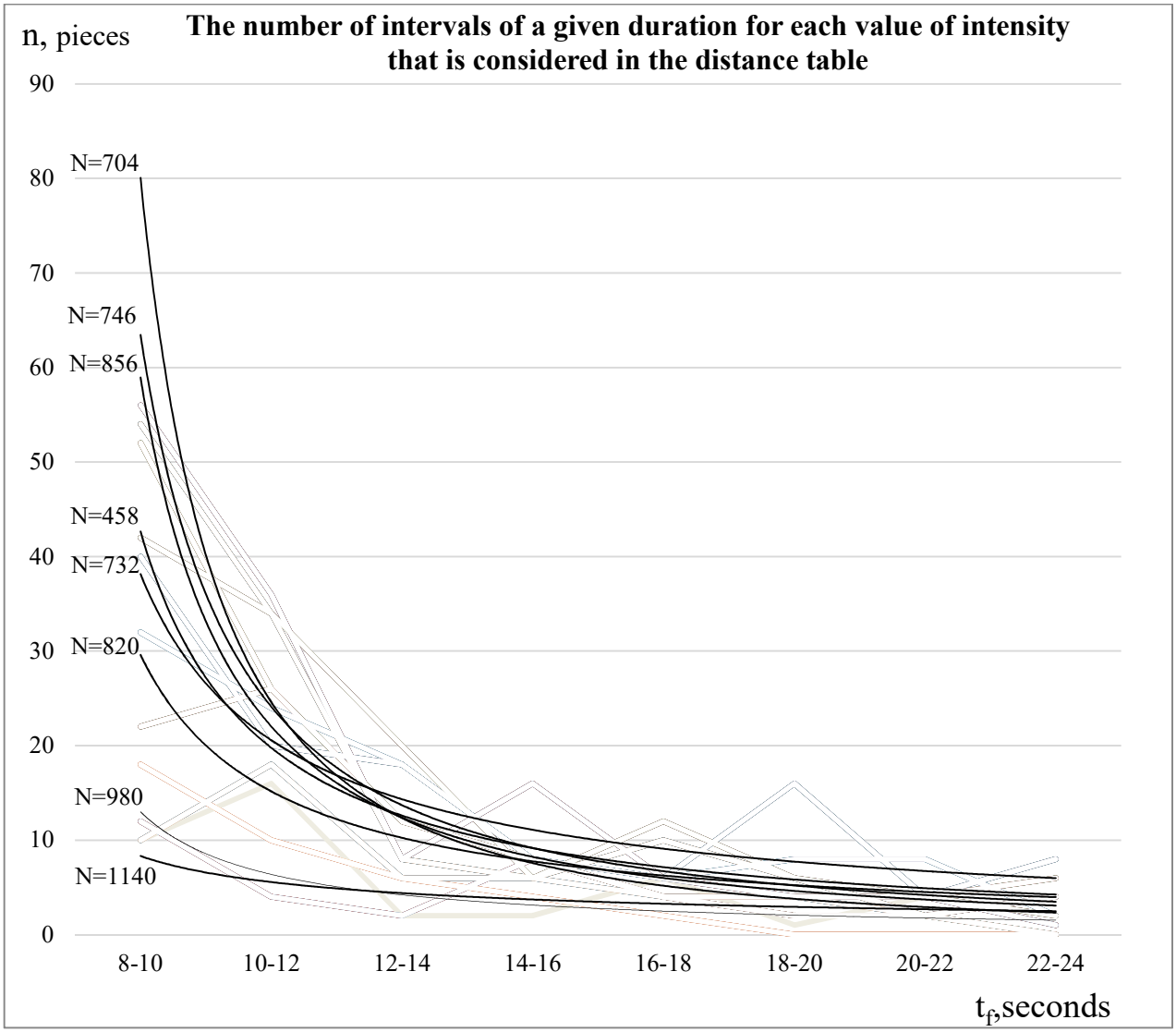


Figure 2 – Graph of the number of intervals of the given duration for each intensity value, which was considered in the study. Where t_f is the duration of the free interval, seconds; n - the number of free intervals of a given length, pieces; N - traffic intensity, cars / hour.

Рисунок 2 – Графік кількості інтервалів заданої тривалості для кожного значення інтенсивності, яке враховувалось у дослідженні. Де tf - тривалість вільного інтервалу, секунд; n - кількість вільних інтервалів заданої довжини, штук; N - інтенсивність руху, автомобілів / год.

Table 3 – Functions of the dependence of the appearance of a free interval of a given duration for each intensity considered in the study.
Таблиця 3 – Функції залежності появи вільного інтервалу заданої тривалості для кожної інтенсивності, врахованої в дослідженні.

Traffic intensity N, cars / hour	Dependency function	R	Coefficient A	Coefficient B
458	$y = 42{,}655x^{-1{,}11}$	$R^2 = 0{,}7808$	42,655	-1,11
704	$y = 80{,}069x^{-1{,}701}$	$R^2 = 0{,}8436$	80,069	-1,701
732	$y = 38{,}149x^{-0{,}891}$	$R^2 = 0{,}6926$	38,149	-0,891
746	$y = 63{,}474x^{-1{,}395}$	$R^2 = 0{,}8406$	63,474	-1,395
820	$y = 29{,}617x^{-0{,}966}$	$R^2 = 0{,}7891$	29,617	-0,966
856	$y = 58{,}969x^{-1{,}42}$	$R^2 = 0{,}8461$	58,969	-1,42
980	$y = 12{,}995x^{-1{,}026}$	$R^2 = 0{,}4880$	12,995	-1,026
1140	$y = 8{,}3282x^{-0{,}58}$	$R^2 = 0{,}3741$	8,3282	-0,58

Based on the data in Table 3, the graphs of the dependencies of the coefficients A and B are constructed which are shown in the figure. 3:

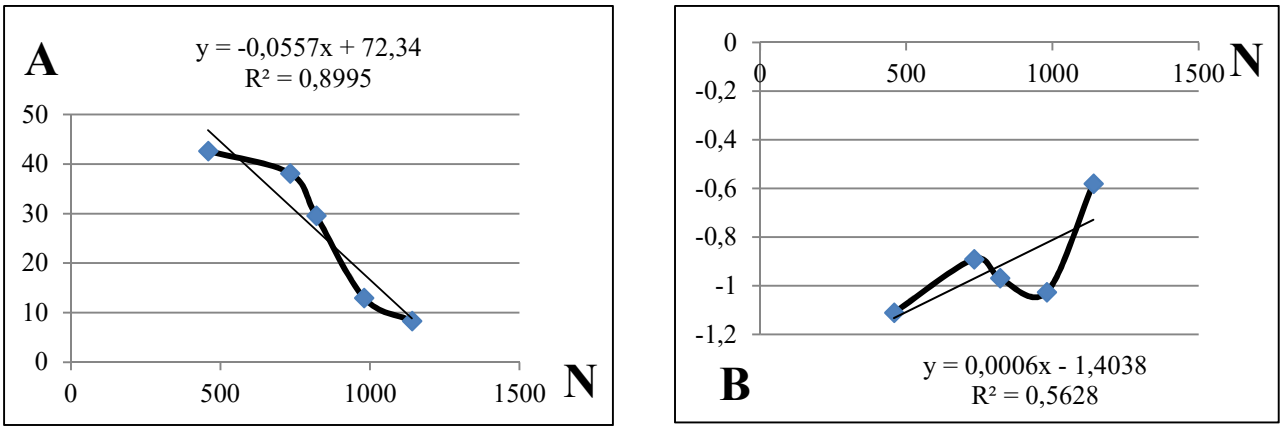


Figure 3 – The graph of the coefficient A and coefficient B dependence on the traffic intensity N.
Рисунок 3 – Графік залежності коефіцієнта А та коефіцієнта В від інтенсивності руху N

On the basis of the data in Table 3, the dependence functions of coefficients A and B are determined:

$$A = -0{,}0557x + 72{,}34 \quad (2)$$

$$B = 0{,}0006x - 1{,}4038 \quad (3)$$

The number of free intervals of a given length can be determined by substituting the intensity of the traffic on the strip and setting the required interval for the maneuver between cars or groups of vehicles.

$$n = A \cdot t_в^{\,B} \quad (4)$$

By substituting the values of the previously determined coefficients A and B, the equation is obtained:

$$n = (-0{,}0557(N) + 72{,}34) \cdot (t_в)^{0{,}0006(N) - 1{,}4038} \quad (5)$$

where, n - number of intervals of the given duration in the traffic flow;
N - intensity of traffic along the lane, cars / hour;
t_f - the duration of the free interval, seconds.

Check the equation with the actual data for intensity N = 1140 cars / hour and for the duration of the free interval of 20 seconds:

$$n = (-0{,}0557(1140) + 72{,}34) \cdot (20)^{0{,}0006(1140) - 1{,}4038} = 8{,}842 \cdot 20^{-0{,}72} = 2 \text{ pieces}$$

Conclusion: After examining the model of behavior of vehicles in carrying out the maneuver on crossing or adjoining and considering such models for different intensities and different types of transport solutions in one level, we obtained an equation by which one can determine the number of free intervals of a given length for any intensity of motion.

Given the dependence of the distribution of free intervals in the traffic flow on the intensity of traffic and the composition of the traffic flow on the main and secondary roads, it is possible to calculate the number of vehicles that can perform maneuver on the intersection or adjacency.

On the basis of this data, it will be possible to carry out a feasibility study on changing the geometric parameters of transport solutions in one level.

References

1. VA Hoffman, VM Vizgalov, MP Polyakov. Crossing and adjoining roads. - M.: Higher school, 1989. - 319 p.

2. Crossing and adjoining roads in one level. Methods of designing and organizing traffic. VBN V.2.3-218-192-2005. Ukravtodor K., 2005.

3. Keit F. Mathematical theory of transport flows. Moscow, Mir Publ., 1966.

4. Polishchuk VP, Dzyuba O.P. The theory of transport flow: methods and models of road traffic organization / VP Polishchuk, O.P. Dzyuba - K .: Knowledge of Ukraine, 2008. - 175 p.

5. Drew D. The theory of transport flows and their management. M .: Transport, 1972. - 424 p.

6. Polishchuk VP The theory of traffic flow: methods and models of traffic organization: teaching. manual / VP Polishchuk, O.P. Dzyuba - K .: Knowledge of Ukraine, 2008. - P. 49 - 169.

7. Designing and searching of intersections of highways / [E.M. Lobanov, V.M. Shevyakov, VA Gohman and others]. - M .: Transport, 1972. - P. 40-84.

8. Palchik AM Transport streams / Palchik AM - K .: NTU, 2010. - P. 26-42, 44-47, 52-54, 87-102.

ПОЯВА ВІЛЬНИХ ІНТЕРВАЛІВ В ТРАНСПОРТНОМУ ПОТОЦІ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ІНТЕНСИВНОСТІ ТА ШВИДКОСТІ РУХУ

Соколенко Тетяна Вікторівна, молодший науковий співробітник Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П.Шульгіна», https://orcid.org/0000-0003-1485-2717.
Пальчик Анатолій Мколайович, к.т.н., доцент, професор кафедри проектування доріг, геодезії та землеустрою, https://orcid.org/0000-0002-7658-6066

Анотація: Під час виконання роботи було досліджено рух одиночних та груп автомобілів у транспортному потоці, закономірність появи вільних інтервалів між транспортними засобами, що рухаються головною дорогою, залежність можливості виконання маневру на перехрещенні чи примиканні від тривалості руху групи автомобілів та тривалості вільного інтервалу між цими групами. Дані дослідження використовуються для розрахунку часу затримки транспортних засобів під час виконання маневрів на перехрещення та примиканнях в одному рівні. На основі отриманих даних можливо буде виконати техніко-економічне обґрунтування параметрів перехрестя чи примикання, що розглядається.

В ході виконання дослідження було розглянуто вплив інтенсивності, швидкості руху та складу транспортного потоку на розподіл інтервалів між автомобілями та побудовано графіки залежності цього впливу для різної інтенсивності руху. На основі побудованих графіків виведено залежність появи вільного інтервалу, необхідної тривалості для виконання маневру, від інтенсивності руху транспортного потоку. Використовуючи цю залежність можна буде розрахувати кількість автомобілів які зможуть безперешкодно виконати маневр.

Знаючи склад транспортного потоку, його інтенсивність та закономірність розподілу вільних інтервалів між автомобілями та групами автомобілів, за допомогою запропонованого методу можливо буде розрахувати як час затримки автомобілів що очікують можливості виконання маневру так і їх кількість.

Ключові слова: Інтенсивність руху, вільний інтервал, розв'язка, транспортний засіб, група автомобілів, автомобільна дорога.

Перелік посилань

1. В. А. Гофман, В. М. Визгалов, М. П. Поляков. Пересечения и примыкания автомобильных дорог. – М. : Высшая школа, 1989. – 319 с.

2. Перехрещення та примикання доріг в одному рівні. Методи проектування та організації дорожнього руху. ВБН В.2.3-218-192-2005. Укравтодор. К., 2005.

3. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков. М.: Мир, 1966. — 288 с.

4. Поліщук В.П., Дзюба О.П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху / В.П. Поліщук, О.П. Дзюба. – К.: Знання України, 2008. – 175 с.

5. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. М.: Транспорт, 1972. – 424 с.

6. Поліщук В.П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху : навч. посіб. / В.П. Поліщук, О.П. Дзюба. – К.: Знання України, 2008. – С. 49 – 169.

7. Проектирование и изыскание пересечений автомобильных дорог / [Е.М. Лобанов, В.М. Шевяков, В.А. Гохман и др.]. – М.: Транспорт, 1972. – С. 40-84.

8. Пальчик А.М. Транспортні потоки / Пальчик А.М. – К.: НТУ, 2010. – С. 26-42, 44-47, 52-54, 87-102.

УДК 621.879.44 DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-191-197

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ УЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТУ ПІД ТРУБОПРОВОДОМ

COMPUTER MODELING OF THE PROCESS OF SOIL SEALING UNDER THE PIPELINE



Кузьмінець Микола Петрович, *доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри комп'ютерної, інженерної графіки та дизайну, kuzminecmp@ukr.net, тел. +380442849713,*

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

Анотація. У статті, за допомогою комп'ютерного моделювання в середовищі Ansys, досліджено робочий процес змінного обладнання одноківшевого екскаватора для ущільнення ґрунту під трубопроводом та оцінено вплив параметрів робочого обладнання на якісну картину процесу ущільнення ґрунту та зміну параметрів напружено-деформованого стану магістрального трубопроводу та ґрунту.

Ключові слова: моделювання, ґрунт, напружений стан, екскаватор,трубопровід

Вступ. Україна володіє частиною унікальної системи трансконтинентальних магістральних нафто- та газопроводів, завдяки яким є можливість транспортувати нафту і газ до багатьох країн Європи та Азії, а також забезпечувати енергоносіями власну економіку. Переважна частина такої транспортної системи побудована пів століття тому та нині потребує капітального ремонту.

В Україні розроблено та впроваджено нову технологію виконання ремонту магістральних трубопроводів, яка передбачає виконання робіт із заміни ізоляційного покриття, без підйому труби та, в окремих випадках, без зупинки перекачування продукту. Останньою операцією такої технології є засипання відремонтованого трубопроводу та ущільнення відсипаного ґрунту під трубою. Дану операцію виконує машина з новим робочим обладнанням, завдання якого ущільнити ґрунт до необхідних параметрів міцності, при цьому створюючи мінімальний вплив на зміну напружено-деформованого стану (НДС) діючого трубопроводу.

Мета і методи. Розробці та впровадженню комплексу нової землерийної техніки [1, 2] для виконання подібних робіт присвячено низка наукових робіт. Зокрема, що стосується операції ущільнення ґрунту під трубопроводом, в роботах [3, 4, 5] було розкрито механізм процесу ущільнення ґрунту під трубопроводом, обумовлений взаємодією ядер ущільнення ґрунту під час обтискування його плоскими поверхнями робочого органа, що рівномірно рухаються одна проти одної, в умовах, обмежених стінкою трубопроводу і дном траншеї, який дозволив керувати ступенем та рівномірністю ущільнення масиву ґрунту під трубопроводом за один прохід робочого обладнання. Розроблено математичні моделі для визначення напружень та коефіцієнтів ущільнення ґрунтового масиву під трубопроводом. Визначено раціональні значення параметрів ґрунтоущільнювального обладнання: кут обтискування 75°, відстань між лопатками 1400 мм, довжина та ширина лопаток – відповідно 600 та 300 мм, відстань від лопатки до твірної трубопроводу l – 180 мм. Встановлено закономірності зміни тиску ґрунтоущільнювальних лопаток на ґрунт P = 0,18...0,35 МПа від коефіцієнта його ущільнення в межах Kу = 0,9...0,95. Такі параметри дозволили створити ефективне робоче обладнання для ущільнення ґрунту під магістральними трубопроводами.

Останнім часом, було запропоновано спроектувати конструкцію змінного робочого обладнання до одноківшевого екскаватора, для ущільнення ґрунту під трубопроводами при вибірковому ремонті. Для видозміненого робочого обладнання не вирішеним залишилося питання, а який вплив чинить процес ущільнення ґрунту під трубопроводом на зміну напружено деформованого стану труби, при відомих навантаженнях на неї, і які параметри ґрунтоущільнювальних лопаток необхідні для ефективного ущільнення ґрунту.

Метою роботи - за допомогою сучасних інженерно-разрахункових програм змоделювати робочий процес змінного обладнання екскаватора для ущільнення ґрунту під трубопроводом та оцінити вплив параметрів ґрунтоущільнювальних лопаток на якісну картину процесу ущільнення ґрунту та зміну параметрів магістрального трубопроводу.

Об’єкт дослідження – процес ущільнення ґрунту під трубопроводом.

Результати і пояснення. В процесі виконання дослідження, було розроблено тривимірну модель екскаватора з робочим обладнанням, ґрунтовою призмою під трубопроводом та змодельовано трубопровід (рис. 1).

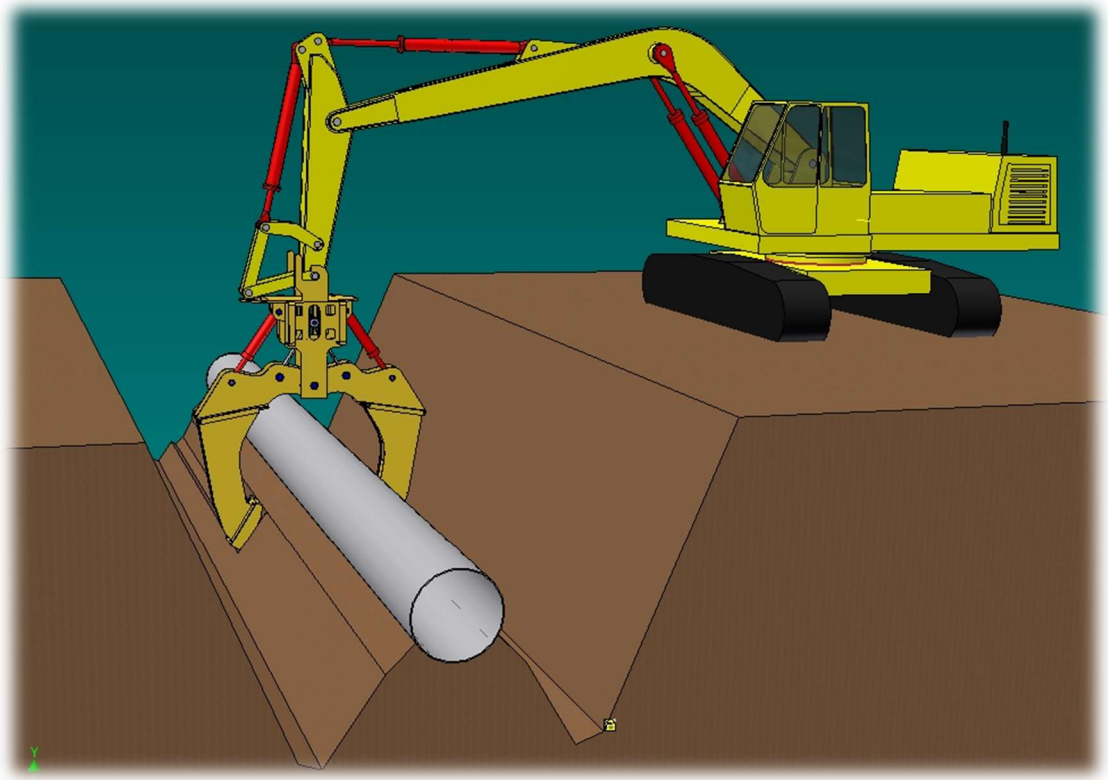


Рисунок 1 – Модель змінного робочого обладнання до екскаватора для ущільнення ґрунту під трубопроводом

Figure 1 – Model of interchangeable work equipment to the excavator for soil compaction under the pipeline

До ґрунтового середовища прикладено навантаження (рис. 2) від ґрунтоущільнювальних лопаток, відповідно до максимальних зусиль в гідроциліндрах, з урахуванням кінематики приводу.

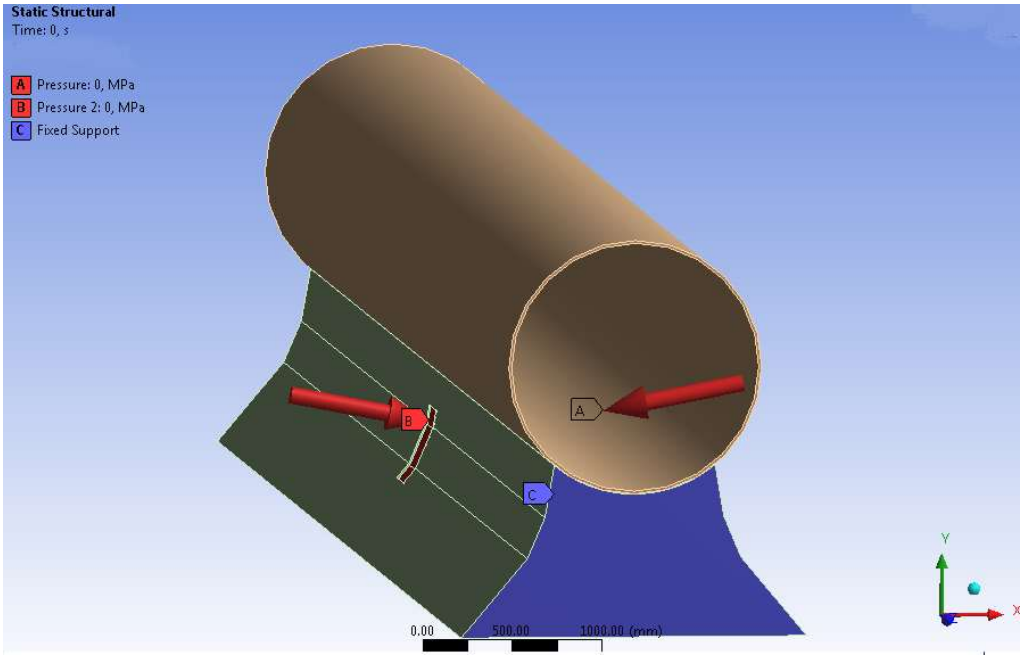


Рисунок 2 – Схема прикладання навантаження від ґрунтоущільнювальних лопаток
Figure 2 – Scheme of application of load from soil compacting blades

У результаті досліджень було встановлено зміну НДС трубопроводу, аналіз яких дав підставу стверджувати, що обтискування ґрунту під трубопроводом лопатками чинить вплив на зміну НДС труби. Якісна картина епюри розподілу напружень при цьому має вигляд рис. 3.

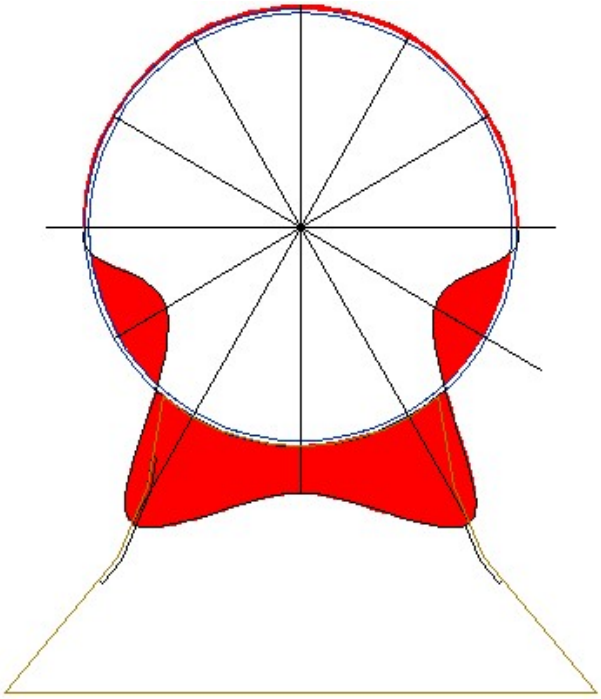


Рисунок 3 – Епюра розподілу напружень в трубопроводі під час ущільнення ґрунту
Figure 3 – Plot of stress distribution in the pipeline during soil compaction

У результаті виконання низки досліджень, у тому числі і досліджень напрямків формування зон деформування ґрунту рис. 4, було запропоновано змінити форму ущільнювальної лопатки, зробивши її ламаною з кількох частин.

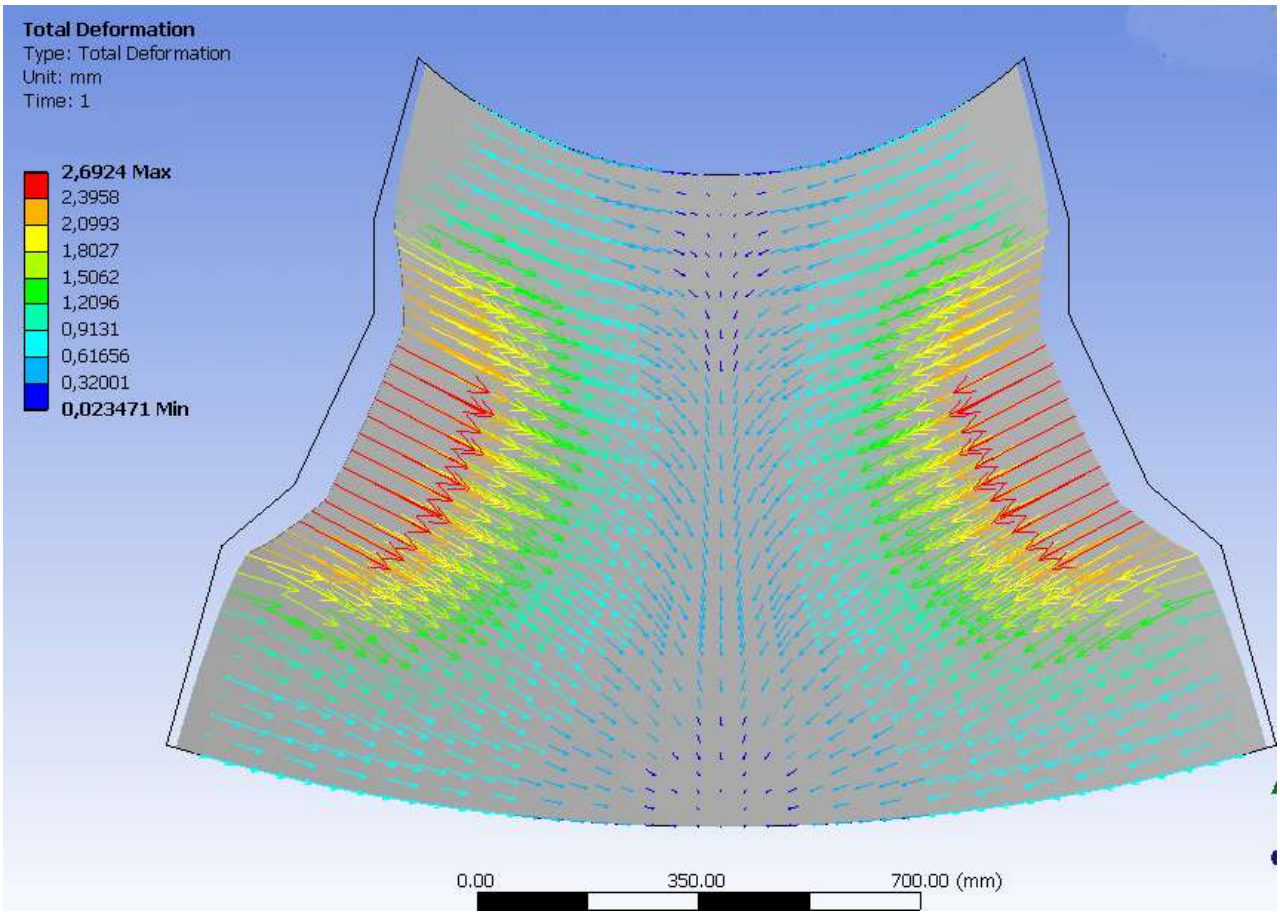


Рисунок 4 – Формування зон деформування ґрунту
Figure 4 – Formation of soil deformation zones

Наявність додаткових «крил» лопатки дозволило перенаправити напрями формування зон деформування ґрунту під трубопроводом, забезпечивши при цьому рівномірне та якісне ущільнення ґрунту рис. 5 під трубопроводом з мінімальною зміною НДС трубопроводу.

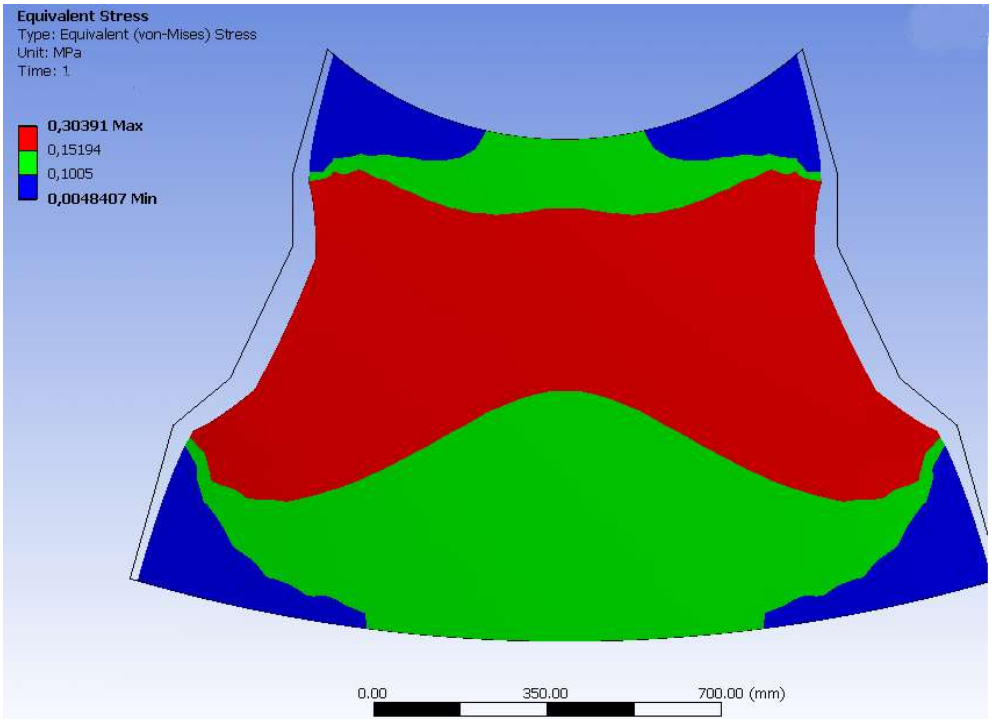


Рисунок 5 – Формування зон ущільнення ґрунту
Figure 5 – Formation of soil compaction zones

Крім того, в результаті дослідження, дійшли висновку, що можна використовувати форму лопаток у вигляді двох на півсфер на відстані 1265мм, з встановленими раціональними радіусами кривизни 275 та 375 мм, на відстані 272мм від труби діаметром 1420мм (рис. 6).

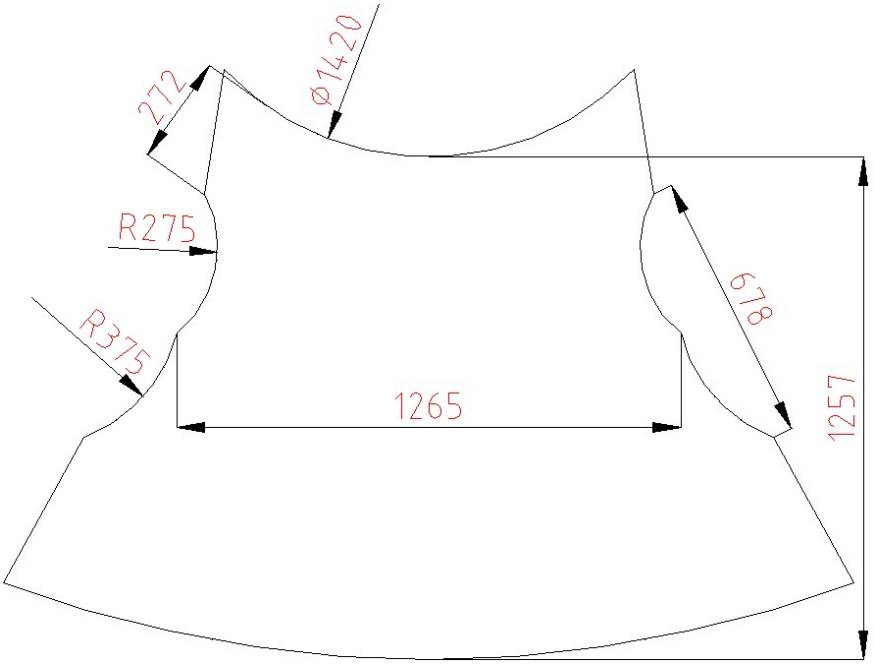


Рисунок 6 – Раціональна схема розташування та параметри форми лопаток для ущільнення ґрунту під трубопроводом
Figure 6 – Rational layout and shape parameters of the blades for soil compaction under the pipeline

При цьому вдалося забезпечити мінімальний вплив на зміну НДС трубопроводу та досягти найбільш рівномірну якість ущільнення ґрунту по осі під трубопроводом рис. 7.

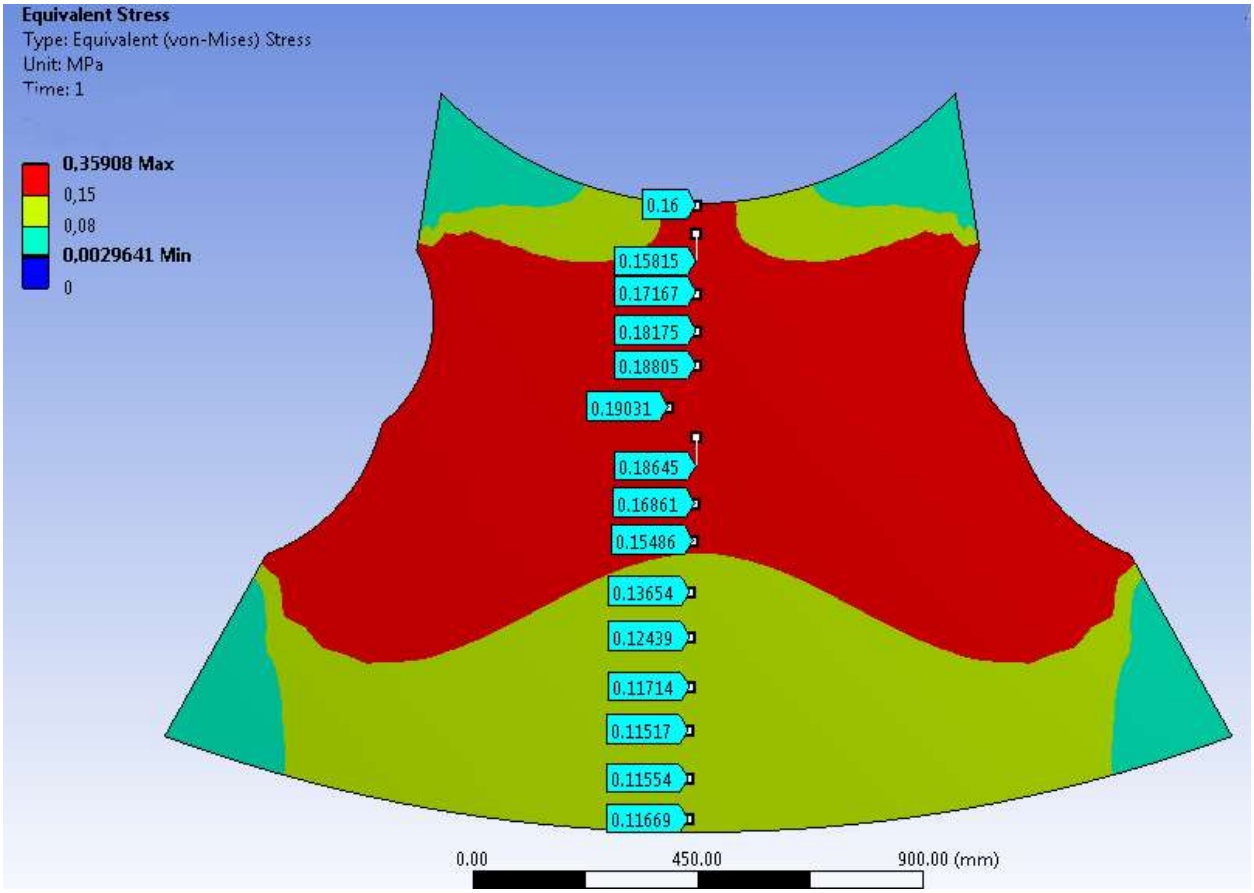


Рисунок 7 – Формування зон ущільнення ґрунту під трубопроводом
Figure 7 – Formation of soil compaction zones under the pipeline

Висновки та рекомендації. Результати дослідження показали, що завдяки моделюванню робочого процесу змінного обладнання екскаватора для ущільнення ґрунту під трубопроводом, з використанням сучасних інженерно-разрахункових програм, вдалося оцінити вплив параметрів ґрунтоущільнювальних лопаток на якісну картину процесу ущільнення ґрунту та зміну параметрів магістрального трубопроводу.

Встановлено, що для змінного робочого обладнання екскаватора, для ущільнення ґрунту під трубопроводом, більш раціонально використовувати форму лопаток у вигляді двох на півсфер розташованих на відстані 1265мм між собою, з радіусами кривизни 275 та 375 мм, на відстані 272мм від труби діаметром 1420мм.

Проектування змінного робочого обладнання екскаватора з такими параметрами ґрунтоущільнювальних лопаток та їх розташуванням відносно трубопроводу дозволить якісно ущільнити грунт під трубою, з максимальним коефіцієнтом ущільнення, та забезпечити мінімальний вплив обладнання на зміну напружено-деформованого стану трубопроводу.

Перелік посилань

1. Технологія капітального ремонту магістральних нафтопроводів діаметром 530-1220 мм із заміною ізоляції без підняття трубопроводу з використанням комплексу машин підвищеної продуктивності. ВБН В.3.1-320.20077720.01-2001. НАК "Нафтогаз України", Київ, 2001, 189 с.
2. Пат. 94374 України, МПК E02F5/10. Технологія виконання земляних робіт при капітальному ремонті лінійної частини магістральних трубопроводів і комплекс технологічного обладнання для її здійснення / М.Ф. Дмитриченко, М.О. Білякович, В.Д. Мусійко, М.П. Кузьмінець, В.Х. Баланін. № а 2010 10431; заявл. 27.08.2010; опубл. 26.04.2011, Бюл. №8.
3. Кузьмінець М.П. Створення робочого органа для ущільнення ґрунту під магістральними трубопроводами. дис. … канд. техн. наук: 05.05.04/ Кузьмінець М.П. – Київ, 2006. – 191 с.
4. Кузьмінець М.П. Формування комплексу спеціальних землерийних ма-шин для роботи в умовах діючих магістральних трубопроводів: дис. на здобуття наукового ступеня д-ра техн. наук: спец. 05.05.04. – Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, 2013. – 319 с.
5. Прикладна механіка робочих процесів машин: Монографія / Сівко В.Й., Кузьмінець М.П. – К.: НТУ, 2009, – 349 с.

COMPUTER MODELING OF THE PROCESS OF SOIL SEALING UNDER THE PIPELINE

Kuzminets Mykola Petrovych, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of the Department of Computer, Engineering Graphics and Design, kuzminecmp@ukr.net, tel. +380442849713, https://orcid.org/0000-0002-9636-919X

Summary. In the article, using computer simulation in Ansys environment, the working process of replacement equipment of a single-bucket excavator for soil compaction under the pipeline is investigated and the influence of working equipment parameters on the qualitative picture of soil compaction process and change of stress-strain state of main pipeline and soil is evaluated.

Keywords: modeling, soil, stress, excavator, pipeline

References

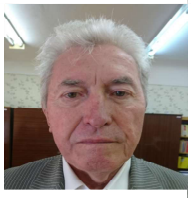
1. Tekhnolohiia kapitalnoho remontu mahistralnykh naftoprovodiv diametrom 530-1220 mm iz zaminoiu izoliatsii bez pidniattia truboprovodu z vykorystanniam kompleksu mashyn pidvyshchenoi produktyvnosti. VBN V.3.1-320.20077720.01-2001. NAK "Naftohaz Ukrainy", Kyiv, 2001, 189 s.
2. Pat. 94374 Ukrainy, MPK E02F5/10. Tekhnolohiia vykonannia zemlianykh robit pry kapitalnomu remonti liniinoi chastyny mahistralnykh truboprovodiv i kompleks tekhnolohichnoho obladnannia dlia yii zdiisnennia / M.F. Dmytrychenko, M.O. Biliakovych, V.D. Musiiko, M.P. Kuzminets, V.Kh. Balanin. № a 2010 10431; zaiavl. 27.08.2010; opubl. 26.04.2011, Biul. №8.
3. Kuzminets M.P. Stvorennia robochoho orhana dlia ushchilnennia gruntu pid mahistralnymy truboprovodamy. dys. … kand. tekhn. nauk: 05.05.04/ Kuzminets M.P. – Kyiv, 2006. – 191 s.
4. Kuzminets M.P. Formuvannia kompleksu spetsialnykh zemleryinykh ma-shyn dlia roboty v umovakh diiuchykh mahistralnykh truboprovodiv: dys. na zdobuttia naukovoho stupenia d-ra tekhn. nauk: spets. 05.05.04. – Kyivskyi natsionalnyi universytet budivnytstva i arkhitektury, Kyiv, 2013. – 319 s.
5. Prykladna mekhanika robochykh protsesiv mashyn: Monohrafiia / Sivko V.I., Kuzminets M.P. – K.: NTU, 2009, – 349 s.

УДК 625.7/.8(0.75) DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-198-204

DETERMINATION OF THE RATIONAL LEVEL OF MECHANIZATION OF ROAD PRODUCTION

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РІВНЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО ВИРОБНИЦТВА





***Lykhostup M.**, PhD, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Department of Transportation Construction and Property Management, National Transport University*
https://orcid.org/0000-0001-8139-1768

***Varfolomeev J.U.,** Associate Professor, Associate Professor, Department of Transport Construction Machines, National Transport University*
https://orcid.org/0000-0001-5388-6624

Abstract. The constant aspiration of a person to replace manual labor with the work of machines and mechanisms is reproduced in such concepts as "mechanization", "automation", "machine-tool" and others. In the construction industry, the most common and most favorable for the disclosure of this desire is an indicator of the level of mechanization. But in the techniques and recommendations that provide advice on the definition of this indicator, its calculation is carried out using generalizations of mechanization of labor without giving any clear representations as to the determination of production volumes in a purely mechanized way.

The article reveals the essence of the indicator of the level of mechanization of road production, which determines the expediency of improving the structure of the main production assets of the enterprise for the implementation of such a program of work, which would contribute to maximizing profits. In general, the definition of the rational level of mechanization is based on the implementation of an iterative algorithm, which includes a number of stages.

Thus, at the first stage, the initial (basic) program of a road organization is determined using data on the quantity and quality of the main production assets and the usual program of work for this enterprise. Determining the structure of this program, consisting of a number of road works and labor processes, in turn, is carried out using the developed algorithm, which involves the maximum technological use of all types of resources, including technical, which contribute to the mechanized mode of work. Next, using the data on the structure of the works, it is possible to obtain the estimated value of profit that can be obtained as a result of the implementation of the initial program of work.

On the basis of the information about the estimated value of profit formed part of it in the form of a production development fund. The size of the fund for the development of production is the basis for reforming the machine park of the road organization. Options for changing the quantitative and qualitative composition of the machine park include the steps to assess their residual value, the purchase of new machines, major repairs or replacement of existing units of equipment.

Using the data of various variants of the modernization of the park of machines and mechanisms, the corresponding changes for working hours for them are determined for the year, that is, the initial annual of

working time is recalculated. The updated information on annual working time funds is used to determine the appropriate modifications to the park of machines of the work program of the road organization. For each option of updated programs of work determined by the calculated profit, and its maximum value is approved rational program of work.

At the last stage, using data on total costs of manual and mechanized labor, as well as data on the total number of performers, indicators are calculated that characterize the level of mechanization of a road enterprise. The obtained indicators, as characteristics of the level of mechanization, can be used to solve various tasks in the field of road production management.

Key words: level of mechanization, program of work, estimated profit, indicators of mechanization.

Presenting main material

As you know, the level of mechanization of production is used in the processes of enterprise management in order to determine or confirm the sustainability and success of its activities. The indicator of the level of mechanization is used in the process of forming an offer for participation in competitive bidding, as an indicator of the formation of the wage level of the program executors, as a mandatory indicator of enterprise activity reporting, as well as a criterion for evaluating the results of the production and economic activity of the enterprise. In general, the definition and prediction of the indicator of mechanization of production is determined by its relevance and comprehensive necessity.

Determination of the level of mechanization takes place at different levels of production management, that is, it can be determined at the level of individual works, at the level of execution of individual programs of works or contracts or at the level of the entire enterprise. In all these cases, the calculation of the level (indicator) of mechanization of production is quite simple, that is, it is determined by the ratio of volumes of work that were performed mechanized way to the total output [1,2]. But the problem of implementing such a method of calculating the level of mechanization lies in the fact that the determination of the fate of "mechanized" share of work in the total volume of production is extremely complex and virtually unresolved problem, because this part of the work can be imagined as the cost of energy workers, whether it is the number of executed products, is it a lot of labor. Therefore, the use to determine the level of mechanization of information on the cost of manual and machine labor or the number of performers (workers and machine operators) will only lead to the calculation of indicators characterizing the level of mechanization.

On the basis of the system-technical analysis of the suburbs of the indicator of the level of production mechanization, it is possible to conclude that it has a relative nature, and therefore its significance does not directly affect the achievement of the best results of production, but, on the other hand, is an inherent characteristic of the organization of production. In general, the level of mechanization should be understood as the tendency to reduce manual labor in the production process, provided that the cost of its production is reduced and that a positive socioeconomic effect is achieved. In road production, as a criterion for achieving a favorable result, the profit that can be obtained as a result of the implementation of the program of work can be best taken.

On the basis of the analysis of the trends in determining the profit in transport construction, one can conclude that in practice only the concept and meaning of estimated profit are actually used. Since the definition of estimated profits is carried out at the design stage as part of a consolidated estimated calculation [2], then in the further material it is a question of a predominant definition of the planned level of both company profits and the possible level of mechanization that contributes to achieving this profit.

Determination of the rational relation between the enterprise activity program with the defined structure of work necessary for its successful implementation by the level of mechanization and planned profit is carried out using the method of iterative modeling of the processes of solving such problem in the following stages:

$$\textbf{\textit{ПР1 -> КП1 -> ПМ -> ПР2 -> КП2;}} \quad \textbf{\textit{E = КП2 – КП1,}} \tag{1}$$

where ***ПР1*** - procedures for modeling the processes of implementation of the initial program of works of the enterprise;

КП1 - calculation of the estimated profit that can be obtained as a result of the implementation of the *ПР1* program;

ПМ - procedures for simulation of processes for improving the condition of main industrial assets;

ПР2 - procedures for modeling the implementation of the program of work after the renewal of the main production assets of the enterprise;

КП2 - calculation of estimated profit, which can be received as a result of program *ПР2*;

E - is the economic effect that can be obtained as a result of the renewal of the structure of the main productive assets.

To solve the stages of the problem (1) a system of initial data that characterizes the activity of a road enterprise is formed and includes:

- list and amount of labor and technical resources available to the road enterprise - *r = 1, 2, ... , R,* where *r* is the type of resource (or group of resources of one class);

- estimated annual working time fund of each group of resources, which is measured in *hum. x h* for labor. and for technical resources - in the *mash.x h* - *Fr*; which forms the so-called "cash desk" of resources;

- a list of characteristic works and groups of labor processes, which constitute the latest program of work of the road enterprise - *i = 1, 2, .. , n*, where *i* is the kind of characteristic work (or group of labor processes). The list of characteristic work and labor processes is established on the basis of the analysis of acts on executed work in the form number КБ-2В;

- the cost of performing a unit of measurement of a characteristic work or a group of labor processes - *Ci*, which can be determined from acts № КБ-2В, UAH;

- calculation of the technologically possible duration of a typical work or a dedicated group of labor processes - *Ti*, *h*.

The source data system also includes a normative base on the cost of resources per unit of measurement of a characteristic work or group of labor processes, which uses state Resource Element Estimates (RECNs - РЕКН) [4,5]

Procedures for simulating the processes of implementing the enterprise program's initial program of work - ***ПР1*** begin with the determination of the feasibility of each *i* - th work characteristic of this program throughout the year, during the period *Ti*. For this purpose, for each work, the level of its provision with resources is set, which can be demonstrated by such an example.

The characteristic work corresponds to REKN - DSTU B D.2.2 - 2013, Sb. 27, tab. 27 - 14 [4]. Unit of measurement of this work - 100 m^3, the estimated time of its execution is 600 hours. A fragment of the calculation of the level of resource provision is presented in the table 1.

Table 1 – A fragment of the results of calculating the level of provision of resources
Таблиця 1 – Фрагмент результатів розрахунку рівня забезпечення ресурсами

Name resources	Number of enterprise resources	Resource expenditures per 100 m^3 (PEKH)		Maximum volume of work, m^3 *Vmax*	Costs resource resource on *Vmax*	Take into conside ration	The coeffi cient is se-cured by resources *Кзр., i r*
		unit measuring	cost resources				
1	2	3	4	5	6	7	8
1.Cost of labor (workers)	68	hum. x h	17,9	33835	6056	10,1	6,73
2.Motor gradars, 99кW	3	mash. x h	5,32	33835	1800	3	1
3.Road roller, 13 t	2	mash. x h	22,92	33835	7755	12,93	0,15
. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .

The maximum amount of work - *Vmax* is determined by the performance of the lead resource, which in this case adopted an motor grader. Then:

$$Vmax = (600 / 5,32) \times 100) \times 3 = 33835 \text{ m}^3$$

Resource Coefficient - *Кзр., i* r (column 8, table 1) is determined by dividing column data 2 into column data 7. The estimated factor providing the resources of the above work is the minimum value of all the supply factors for each type of resource, that is, 0.15 , that is *Кзр.*, i = 0.15.

Then, depending on the value of the coefficients of providing resources, all the characteristic work and labor processes are divided into 2 groups. The first group includes such works and labor processes in which *Кзр., i > 1*, that is, the enterprise has enough resources to perform this work (or labor process) throughout the technological period. The second group includes such works and labor processes in which *Кзр., i <1.*

From these two groups there is a general ordered "queue" of work and labor processes, which begins with their ordering in the first group. In this case, the work (or labor process) which has a higher specific value - *PSi*, which is calculated as: *PSi = (Vmax x Ci) / Ti,* occupies a higher place. The characteristic work (labor processes) is arranged in order of decreasing their coefficient of providing resources - *Кзр., i* .

Formation of the initial (basic) program of work - *ПР1* is carried out by allocating according to certain rules and in a certain sequence from the "cash desk" resources of their required volumes for each work (labor process). Allocation of resources from their "cash desk" represents a system of simulation procedures that are implemented in the following sequence:

- to the first in a ranged sequence of work and labor processes is provided "cash" resources, from which "selected" part of the resources necessary for this work - *Fir, z*, where *z = 1, 2, .. , Z* is the number of the iterative step of allocating resources for work and labor processes. Necessary part of resources is determined by the multiplication of the time available for the time allocation of the resource, which is in the current "cash desk", by the ratio of demand - *Knomp., ir, z* [6]. This coefficient is determined on the basis of the information on the maximum and the limited (allowable by the coefficients of provision) the volume of production of all works and work processes, the timing of their execution and the performance of the leading resources. Thus, after the "provision" of the first work or labor resource process in the amount of *Fir, 1*, in the "cash register" a balance is formed that is used to meet the needs of the subsequent work (labor process);

- the resources remaining after the previous distribution in the "cash register", are transferred to the subsequent work (labor process) in accordance with the specified order. Next, for this subsequent work (process), the necessary amount of resources is calculated - *F (i + 1) r, 1* in accordance with the demand-calculated by current information – *Knomp., (i + 1) r, 1*;

- then the residual after the previous use of the "cash register" of resources is "passed" to the queue of work (labor process) until such time as all work and processes of the program of work are secured in accordance with a definite part. This completes the first iteration of resource allocation, *z = 1;*

- then the distribution of resources is carried out for the following iterations, when *z = 2, 3, ..., Z*. The expansion of resources ends on that iteration, that is *Z*, when the residual "box office" will not find the necessary resource for the next labor process. This iteration is canceled and the resource allocation is stopped. In principle, the number of iterations can be calculated (the formula in the article is not given), but, as the practice of the calculations performed shows, their number is from 7 to 12.

In parallel with the allocation of resources for work and labor processes, at each iteration, the volume of work that can be performed by the given part of resources - *Vi, z*, and their sum over all iterations gives the opportunity to determine the total amount of each work (or labor process) - *Vi*, and in the general form of their list and the physical expression forms the initial program of works - *ПР1*. In addition, the calculation of the spent working time of each resource is made - *Fr,вигр*. and the remainder after the time allocation is *Fr, залиш.* The information makes it possible to take further decisions that the resource base of the company and streamlining the work program. So, for example, with data value fund of working time each resource - *Fr,вигр.* expended in carrying out the program of work and remaining after the distribution of stock of time - – *Fr, залиш*. may calculate the amount of each *r - th* resource used respectively during execution program of work and remains unused after its execution. Such information is the basis for drawing up the so - called balance of resources.

First of all, for the determined initial program of work - *ПР1* calculated estimated arrived - *КП1* in accordance with the provisions of the existing sectoral documents [4]. According to the method of determining profit, its value mainly depends on the value of the work performed (in other words, on the volumes of production) and the structure of labor, that is, the relation between manual and mechanization labor. But in any case, profits are a generator of the formation of late economic foundations, among which there is a fund for the development of production and serves as a source of improvement of the quantitative and qualitative state of the main productive assets, and first of all - working machines and mechanisms.

Procedures for modeling the processes of improving the state of the main production assets represent a definition of possible options for changing the quantity and quality of machines and mechanisms. In general, the designation of the options for the modernization of the machine park - *v* (where - *v = 1,2, ... V*) appears as a sequence of expert procedures, each of which has its purpose. So, with the formation of options for the modernization of the machine park, opportunities can be considered:

- estimates of the state of machines and mechanisms at residual value [7] and their replacement for new ones in order to obtain negative results;
- the purchase of new machines and mechanisms that are inadequate in the road organization, which caused the suspension of the development of the program of work at the stage of distributing the "cash" of resources for work and ore processes;
- major repairs of machines that are close or perish the terms of their lifetime.

Formation of each variant of the change in the quantitative and qualitative composition of the machine park is carried out within the framework of a definite development fund for testing. For any variant of the change in the machine park, the annual funds of working time for those resources that are subject to change in the appropriate version are *Fr, v* (where - *r = 1,2, ... R; v = 1,2, ... V)*.

Thus, new values of annual working time resources of all resources are formed, which serve as the initial data for modeling the processes of implementation of the program of work after the renewal of the main production assets of the enterprise - *ПР2.* For each of the *v* - their variants of the modernization of the machine park, and accordingly to the change in the annual resources of working time resources, formed options for annual work programs - *ПР2, v*. For each option of the updated program of work the profit is calculated - *КП2, v*, but as the final version of the perspective program of work, the one that corresponds to the maximum profit value - *КП2, v* -> max is taken.

Using the information on the structure of the program of work, both *ПР1* and *ПР2,* indicators that characterize the level of mechanization - *ПМ* according to the formulas can be calculated:

$$PM = \frac{TP_M}{TP_P + TP_M} \quad \text{or} \quad PM = \frac{M}{(M+P)}, \tag{2}$$

where *ТРм* - the complexity of work performed mechanized way, that is, mechanized, *mash.x h* .;
ТРр - total labor complexity of manual labor, *hum. x h* .;

M - number of machines in the production unit, *person* ;
P - number of workers in the production unit, *people*.

Obtained by the formulas of indicators of the *ПМ*, characterizing the level of mechanization, can be taken to improve the practical activities of the enterprise. But even in this case, a comparative analysis of the comparison of values of indicators of the level of mechanization of *ПМ*, that can be obtained as a result of programs *ПР1* and *ПР2* is useful.

Conclusions

The article presents one of the approaches to the assessment of the nature of the level of mechanization of production, based on the idea of its development in order to implement a more perfect program of work of the enterprise and achieve more profits. The definition of rational relations between the structure of the production program of the enterprise, the quantitative and qualitative composition of the main productive assets and the profit is realized on the basis of an iterative expert - analytical model. The obtained indicators of estimation of the level of mechanization of road production can be used to evaluate the activity of road economy units at different levels of management.

References

1. Kudrjavzev E. M. Kompleksnaja mechanizazija, avtomatizazija i mechanovooruschennost stroitelstva. /E. M. Kudrjavzev – M.: Stroyizdat, 1989. – 246 s.

2. Belezkiy B. F. Technologija i mechanizazija stroitelnogo proizvodstva. Izd. 3 – th. /B. F. Belezkiy – Rostov n/D: Rostov, 2004. – 752 s.

3. DSTU - N B D.1.1-3:2013. Nastanova schto do vyznachennja zagalnovyrobnychyx i administratyvnyx vytrat ta prybutky u vartocti budivnyztva // Minregion Ukrainy. – K:, 2013. – 36 c.

4. DSTU B D.2.2. Resursni elementni koshtorysni normy na budivelni roboty. Zb. 1 - 30, (REKN) // Minregion Ukrainy. – K:, 2013.

5. SOU 45.2-00018112-035:2010. Resursni elementni koshtorysni normy na remontno-,udivelni roboty. Avtomobilni dorogy i mosty. // Derschavna sluschba avtomobilnyx dorig Ukrainy (Ukravtodor). – K:, 2010 – 216 s.

6. Likhostup M.M., Leont'ev JU.M. Vplyv faktora vyznatschennja vyrobnytyschoi potuschnosti na riven vykorystannja resursav d doroschniy galyzi. /Avtomobilni dorogy i doroschne budivnyztvo. - Vyp. 63. – K: Vyd-vo NTU, 2001. – S.148 – 151.

7. Kovalev A. P. Ozenka stoimosri aktivnoy tschasti osnovnych fondov / A. P. Kovalev – M.: Finstatinform, 1997. – 175 s.

8. Garmanov E. N. Ekonomitcheskaja effektivnost doroschnogo xozjaystva. /E. N. Garmanov – M.: Transport, 1984. – 173 s.

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РІВНЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ДОРОЖНЬОГО ВИРОБНИЦТВА

Лихоступ Микола Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету, https://orcid.org/0000-0001-8139-1768

Варфоломєєв Юрій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент кафедри дорожніх машин Національного транспортного університету, https://orcid.org/0000-0001-5388-6624

Анотація. Постійне прагнення людини до заміни ручної праці на роботу машин і механізмів відтворюється в таких поняттях як "механізація", "автоматизація", "механоозброєність" та інших. В будівельному виробництві найбільш розповсюдженим та найбільш сприятливим для розкриття цього прагнення є показник рівня механізації. Але в методиках та рекомендаціях, в яких надані поради визначення цього показника, його розрахунок здійснюється із використанням узагальнюючих уявлень про механізацію праці без надання будь – яких чітких уявлень що до визначення обсягів виробництва насправді чисто механізованим способом.

В статті розкривається суть показника рівня механізації дорожнього виробництва, який визначає доцільність удосконалення структури основних виробничих фондів підприємства для виконання такої

програми робіт, яка сприяла б досягнення максимального прибутку. В цілому визначення раціонального рівня механізації базується на реалізації ітеративного алгоритму, який включає в себе ряд етапів. Так на першому етапі визначається початкова (базова) програма дорожньої організації із використанням даних про кількість та якісний стан основних виробничих фондів та звичну для цього підприємства програму робіт. Визначення структури цієї програми, що складається із ряду дорожніх робіт та трудових процесів, в свою чергу здійснюється із використанням розробленого алгоритму, який передбачає максимальне технологічне використання всіх видів ресурсів, в тому числі і технічних, які сприяють механізованому способу виконання робіт. Далі із використанням даних про структуру робіт можливо отримати розрахункове значення прибутку, який може бути отриманий в результаті виконання початкової програми робіт.

На основі інформації про розрахункове значення прибутку формується його частина у вигляді фонду розвитку виробництва. Величина фонду розвитку виробництва є основою для реформування машинного парку дорожньої організації. Варіанти зміни кількісного та якісного складу машинного парку передбачають етапи оцінки їх залишкової вартості, придбання нових машин, капітального ремонту або заміни існуючих одиниць техніки.

Із використанням даних різних варіантів модернізації парку машин та механізмів визначаються і відповідні для них зміни робочого часу роботи на протязі року, тобто перераховуються початкові річні фонди робочого часу. Змінена інформація про річні фонди робочого часу використовується для визначення відповідних до варіантів змін парку машин програм робіт дорожньої організації. Для кожного варіанту оновлених програм робіт визначається розрахунковий прибуток, а за його максимальним значенням затверджується раціональна програма робіт.

На останньому етапі із використанням даних про сумарні витрати ручної та механізованої праці, а також даних про кількість виконавців, розраховуються показники, які характеризують рівень механізації дорожнього підприємства. Отримані показники, як характеристики рівня механізації, можуть бути використані для вирішення різноманітних задач в сфері управління дорожнім виробництвом.

Ключові слова: рівень механізації, програма робіт, розрахунковий прибуток, показники механізації.

Перелік посилань

1.Кудрявцев Е. М. Комплексная механизация, автоматизация и механовооруженность строительства. /Е. М. Кудрявцев – М.: Стройиздат, 1989. – 246 с.

2. Белецкий Б. Ф. Технология и механизация строительного производства. Изд. 3 – е. /Б. Ф. Белецкий – Ростов н/Д: Ростов, 2004. – 752 с.

3. ДСТУ-Н Б Д.1.1-3:2013. Настанова щодо визначення загальновиробничих і адміністративних витрат та прибутку у вартості будівництва // Мінрегіон України. – К:, 2013. – 36 с.

4. ДСТУ Б Д.2.2. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Зб. 1 - 30, (РЕКН) // Мінрегіон України. – К:, 2013.

5. СОУ 45.2-00018112-035:2010. Ресурсні елементні кошторисні норми на ремонтно-будівельні роботи. Автомобільні дороги і мости // Державна служба автомобільних доріг України (Укравтодор). – К:, 2010 – 216 с.

6. Лихоступ М.М., Леонтьєв Ю.М. Вплив фактора визначення виробничої потужності на рівень використання ресурсів в дорожній галузі / Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. - Вип. 63. – К: Вид-во НТУ, 2001. – С.148 – 151.

7. Ковалев А. П. Оценка стоимости активной части основных фондов / А. П. Ковалев – М.: Финстатинформ, 1997. – 175 с.

8. Гарманов Е. Н. Экономическая эффективность дорожного хозяйства. /Е. Н. Гарманов – М.: Транспорт, 1984. – 173 с.

УДК 332.6 **DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-205-213**

RISKS ASSESSMENT ON BUSINESS PLANNING

ОЦІНКА РИЗИКІВ ПІД ЧАС ПЛАНУВАННЯ ПІДПРИЄМНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ



Kozarchuk Ihor Anatoliyovych. *PhD, National Transport University, Associate Professor Associate Professor of the Department of Transport Construction and Property Management, vigorous@i.ua, Kyiv, Ukraine, +38(093) 889-56-46*

https://orcid.org/0000-0003-4972-6016

Summary. The article studies issues related to risks in entrepreneurial activity. The factors and reasons for its occurrence are analyzed. Methods for risk assessment are reviewed, among which special attention is paid to methods based on mathematical statistics and expert assessments. It is concluded that risk has a positive effect – it stimulates enterprises to improve the business planning system.

Key words: entrepreneurship, business planning, risk assessment, mathematical statistics.

Introduction. In the context of market economy, each enterprise, regardless of its size, form of ownership or type of activity, does planning. For newly created companies, effective planning helps to avoid mistakes in business activities that may cause bankruptcy. In existing enterprises, the need for planning may arise in connection with changes in the production organization, its technical and technological support, mechanisms of product sales, etc. [10]. Planning is also a prerequisite for investing in an enterprise, as investors seek a clear perspective and guarantees of receiving their money back with some profit.

Business plan is an integral part of a business project in countries with a developed economy. The need for its working out is due to the fact that the risk of bankruptcy for newly created enterprises is quite significant, especially in the first 3-5 years [10]. The main reason for failures is the choice of the wrong way in planning of their own activities. Therefore, the ability to compile a business plan is a rather urgent task that necessitates constant analysis of changes in the environment in order to timely adjust the chosen business strategy.

The Economic Code of Ukraine [5] states that “Entrepreneurship is an independent, initiative, systematic, at its own risk, economic activity carried out by economic entities (entrepreneurs) in order to achieve economic and social results and profit”. That is, the ability and readiness for risk is an essential part of an entrepreneur.

The development of entrepreneurship in Ukraine necessitates the study of risk issues. The emergence of risk situations can be due to the following factors:

- unplanned changes in internal and external conditions of activity;
- availability of alternative solutions;
- probability of loss occurrence;
- probability of obtaining additional profit.

In a situation of political and economic instability, the degree of risk increases significantly. In the current conditions of Ukraine’s economic development, the problem of risk enhancement is very urgent, as evidenced by data on the growth of the loss-making rate of industrial enterprises [6].

Publications analysis. The study of risk assessment in the planning of entrepreneurial activity was undertaken by such authors as J. Mill, N. Senior, F. Knight, J. Keynes, V.A. Beloshapka [1], Z.S. Varnaliy [2], T.H. Vasil'tsiv [3], I.V. Hoy [4], L.I. Donets' [6], V.V. Zyan'ko [7], F. Kotler [8], A.M. Mel'nikov [9], L.S. Shevchenko [10] and others.

For the first time, the notion of "entrepreneur" in the scientific use was introduced by the English economist R. Cantillion. Cantillon also made a systematic analysis of entrepreneurship. He interpreted entrepreneurship as an economic function of a special kind and emphasized the always present element of risk in it.

The study of risk as an economic category was initiated by J. Mill and N. Senior. They associated the reason for economic risk, first of all, with entrepreneurial activity and investigated it in terms of compensation for possible loss. Later, the American economist F. Knight clarified that economic risk is not just a material loss but a consequence of uncertainty in profits. In his work "Risk and Uncertainty", F. Knight noted that risk is an objective probability that an event will occur. Therefore, the risk can be expressed quantitatively, in particular, in the form of a formalized mathematical probabilistic distribution of revenues. J. Keynes associated the economic (in particular, financial) risk with the unpredictability of market prices and excess of worked out equipment [7].

Materials and Methods. The purpose of the article is to investigate the factors of risk occurrence in entrepreneurial activity and methods of their assessment during business planning which are based on methods of mathematical statistics and probability theory.

Results and Discussion. The entrepreneur's risk function consists in the need to make decisions that are aimed at success, but do not guarantee it because of the uncertainty and the variability of the economic situation. An entrepreneur risks not only his own property and investment, but also his work, time and business reputation [2].

Risk assessment is one of the sections of a business plan. The purpose of this section is to identify, minimize and neutralize risks.

Risk is usually interpreted as a likelihood (threat) of the loss of part of enterprise resources, lack of income or the emergence of additional costs as a result of the implementation of certain production and financial activities.

Factors that determine the level of riskiness of entrepreneurial activities and in many ways adversely affect the result of entrepreneurial activity, can be divided into external and internal [2, 3, 6, 7, 9]. External ones include:

- unstable, contradictory legislation;
- unforeseen actions of government agencies;
- instability of economic (financial, tax, foreign economic, etc.) policy;
- political, social and economic instability;
- unforeseen changes in the domestic and foreign market conditions;
- unforeseen competitor actions;
- corruption, racket;
- emergence of new technical and technological advances that can lead to the rapid moral aging of the product;
- unplanned changes in relationships with partners;
- cycling sales volumes;
- cycling cash flow;
- spontaneous forces and climate.

Internal factors include:

- unplanned changes in the production process (equipment breakdown);

- unplanned changes in the domestic economy;
- lack of business information at the company;
- absence of marketing service;
- financial problems within the firm;
- lack of personnel motivation;
- insufficient competence of managers, specialists and workers;
- non-compliance with the terms of the contracts by the management of the firm;
- difficulties in obtaining materials, components and loans;
- risk aversion among the management of the firm;
- errors in making decisions;
- illness or death of leading specialists.

Different methods can be applied to assess business risk. The most common are three groups of methods [6]:

- statistical methods;
- methods of expert assessments;
- calculation-analytical methods.

Statistical methods consist in studying the statistics of losses and profits in a given or similar enterprise in order to determine the probability of an event and assess the value of risk. That is, the quantitative assessment of entrepreneurial risk is carried out using methods of mathematical statistics. However, statistical methods are not suitable if the object of research is a newly established company.

Method of expert estimation. If the use of statistical methods is impossible (for example, due to lack of reliable information), methods based on the use of experience and intuition of experts, that is heuristic or methods of expert estimation, are applied. The peculiarity of this method is the lack of a clear mathematical ground for the optimality of solutions.

Calculation-analytical methods. The essence of such methods is that the costs for each activity, as well as its individual elements, have different degrees of risk. For example, the risk degree of costs associated with the acquisition of raw materials will be higher than the cost of wages.

The following indicators are used to assess the risk degree:

- in absolute terms, the risk is defined as the magnitude of possible losses in the material or value measurement;
- in relative terms, risk is determined as a percentage by dividing the value of possible losses by the index of the financial condition of the enterprise (cost of property (funds), current expenses, investment or expected profit);
- since risk is a probabilistic random category, it is characterized not only by magnitude, but also by the probability that it will reach this magnitude. Therefore, methods of probability theory and statistics are used to calculate the risk degree.

Based on the practice, foreign specialists believe that one can focus on the following limit values of probability of risk of loss [4]:

- for an acceptable risk, which is equal to profit – 0,1;
- for a critical risk, equal to income – 0,01;
- for a catastrophic risk, equal to the value of the property – 0,001.

This means that you should not sign a contract, if in one case out of ten you can lose all profits, in one out of hundred – revenue, and in one out of thousand – all the capital.

According to studies conducted in western countries, the bankruptcy of small firms in 98% of cases is due to poor management and only 2% are not dependant on the firm.

The risk management process involves analysis, quantification and methods for risk reduction (or complete elimination).

The essence of qualitative analysis is to determine the risk factors and types of work in which it occurs. At this stage, the actions of risks identification are specified. This is a comprehensive analysis of various forms of enterprise reporting and surveys of experts.

The quantitative assessment consists in establishing the relationship between the economic risk factors and the main results of the operating activity of the enterprise and determining the value of risk using statistical, analytical and other methods.

Quantitatively, the probability of occurrence of a certain financial loss of an enterprise can be calculated as follows:

$$P_i = \frac{m}{n}, \tag{1}$$

where P_i is the probability of occurrence of the i-th volume of loss;

m – number of real cases of this volume of loss to happen;

n – total number of events (elements) that are studied in aggregate.

The criterion for a quantitative assessment of a risk is the probability of obtaining a result smaller than the required (acceptable) value:

$$K = P \cdot \left(R_p - R_f\right), \tag{2}$$

where P – probability of occurrence of a risk situation;

R_p – value of the planned result (required);

R_f – obtained result (actual).

An absolute value is taken as a criterion of a quantitative risk – the degree of risk:

$$K = C \cdot P, \tag{3}$$

where C – expected loss;

P – probability of loss.

Approaches to risk assessment can also be reduced to the following three groups:

1) risk is estimated as a sum of the products of possible losses, weighted considering their probability;

2) risk is estimated as a sum of the risks from the decision making and the risks of the environment (independent of internal decisions);

3) risk is defined as the product of the probability of occurrence of a negative event and the degree of negative consequences.

The most common methods of risk assessment are [3, 7]:

1. ***Method of discount rate adjusting***. The essence of the method is to bring flows of future payments to the present moment (discounting the future value of financial resources).

2. ***Method of reliable equivalents (probability coefficients)***. It consists in establishing the coefficients of probability adequately for each type of risk and reducing the expected revenues of financial resources by their magnitude.

3. ***Sensitivity analysis***. Illustrates an influence of individual input factors on the final result of the entrepreneurial activity (implementation of a business project).

In the process of sensitivity analysis, the dependence of performance indicators (financial result) of the project on the changes of one of the selected parameters whose value varies in the specified small range (±5%, ±10%, etc.) with fixed values of other parameters is determined. Parameters that change during the sensitivity

analysis are divided into two main groups: those that affect the volume of revenues and those that affect the volume of expenditure. As a result of the analysis, for all ambiguous factors a chart or a table of sensitivity is made, relying on which the project effectiveness can be concluded.

Using objective method, the probability of event occurrence is determined by calculating the frequency of its occurrence.

Important indicators, on the basis of which it is possible to draw conclusions about a risk degree of a business project, are: dispersion, standard deviation and coefficient of variation.

Dispersion is the measure of the deviation of the actual parameters of the variation range from its mean value. The latter characterizes the average financial result of a particular operation (enterprise activity) and is determined by the formula:

$$F = \sum_{i=1}^{n} (F_i \cdot P_i), \tag{4}$$

where F_i – i-th possible financial result, monetary units;

P_i – probability of occurrence of i-th financial result.

The dispersion δ^2 is defined as the weighted average of squares of the deviation of the actual financial results of the investigated business operations from the average value within the variation range:

$$\delta^2 = \sum_{i=1}^{n} (F_i - F)^2 \cdot P_i \, . \tag{5}$$

The dispersion signals the presence of risk, but it doesn't show the direction of deviation from the expected value. An entrepreneur often needs to know what is the most likely result of a bargain – a loss or a profit.

The mean square deviation (standard deviation) δ is defined as:

$$\delta = \sqrt{\delta^2} \, . \tag{6}$$

The mean square deviation describes the weighted average (most probable) magnitude of the variation of individual variants (possible financial consequences of economic operations) from their average value.

The coefficient of variation (v), which is defined as the ratio of the mean-square deviation to the mean value of the variant, is also used to compare the variations of different statistical sets:

$$v = \frac{\delta}{F} \, . \tag{7}$$

The higher the value of the mean-square deviation and the coefficient of variation, the higher the risk is.

The subjective method is based on subjective assessments of experts, consultants or entrepreneur's personal experience.

To reduce the risk and improve the reliability of the project, an analysis of its sensitivity is carried out, that is, the level of impact of the main (critical) factors on the efficiency (payback period, profitability, etc.) is determined. Following factors are usually considered: unit price; sales volume; unit cost price; inflation rate

in the planned period; delay of payments for shipped products, etc. As a result of sensitivity analysis on the planning stage, measures that reduce the risk degree in the project implementation are also provided.

It is advisable to carry out the sensitivity analysis in relation to risk, which is difficult to eliminate by traditional methods for risk minimization, because it is present systematically due to external factors and depends on the activity of a particular company or industry. This risk is called systematic and is expressed by the sensitivity coefficient β (8). It determines the level of fluctuations in the results of the industry in relation to the results of the market or the economy as a whole. However, this indicator can also be used to determine the level of fluctuation of the results of an individual enterprise in relation to the results of the industry in which it operates.

Given the statistical data on the profitability of a particular (i-th) type of securities, the sensitivity coefficient is determined using following expression:

$$\beta_i = \frac{cov(D_i, D_m)}{\delta^2(D_m)} = \frac{\sum_{j=1}^{n}\left(D_{mj} - \overline{D}_m\right)\left(D_{ij} - \overline{D}_i\right)}{\sum_{j=1}^{n}\left(D_{mj} - \overline{D}_m\right)^2}, \quad (8)$$

where n – number of j-ths time intervals in the investigated period (interval of sampling);

D_i, D_m – yield of the i-th type of shares and average market yield respectively;

$cov(D_i, D_m)$ – yield covariance of the i-th type of shares and average market yield;

$\delta^2(D_m)$ – dispersion of the average market yield of shares;

D_{ij}, D_{mj} – yield of the i-th type of shares and the average market yield for the j-th time interval respectively;

$\overline{D}_i$, $\overline{D}_m$ – average yield of the i-th type of shares and the average market yield for the entire period respectively.

A scale is used to describe β (Table 1). The range of values from 0 to 2 is recommended for estimating the coefficient β using expert method.

Table 1 – Scale of coefficients of systematic enterprise risk (β)

Таблиця 1 – Шкала коефіцієнтів систематичного ризику підприємства (β)

β	Risk grading
0	no risk
(0..1)	risk value is below average
1	risk value is at the market average level
(1..2)	risk value is higher than the market average

An application importance of the coefficient β is the possibility to estimate how much the expected revenue on a specific type of shares compensates for the riskiness of investments in these shares. That is, this indicator allows to determine what should be the yield of a risky action depending on the average market yield D_m at the given time and the yield of risk-free investments D_0:

$$D_i' = D_0 + \beta(D_m - D_0), \quad (9)$$

where D_0 is a yield rate that has a risk equal to 0. The National Bank's rate on state debt securities can be taken as a D_0.

4. ***The method of scenarios***. Using the analysis of sensitivity, key factors of an investment project are determined. Possible situations caused by fluctuations of these factors are considered (the "tree of scenarios" is being built). The method of expert estimation determines the probabilities of each scenario. For each scenario, considering its probability, an array of net current values of the project is calculated. The risk criteria of the enterprise (or its project) are calculated based on the data of this array.

Thus, the scenario analysis involves forecasting by highly skilled experts of several possible scenarios and related dynamics of main indicators of the project. Probabilities measured in this way are subjective probabilistic situations. According to assumptions, a reassessment of the project cost for pessimistic and optimistic versions is being made. The main advantage of the scenario approach is that it does not require knowledge of the laws of the distribution of probabilistic changes for major market factors. However, the drawback is that any scenario assessments have an imprint of subjectivity [7].

5. ***Analysis of probabilistic distribution of payment flows***. The application of this method for risk analysis provides an opportunity to obtain useful information about the expected values of net present value of a project and net income, as well as to analyse their probabilistic distributions.

6. ***Method of decision tree***. Used in situations where decisions taken at a certain time are dependent on decisions taken earlier, and in turn determine scenarios for the further development of events.

7. ***Monte Carlo method (simulation modelling)***. The method is based on economic-statistical methods and game theory. The simulation modelling algorithm involves the following steps: determining the key factors of an investment project (using sensitivity analysis); defining the maximum and minimum values of key factors; choosing the distribution type of probabilities; performing simulation of key factors; calculating the criteria that quantitatively characterise the risk of an investment project (mathematical expectation of net present value, dispersion, mean square deviation, etc.).

An alternative way of considering uncertainty is to use the theory of fuzzy sets. It provides a possibility to propose a method for assessment of investment risk basing on the of complex indicator of estimation of a risk degree (ω) [3]:

$$\omega = R\left(1 + \frac{1-\lambda}{\lambda}\ln(1-\lambda)\right), \tag{10}$$

$$\lambda = -\frac{NPV_{min}}{NPV_{avg} - NPV_{min}}, \tag{11}$$

$$R = -\frac{NPV_{min}}{NPV_{max} - NPV_{min}}, \tag{12}$$

$$NPV_{min} = \sum_{t=1}^{n}\left(\frac{CF_{min}}{(1+RD_{max})^t}\right) - I, \tag{13}$$

$$NPV_{max} = \sum_{t=1}^{n}\left(\frac{CF_{max}}{(1+RD_{min})^t}\right) - I, \tag{14}$$

$$NPV_{avg} = \sum_{t=1}^{n}\left(\frac{CF_{avg}}{\left(1+RD_{avg}\right)^t}\right) - I, \tag{15}$$

$$CF_{avg} = \frac{CF_{max} - CF_{min}}{2}, \quad (16)$$

$$RD_{avg} = \frac{RD_{max} - RD_{min}}{2}, \quad (17)$$

where NPV_{min}, NPV_{max}, NPV_{avg} – minimum, maximum and average value of net present value respectively, monetary units;

CF_{min}, CF_{max}, CF_{avg} – respectively the minimum, maximum and average net cash flow (income minus costs) for period *t*;

RD_{min}, RD_{max}, RD_{avg} – minimum, maximum and average annual discount rate respectively;

I – amount of investment in the implementation of the investment project, monetary units;

n – number of the last investigated period (investment horizon).

Conclusions and Recommendations. Risk is an integral part of entrepreneurial activity in a market economy. Therefore, the risk should be considered when developing a business plan of an enterprise. A lot of attention should be given to the creation of an effective risk management system both at the enterprise level and at the state level when implementing or regulating economic activity. This guarantees the stability of the entrepreneurship functioning. Positive side of risk appears in the fact that the its presence is a strong incentive for economic entities to rational use of productive resources, thorough analysis of activity profitability, considering investment estimates and selecting skilled personnel.

References

1. Beloshapka V.A. *Strategycheskoe upravleniye: printsypy i mezhdunarodnaya praktika* [Strategic management: principles and international practice]. Kiev, KGEU, 1999. 351 p.

2. Varnaliy Z.S. *Osnovy pidpryyemnytstva: navch. posib* [Basics of entrepreneurship: teaching manual]. Kyiv, Znannya-Pres, 2002. 239 p.

3. Vasyl'tsiv T.H., Kachmaryk Ya.D., Blons'ka V.I., Lupak R.L. *Biznes-planuvannya: navch. posib.* [Business Planning: teaching manual]. Kyiv, Znannya, 2013. 173 p.

4. Hoy I.V., Smelyans'ka T.P. *Pidpryyemnytstvo: navch. posib.* [Entrepreneurship: teaching manual]. Kyiv, Tsentr uchbovoyi literatury, 2013. 368 p.

5. *Hospodars'kyy kodeks Ukrayiny* [Economic Code of Ukraine]. Vidomosti Verkhovnoyi Rady Ukrayiny. 2003, Issue 18, 19-20, 21-22, p.144.

6. Donets' L.I., Romanenko N.H. *Osnovy pidpryyemnytstva: navch. posib.* [Basics of entrepreneurship: teaching manual]. Kyiv: Tsentr navchal'noyi literatury, 2006. 320 p.

7. Zyan'ko V.V. *Innovatsiyne pidpryyemnytstvo: sutnist', mekhanizmy i formy rozvytku* [Innovative entrepreneurship: the essence, mechanisms and forms of development]. Vinnytsya, UNIVERSUM – Vinnytsya, 2008. 397 p.

8. Kotler F. *Osnovy marketynga* [Basics of Marketing]. Moscow, Progress, 1990. 736 p.

9. Mel'nykov A.M., Kovalenko O.A., Pundyak N.B. *Osnovy orhanizatsiyi biznesu: navch. posib.* [Basics of business organization: teaching manual]. Kyiv, Tsentr uchbovoyi literatury, 2013. 200 p.

10. Shevchenko L.S. *Ekonomika pidpryyemstva: navch. posib.* [Economics of Business: teaching manual]. Kharkiv, Nats. un-t «Yuryd. akad. Ukrayiny im. Yaroslava Mudroho», 2011. 208 p.

ОЦІНКА РИЗИКІВ ПІД ЧАС ПЛАНУВАННЯ ПІДПРИЄМНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Козарчук Ігор Анатолійович. кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном, vigorous@i.ua, Київ, Україна, +38(093) 889-56-46. Number ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4972-6016

Розвиток підприємництва в Україні зумовлює необхідність вивчення проблем, пов'язаних з ризиками, оскільки ризики – невід'ємна частина підприємницької діяльності. Виникнення ризикових ситуацій може обумовлюватися такими чинниками: непередбачені зміни у внутрішніх і зовнішніх умовах діяльності; наявність альтернативних рішень; імовірність виникнення збитків; імовірність одержання додаткового прибутку. Особливо сильно ступінь ризику зростає в умовах політичної й економічної нестабільності. Тому дослідження цієї проблеми є нагальним у сучасних умовах розвитку економіки України, а стаття є актуальною. Також в статті аналізуються фактори і причини виникнення підприємницького ризику. Розглядаються методи оцінки ризику, серед яких особливу увагу приділено методам (як найбільш точним, обґрунтованим і практичним), які ґрунтуються на математичній статистиці та експертних оцінках. Зроблено висновок про позитивний ефект ризику – він стимулює суб'єкти господарювання вдосконалювати систему бізнес-планування, раціонально використовувати виробничі ресурси, змушує підприємців ретельно аналізувати рентабельність своєї діяльності, розглядати інвестиційні кошториси, підбирати кваліфіковані кадри.

Ключові слова: підприємництво, бізнес-планування, оцінка ризиків, математична статистика.

Перелік посилань

1. Белошапка В.А. Стратегическое управление: принципы и международная практика / В.А. Белошапка. – Киев: КГЭУ, 1999. – 351 с.
2. Варналій З.С. Основи підприємництва: навч. посіб. / З.С. Варналій – Київ: Знання-Прес, 2002. – 239 с.
3. Васильців Т.Г. Бізнес-планування : навч. посіб. / Т.Г. Васильців, Я.Д. Качмарик, В.І. Блонська, Р.Л. Лупак. – Київ: Знання, 2013. – 173 с.
4. Гой І.В. Підприємництво : навч. посіб. / І.В. Гой, Т.П. Смелянська. – Київ: «Центр учбової літератури», 2013. – 368 с.
5. Господарський кодекс України // Відомості Верховної Ради України. – 2003, № 18, № 19-20, № 21-22, ст.144.
6. Донець Л.І., Романенко Н.Г. Основи підприємництва : навч. посіб. / Л.І. Донець, Н.Г. Романенко. – Київ: Центр навчальної літератури, 2006. – 320 с.
7. Зянько В.В. Інноваційне підприємництво: сутність, механізми і форми розвитку / В.В. Зянько. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2008. – 397 с.
8. Котлер Ф. Основы маркетинга / Ф. Котлер. – Москва: Прогресс, 1990. – 736 с.
9. Мельников А.М. Основи організації бізнесу : навч. посіб./ за заг. ред. А.М. Мельникова [А.М. Мельников, О.А. Коваленко, Н.Б. Пундяк]. – Київ: «Центр учбової літератури», 2013. – 200 с.
10. Шевченко Л.С. Економіка підприємства : навч. посіб. / за заг. ред. Л. С. Шевченко. – Харків: Нац. ун-т «Юрид. акад. України ім. Ярослава Мудрого», 2011. – 208 с.

UDK 658.012.7 **DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-214-220**

FUNCTIONING OF THE SYSTEM OF COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE ACTIVITY OF THE PRODUCTION ENTERPRISE

ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІЗУ ДІЯЛЬНОСТІ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА



***Lykhostup M.**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Department of Transportation Construction and Property Management, National Transport University. e-mail: lichostup5n5@gmail.com, tel. +380662363038, Ukraine, 01010, Kyiv, vul. Omeljanovicha – Pavlenka, 1, room 206.*
https://orcid.org/0000-0001-8139-1768



***Gorban I.**, student of speciality for business, commerce and exchange activity, Department of Transportation Construction and Property Management, National Transport University. e-mail: irka.gorban@gmail.com, tel. +380668300232, Ukraine, 01010, Kyiv, vul. Omeljanovicha – Pavlenka, 1, room 206.*
https://orcid.org/0000-0002-1254-4772

Abstract. The article considers the basics of the system of complex analysis of the enterprise engaged in transport construction, which is proposed to be implemented in three stages. The idea of allocating such stages determines the needs of the enterprise in obtaining decisions not only about the current shortcomings in its activities, but also about the positive directions of its development. At each stage of the analysis, it is proposed to use relatively simple, but effective and accessible to employees of the enterprise methods. The first, which is generally presented as a rapid analysis, uses relatively simple expert methods. At the second stage, when it comes to the analysis of current activities of the enterprise, it is recommended to use calculation and analytical methods, which are developed in official methods and recommendations. The third stage is the stage of conducting scientific and practical work and research, which are aimed at obtaining important decisions in the field of significant change and improvement of the enterprise. Each stage of the analysis of activity of the enterprise is shown in article by examples of the decision of its component problems.

Key words: enterprise, complex analysis, stages, methods, decision algorithms.

Introduction

The analysis of the production enterprise, which independently fulfills contracts in the field of construction and operation of transport facilities (DBU, companies, joint-stock companies, etc.), is the final function of the management system. Evaluation of the advantages of its activities in comparison with other enterprises and identification of shortcomings can be established only in the process of conducting various types of analysis. But a sample analysis of only some activities can lead to misinterpretation of the development of the enterprise as a whole, and therefore it is proposed to implement this function in a comprehensive system that includes a number of stages and uses different methods. The first stage is a rapid analysis of activities based on the implementation of expert methods. It is recommended to include in the questionnaire of the expert survey the

characteristic factors that characterize different types of activity - production, technological, economic, organizational and financial. The second stage is an analysis of the most important factors that determine the characteristics of the enterprise and which were identified in the first stage. This stage of analysis can be defined as a system of implementation of calculation - analytical methods aimed at obtaining data that characterize the prospects and dynamics of development of a particular activity of the enterprise. At the third stage with the use of special scientific search methods a thorough study of the causes and consequences of the obtained values of individual indicators. For this purpose special calculations, statistical researches are used, and also scientific - search works are carried out. Such a detailed, causal, order of analysis of various activities of the enterprise allows to identify weaknesses and make recommendations on the forecast of their liquidation.

Presenting main material

When imagining the concept of "analysis", as a rule, there is an idea of the implementation of decisions about the current state of the object and the search for its improvement using possible information and certain methods. Developed mathematical methods of analysis of the state of objects mainly reflect the procedures of processing arrays of information, most of which are quite complex for operational use by employees in their activities. In recent decades, the solution of problems of analysis of the state of objects is proposed in the framework of system analysis, which is a set of methods and tools (usually information technology) used to learn the processes of object development, which are reflected in the sequence of actions to determine the best "links between variable or constant elements of the system." In most cases, such methods and tools are based on the use of complex mathematical apparatus and specific definitions, such as utility functions, multicriteria solutions, etc., which makes them remote or not suitable for solving practical problems of enterprise analysis. On the other hand, practically available methods of analysis of the enterprise [1], as a rule, are focused on assessing its financial condition, which is generally reduced to the procedures of operating with accounting information.

But when we really consider the system of enterprise activity as a set of interconnected subsystems that form the production, organizational, technological, economic and financial activities of the enterprise during certain periods (for example, five years, years, terms of individual contracts), it is possible to conclude that the analysis of the enterprise should be developed according to its needs, which can be carried out at different stages. It should be noted that the analysis of the enterprise at certain stages is primarily based on the formation of specific and reliable information, and, secondly, it focuses not only on identifying negative phenomena, but also on assessing the positive directions and forms of development of certain activities.

The first stage of the analysis of the enterprise can be described as a rapid analysis, which can be quickly implemented in order to assess the positive and negative factors influencing the activities of the enterprise. Such an analysis can be most successfully performed using the methods of expert survey [2], which have long proven their effectiveness in various sectors of the economy for the rapid solution of production management.

The questionnaire of the expert survey should include "packages" of factors that characterize certain activities and are consistently listed in the questionnaire. Mixing "packages" of factors is not allowed. In the questionnaire of the expert survey, the wording (name) of the factors that evaluate a certain type and type of activity must be unambiguously understood in order to provide a positive or negative answer by the expert. "Packages" of factors for individual activities can be compiled as follows:

- in the group of factors that characterize the production activity, it is recommended to include the following: the quality of the processes of forming the work program, including the procedures of competitive bidding and obtaining a contract; assessment of the qualification level of performers; the need to develop and evaluate the existing production base;

- in the group of factors that characterize the organizational activity may include: quality and timeliness of formation and issuance of production tasks; the quality of design documentation governing work within construction sites; assessment of the level of operational regulation of the use of labor and technical resources;
- the factors that characterize the technological activity is recommended to include: assessment of the quality of the material supply system; availability and evaluation of documents regulating technological modes of work performance - technological maps, maps of organization of labor processes; organization and efficiency of the technological control system of production;
- the factors that determine the economic activity of the enterprise can include such as: the level of production at the enterprise; level of mechanization of labor processes; organization of the system of profit formation of production and its use;
- a group of factors that determine financial activities include such as: the effectiveness of the organization of the accounting service; the level of business activity of the enterprise; efficiency of work using the salary fund.

In the documents on the study of expert survey systems there are almost no clear recommendations or methods for determining the required number of factors in the questionnaires of the expert survey or the number of experts who will be engaged in this process. The conducted research and the accumulated experience of the authors in the field of conducting an expert survey indicate that the number of factors in the questionnaire should not exceed 12 - 15, which corresponds to the psychological principles of situational assessment of the problem. The title of the questionnaire of the expert survey should correspond to the idea of conducting a comprehensive analysis of the enterprise. For example, the title may look like: A list of factors that affect the efficiency and performance of the enterprise.

The number of experts, as well as the number of factors recorded in the questionnaire of the expert survey, cannot be clearly defined in terms of both the amount and structure of information that experts must have. From the experience of the authors, the number of experts should be 7 - 9 people, which corresponds to the principles of reliability of team management, which is formed by experts. In addition, the odd number corresponds to the principles of preference of a certain group of members of the team of experts, provided that the vote on controversial issues of the survey. On the other hand, if the number of experts is 10, then this condition significantly speeds up the processing of expert questionnaires. Thus, the number of experts is recommended to accept in the number of 7 - 10 specialists with experience and competent to provide answers to the questions in the questionnaire.

Experts' answers are best obtained in the form of a ranked representation of the impact of each factor on the overall result. This means that the expert puts in the questionnaire the rank (number) "1" of the factor that in his opinion is the most important, for example, most determines the negative (or, accordingly, positive) aspects of the enterprise. Rank "2" is assigned to the next factor, which is less important than the factor with rank "1". Thus, the greatest value of ranks is equal to the number of factors (it is not recommended to give individual factors the same ranks!).

Sometimes it may be advisable to conduct an expert survey based on the principles of self-assessment of experts, a separate questionnaire of the expert survey is a symmetrical matrix, where the factors act as experts. Processing of the questionnaire of the expert survey is carried out (including with use of data of the questionnaire of self-assessment of experts) with use of simple arithmetic operations which allow to define average value of a rank of each factor. The obtained information on the average value of the rank of factors is the basis for analyzing the situation of the enterprise. For example, it is possible to build a diagram of the distribution of ranks by factors, which makes it possible to distribute them by groups of influence or by type of activity, which is the basis for providing information on improving certain activities of the enterprise. In general, the rapid analysis of the enterprise on the basis of an expert survey is presented as the simplest and most accessible

mechanism for the overall assessment of the enterprise, which does not require for its use or significant resources or time for its implementation.

The information received during carrying out the express - analysis gives the chance to define such directions of activity of the enterprise which need to be improved. A more detailed analysis of activities in such areas can be performed using calculation and analytical methods, which are set out in the relevant government or industry documents and developed in separate sections of applied mathematics.

In this regard, the most developed is the analysis of financial activity of the enterprise, which uses relatively simple approaches [1,3] or serious mathematical models [4] to determine such indicators as, for example, financial stability of the enterprise, its solvency, profitability and others. In our opinion, the assessment of payment flows, comparison and evaluation of the effectiveness of contracts is of special attention. These methods of analysis of financial activity of the enterprise developed in due time are rather actual and verified on scales of their use. But, unfortunately, they are all based on transactions with information that compiles financial statements, or uses statistical approaches to process it. As you know, accounting is the final financial part of the enterprise, and therefore some of the indicators, such as the company's profit "follow" from a rather vague calculation. On the other hand, the use of statistical methods for processing financial information in many cases is a questionable factor due to the effect of autocorrelation of indicators.

At the stage of analysis of the current analysis of the enterprise it is also possible to determine the indicators, which, on the one hand, are quite simple to understand and calculate, and, on the other hand, are quite complex in their interpretation and nature of formation. This can be considered on the examples of calculation of such an indicator as production and the indicator of organizational - technological activity as the level of mechanization.

Thus, the rate of production is traditionally determined by dividing the volume of products obtained over time (in the construction industry in most cases - is the cost of work performed) by the number of contractors. But determining the cost of work performed (or the process of forming contract prices) in construction is still far from perfect, which will be discussed below. In addition, this approach to determining the output does not take into account the intensity of work of performers. Therefore, for the analysis of production should be used quite serious techniques, such as [5], in which the processes of calculating production are estimated by such an indicator as productivity. Unfortunately, the use of such techniques to analyze the rate of production in transport construction companies is quite complex and virtually inaccessible for many reasons.

Determining the indicator of the level of mechanization, which is classically determined by the ratio of the volume of work performed by the mechanized method to the total volume of work, is somewhat problematic. The reason for this is to determine part of the volume of work that is "performed in a mechanized manner." Therefore, the level of mechanization is recommended to be determined by indicators that characterize it, for example, using data on the ratio of labor intensity of machine operators to the total labor intensity of performers or a simple ratio of the number of machine operators to the total number of workers.

But despite the shortcomings of determining some indicators of different activities of the enterprise, the current analysis with their use is quite reasonable, as the values of these indicators are mainly relative in nature, which still provides a basis for assessing trends in certain activities.

It should be noted that in the direction of development of processes of the analysis of current activity of the enterprises of building branch developments of methods of an estimation of prospects of its improvement are conducted. For example, at one time a method was created to determine the production capacity of individual production enterprises of transport construction [6]. Production capacity is the performance of the maximum amount of work of a certain structure under the condition of the best technological use of resources. As a result of determining the production capacity is calculated not only the possible volume of certain types of work in the physical dimension, but also the so-called balances of resources, ie determines the excess resources

- labor and technical - or their lack of greater employment in the production of existing resources. The advantage of this technique is that for its definition relatively small and absolutely accessible volumes of information are used, namely:
- the number of resources - labor and technical - and the value of the annual working time of each of them (respectively in man. x hours and machine. x hours);
- a list of technological processes performed by the enterprise during the year under various contracts, which is registered in the acts of work performed in the form №КБ-2В;
- technologically possible time of each labor process during the year;
- the cost of the unit of measurement of each technological process, which is also an integral part of the acts on the form №КБ-2В;
- normative information on the cost of resources per unit of work, which is an integral part of the Resource Elemental Estimate Standards – RECN – Ресурсні Елементні Кошторисні норми РЕКН).

Calculations of production capacity, and in other words - a rational program of work - are implemented using an algorithm for simulating the processes of employment of resources on individual processes in the order of their priorities, which in turn are calculated without additional source information, which is given above. Cost evaluation of the work program as a whole and its components of technological complexes of works, as well as data on employment during the year of labor and technical resources are used to determine various indicators of organizational, technological and economic activities of the enterprise.

If necessary, in the system of analysis of various activities of the enterprise can be developed special research work. For example, which are related to such pressing issues as determining the real cost of work of individual contracts and determining the actual profit of the enterprise.

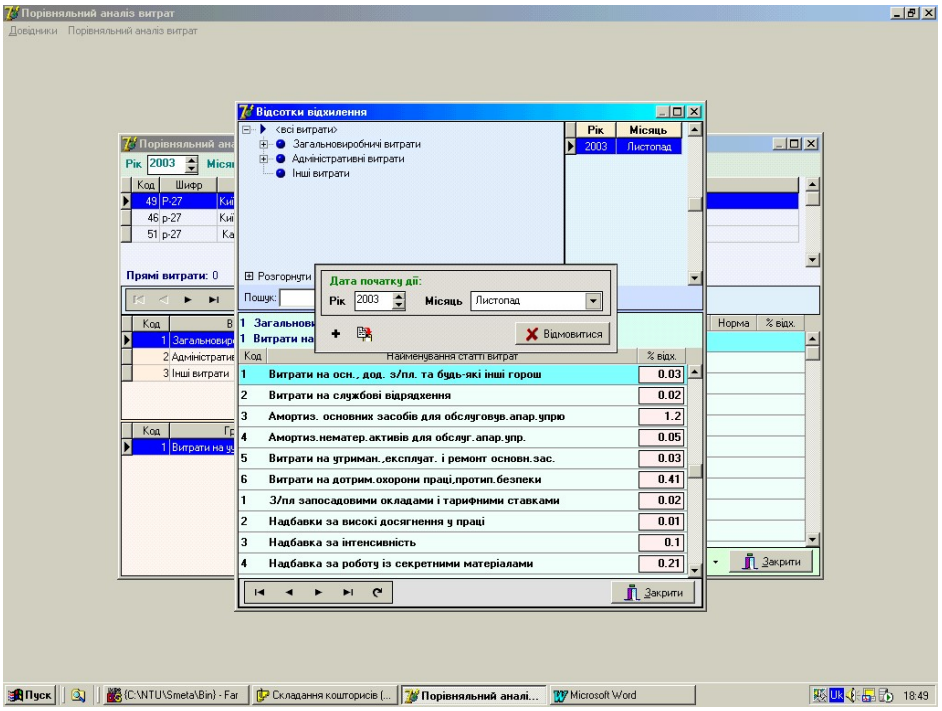


Figure - 1 Scenario of adjustment of tables of conditional norms of percent of expenses
Рисунок - 1 Сценарій коригування таблиць умовних норм відсотків витрат

As is known, since 2000 there is a system of determining the cost of construction works in Ukraine, which is characterized by the use of the so-called comprehensive method of calculations to establish the components of the cost. This means that some elements of value, such as the cost of transporting goods, the cost of operating

machines and others are calculated in accordance with clear methods of analytical formulas. The other part of the cost elements, such as overhead and administrative costs, profit and the other large part is determined in relation to the total regulatory labor costs through a system of coefficients and monetary factors. Such calculation procedures are also based on a number of guidelines, recommendations and a system of normative documents (JMS). For example, it is "Recommendations for determining funds for customer risk insurance. P Д.1.1-218-03449261 - 760: 2009 ». But the standard labor costs of workers and machine operators do not correspond to the actual costs, as the employee is in production during the work shift and only part of it this time (35 - 45%) is engaged in work.

Information on possible actual labor costs, which determine the planned costs (or design estimates), could be established provided that the algorithms for determining the elements of the cost of work will be based on data from the design of the production organization within individual facilities. Only in this way can be obtained information on the number of performers of various works and labor processes, data on the terms of their employment and the intensity of resource use during work shifts, information on working conditions. All these data can be used in the development and implementation of an effective method of determining the real cost of the project, which can be called the method of direct calculation.

Implementation of the method of direct calculation of value determination is focused on the development of a number of algorithms for determining its individual elements. Particular attention should be paid to the definition of such elements as overhead and administrative costs, the calculation of which is associated with the formation of data on actual income.

In 2004-2008, with the responsible participation of O.P. Kanin (О.П.Канін), research works on the development of the accounting system, rationing and planning of articles of general production and administrative costs were performed at the request of SJSC Motor Roads of Ukraine. The idea was that in the system of accounts of activity of separate production units of region (area) accounts (on the rights of subaccounts) are entered, each of which corresponds to this or that article of general production and administrative expenses. Then, during payment transactions under a certain item, information is entered into the accounting system. On the basis of the accumulated data on expenses on each article the so-called conditional norms of percent of expenses (fig. 1) which are defined as a share of expenses from the sum of direct expenses are defined. Having such regional conditional norms of percentages of expenses it is possible to calculate both cost of each article of general production or administrative expenses and their general value. This information as planned data is stored in the accounting structure and acts as a cost limit for the relevant items. As a result, the difference between the planned value of each item and the actual costs accumulates the amount of savings that are part of the profit.

Actual profit is defined as the sum of funds, determined by the principles of estimated profit and the amount of accumulated cost savings for all items. Accounting according to the following principles is carried out in the context of: individual contracts; individual performers; individual months. Such a developed accounting system provides a variety of information on the operation of the costs of performing contracts by different performers and serves as a source of analysis of all activities of the enterprise.

Conclusions

The procedures presented in the article for conducting a comprehensive analysis of the enterprise, consisting of individual stages, outline the general tasks that are solved. Each of the selected stages can be performed independently, but still desirable sequential scheme of their implementation. It should be noted that conducting an effective analysis of any activity of the enterprise requires not only hard work of performers, but also the appropriate qualifications. Therefore, in practice, the analysis of the enterprise is to determine the dynamics of change of a particular indicator over time or in relation to another indicator. Such studies are carried out using simple methods of comparative analysis, statistical studies, graphical methods, etc. But the development of

modern production increasingly requires an effective analysis of the enterprise on the basis of a systematic approach to this problem and its solution using sound methods.

References

1. Sheremet AD, Saifulin RS Methods of financial analysis. - M .: INFRA, 1996. - 176.
2. Beshelev SD, Gurvich RG Mathematical and statistical methods of expert assessments. - 2 - is ed. - M .: Статистика, 1980. - 263 c.
3. Rusak NA, Rusak VA Financial analysis of the business entity: Reference manual. - Мн .: Выш.шк., 1997. - 309 c.
4. Chetyrkin EM Methods of financial and commercial calculations. - M .: "Delo", "Business Rech", 1992. - 320 p.
5. Recommendations for integrated planning and analysis of labor productivity in construction / VNIPI labor in construction. - M .: Stroyizdat, 1986. - 88 p.
6. Lipsky GE, Likhostup MM Fundamentals of organization, planning and management of road production: A textbook in two parts. - K .: ГРАНМНА, 2010. - 400 c.

ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛІЗУ ДІЯЛЬНОСТІ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА

Лихоступ Микола Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортно будівництва та управління майном Національного транспортного університету. e-mail: licho-stup5n5@gmail.com, тел. +380662363038, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича - Павленка, 1, кім. 206. https://orcid.org/0000-0001-8139-1768

Горбань Ірина Олегівна, студенка спеціальності підприємництво, торгівля та біржова діяльність по кафедрі транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету. e-mail: irka.gorban@gmail.com тел. +380668300232, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича - Павленка, 1, кім. 206. https://orcid.org/0000-0002-1254-4772

Анотація. В статті розглянуті основи функціонування системи комплексного аналізу діяльності підприємства, зайнятого в сфері транспортного будівництва, який пропонується реалізувати за трьома етапами. Ідея виділення таких етапів визначає потреби підприємства в отриманні рішень не тільки про поточні недоліки в його діяльності, але також і про позитивні напрямки його розвитку. На кожному із етапів проведення аналізу пропонується використання відносно простих, але ефективних і доступних для працівників підприємства методів. На першому, який в цілому уявляється як експрес – аналіз, використовуються відносно прості експертні методи. На другому етапі, коли мова йде про аналіз поточної діяльності підприємства, рекомендується використання розрахунково – аналітичних методів, які розвинуті в офіційних методиках та рекомендаціях. Третій етап – це етап проведення науково – практичних робіт та досліджень, які спрямовані на отримання важливих рішень в сфері суттєвої зміни та покращання діяльності підприємства. Кожен етап аналізу діяльності підприємства демонструється в статті прикладами вирішення його складових задач.

Ключові слова: підприємство, комплексний аналіз, етапи, методи, алгоритми рішень.

Перелік посилань

1.Шеремет А.Д., Сайфулин Р.С. Методика финансового анализа. – М.: ИНФРА, 1996. – 176.
2.Бешелев С.Д., Гурвич Р.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. – 2 – е изд. – М.: Статистика, 1980. – 263 с.
3.Русак Н.А., Русак В.А. Финансовый анализ субъекта хозяйствования: Справочное пособие. – Мн.: Выш.шк., 1997. – 309 с.
4.Четыркин Е.М. Методы финансовых и коммерческих расчетов. – М.: «Дело», «Business Речь», 1992. – 320 с.
5.Рекомендации по комплексному планированию и анализу производительности труда в строительстве /ВНИПИ труда в строительстве. – М.: Стройиздат, 1986. – 88 с.
6.Ліпський Г.Є., Лихоступ М.М. Основи організації, планування та управління дорожнім виробництвом: Підручник у двох частинах. – К.: ГРАНМНА, 2010. – 400 с.

УДК 311:656.13 **DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-221-227**

НОВІ ВИМОГИ ЄС ЩОДО РОЗВИТКУ ІНФРАСТРУКТУРИ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

NEW EU REQUIREMENTS FOR ROAD INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT



Новікова Алла Михайлівна, *доктор економічних наук, старший науковий співробітник, начальник Центру наукових досліджень комплексних транспортних проблем, Державного підприємства «Державний автотранспортний науково-дослідний та проектний інститут»,e-mail: anovikova@insat.org.ua; тел. +380444560405, Україна, 03113, м. Київ, проспект Перемоги, 57. к..903*
https://orchid.org/0000-0002-7165-8673



Сабанська Ольга Володимирівна*, аспірант НТУ, начальник відділу європейської інтеграції АсМАП України, e-mail: aircu@asmap.org.ua, тел. 201-54-79, 03150, м. Київ, вул Коновальця,11, Асоціація міжнародних автомобільних перевізників України (АсМАП України)*

https://orchid.org/0000-0002-7165-8673



Герасименко Алла Володимирівна*, старший викладач Національний транспортний університет, старший викладач кафедри «Аеропорти», e-mail: a_gerasimenko@yandex.ua, тел. +380442801308, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 324*

https://orcid.org/0000-0001-7038-3703

Анотація. Розглянута поточна ситуація щодо створення безпечних і надійних зон паркування вантажних транспортних засобів у Європі. Здійснений аналіз європейських нормативних актів щодо управління безпекою дорожньої інфраструктури, специфікації зон паркування вантажних автомобілів, режимів часу праці та відпочинку водія, а також українського законодавства щодо цих питань. Надані рекомендації відповідно можливих заходів щодо удосконалення законодавства України в частині створення SSTPA з огляду на Угоду про Асоціацію Україна – ЄС (Угода).

Здійснено аналіз доповідей Міжнародного союзу автомобільного транспорту (IRU) щодо проекту профінансованого Європейським Союзом стосовно безпечних і надійних зон для паркування (Safe and secure truck parking areas (SSTPA)) для вантажних транспортних засобів в Європі та підсумкового звіту про дослідження безпечних та безпечних місць паркування вантажівок в ЄС.

Ключові слова: дорожня інфраструктура, вантажний автомобільний транспорт, паркування вантажних транспортних засобів, безпечні місця паркування, Пакет мобільності ЄС, періоди керування та відпочинку водія, SMART тахограф, Угода про Асоціацію Україна – ЄС.

Постановка проблеми В Європейському Союзі більшість вантажних перевезень виконується автомобільним транспортом. Для забезпечення безпеки перевезень строго лімітуються періоди праці та відпочинку водіїв, що створило проблему розвитку сервісної інфраструктури на автомобільних дорогах. До цього ж необхідно забезпечити охорону автомобілів та вантажу під час зупинки. Безпечні зони для паркування вантажних автомобілів (Safe and secure truck parking areas (SSTPA) є важливим пріоритетом для галузі вантажних перевезень. SSTPA необхідні для забезпечення соціально справедливих умов для професійних водіїв під час обов'язкового відпочинку. Однак ін-

фраструктури SSTPA бракує у багатьох європейських країнах. Ця відсутність безпечної інфраструктури для відпочинку несе шкоду іміджу вантажних підприємств та створює зрозумілі труднощі у залученні нових водіїв до професії.

Мета статті полягає в аналізуванні законодавства Європейського Союзу щодо створення безпечних та надійних зон паркування на автомобільних дорогах та розробці пропозицій з оновлення Угоди про асоціацію Україна – ЄС.

Виклад основного матеріалу. Європейська комісія (ЄК) має намір внести свій внесок у поліпшення ситуації з безпечними і надійними зонами стоянки вантажних автомобілів в Європейському Союзі. Це буде досягнуто шляхом встановлення і узгодження стандартів і цільових показників якості, потужності і кількості майданчиків для паркування, а також шляхом встановлення основи для рішень Інформаційно - комунікаційних технологій (Information and Communication Technologies (ICT), які дозволять водіям знаходити і замовляти безпечні місця для стоянки автомобілів і планувати свої поїздки відповідно. Єврокомісія також планує зосередити інвестиції на коридорах TEN-T та прискорити прийняття погоджених стандартів. Одним з ключових вимог щодо інфраструктури в планованих коридорах є забезпечення безпечних і відповідних зон відпочинку (приблизно кожні 100 км.) та наявності чистого палива.

У цьому контексті було видано декілька важливих законодавчих акти Європейського Союзу:

Директива ЄС 2008/96 про управління безпекою дорожньої інфраструктури[1], в якій чітко вказується, що для існуючої дорожньої мережі потрібна достатня кількість безпечних і надійних зон відпочинку, щоб протидіяти нинішньої злочинності в секторі автомобільних вантажних перевезень, а також забезпечити безпеку водіїв. У той же час в Директиві вказується, що необхідно буде враховувати, що нові ділянки дороги, які повинні бути побудовані, мають бути належним чином забезпечені належними і безпечними місцями для паркування.

Директива ЄС 2010/40 про основи для розгортання інтелектуальних транспортних систем у сфері автомобільного транспорту та про взаємодію з іншими видами транспорту [2], яка визначає певні специфікації для інтелектуальної зони паркування вантажних автомобілів, такі як інформація і послуги з бронювання для безпечних і надійних місць паркування. У ній вводиться правило «100 км», тобто, рекомендація розвивати зони відпочинку на автомагістралях приблизно кожні 100 км. На основі цієї Директиви було прийнято Регламент ЄС 885/2013, що доповнює Директиву ІТС ЄС 2010/40 щодо надання інформаційних послуг для безпечних та надійних місць для паркування вантажівок та комерційних транспортних засобів з метою оптимізації обміну даними і доступної інформації в масштабах всієї країни за допомогою оптимізації цифрової інформації і поліпшення інфраструктури для інтелектуальних транспортних систем. У більш пізній поправці до Директиви підкреслюється важливість ширшого використання рішень ІТС за допомогою розробки спільних і автоматизованих систем.

Крім того, в *Регламенті ЄС 561/2006 щодо гармонізації соціального законодавства на автомобільному транспорті та доповнює Регламент Ради ЄЕС №3821/85 та ЄС2135/98 та відміняє Регламент №3820/85* [3] встановлено правила щодо часу керування та відпочинку водія, зокрема, максимальний щоденний обсяг годин роботи не більше 9 годин (за винятком двох разів на тиждень, коли його можна продовжити до 10 годин). У цьому ж положенні вказується максимальний щотижневий час керування (до 56 годин), загальна кількість накопиченого двотижневого часу керування (до 90 годин), щоденний період відпочинку (11 годин або скорочені 9 годин) і щотижневий відпочинок (45 годин або скорочені 24 години). Перерви повинні тривати не менше 45 хвилин, і використовувати їх для відпочинку потрібно після 4,5 годин керування. Варто враховувати обов'язок компенсації відпочинку. Це правило застосовується як до вантажних, так і до пасажирських автомобільних перевезень.

Поточна ситуація щодо змін до положень часу керування та відпочинку у ЄС та щодо впровадження безпечних та надійних стоянок.

В даний час Регламент ЄС 561/2006 переглянуто.

8 липня 2020 року парламент прийняв Пакет мобільності – I, який являє собою набір законодавчих актів ЄС, призначений для регулювання комерційних відносин в сфері автомобільного транспорту на рівні ЄС.

Нове законодавство для перевізників та водіїв країн Європейського Союзу визначає правила у діяльності автомобільного транспорту на найближче десятиліття, має важливі наслідки для комерційних операторів автомобільного транспорту, в частині виконання правил про час керування та відпочинку водіїв, контрольний пристрій SMART тахограф та вимог до безпечних та надійних місць паркування.

Один з документів Пакету мобільності - *Регламент ЄС 2020/1054 від 15 липня 2020 р. про внесення поправок до Регламенту ЄС № 561/2006 щодо дотримання режимів праці та відпочинку водіїв та Регламенту ЄС 165/2014 щодо тахографів, визначає щодо безпечних стоянок, наступне:[4]*

«З метою сприяння соціальному прогресу доцільно вказати, де можна використовувати щотижневі години відпочинку, щоб водіям було забезпечено адекватні умови відпочинку. Якість проживання особливо важливо під час регулярних щотижневих періодів відпочинку, які водій повинен проводити поза кабіною транспортного засобу в потрібному приміщенні за рахунок транспортного підприємства як роботодавця. З метою забезпечення належних умов праці та безпеки водіїв доцільно уточнити вимоги про надання водіям якісних і адаптованих до гендерних питань приміщень на період їх регулярного щотижневого відпочинку, якщо їх забирають з дому.

Також необхідно передбачити, щоб транспортні підприємства організовували роботу водіїв таким чином, щоб періоди відсутності вдома не були надмірно тривалими і щоб водії могли отримувати вигоду від тривалих періодів відпочинку, взятих в якості компенсації за скорочені періоди щотижневого відпочинку. Організація повернення повинна дозволити дістатися до операційного центру транспортного підприємства в державі-члені його установи або за місцем проживання водія, і водії можуть вільно вибирати, де провести період відпочинку. Щоб продемонструвати, що транспортне підприємство виконує свої зобов'язання по організації регулярного повернення, воно повинно мати можливість використовувати записи тахографа, чергові списки водіїв або іншу документацію.

Хоча регулярні щотижневі години відпочинку і більш тривалі періоди відпочинку не можна використовувати в транспортному засобі або на парковці, а тільки в потрібних приміщеннях, які можуть бути поруч з парковкою, вкрай важливо дати водіям можливість знайти безпечну і надійну парковку області, що забезпечують відповідний рівень безпеки і відповідні зручності. Комісія вже вивчила, як стимулювати розвиток якісних парковок, включаючи необхідні мінімальні вимоги. Тому Комісії слід розробити стандарти для безпечних і надійних зон паркування. Ці стандарти повинні сприяти розвитку якісних парковок. Стандарти можуть бути переглянуті для забезпечення кращого доступу до альтернативних видів палива відповідно до політики розвитку цієї інфраструктури.

Безпечні і надійні стоянки повинні підлягати процедурам аудиту для сертифікації відповідно до стандартів ЄС. Ці процедури аудиту також повинні гарантувати, що місця для стоянки автомобілів продовжують відповідати цим стандартам. Таким чином, Єврокомісія планує підготувати процедуру сертифікації для створення безпечних і надійних зон паркування вантажного транспорту в ЄС.

В інтересах безпеки дорожнього руху та правозастосування всі водії повинні бути повністю обізнані щодо правил, що стосуються часу керування та відпочинку, а також щодо небезпеки, пов'язаної з втомою. В цьому відношенні важлива наявність легкодоступної інформації щодо доступних місць відпочинку. Єврокомісія повинна надавати інформацію щодо безпечних і надійних стоянок через зручний для користувачів веб-сайт. Цю інформацію слід постійно оновлювати.

Регламент (ЄС) 2020/1055 Європейського Парламенту та Ради від 15 липня 2020 року про внесення змін до Регламентів (ЄС) No 1071/2009, (ЄС) No 1072/2009 та (ЄС) No 1024/2012 з метою їх адаптації до розвитку в секторі автомобільного транспорту [6] , обмежує перебування іноземних транспортних засобів у державі-члені ЄС. Стаття 5 ставить вимоги, «організувати діяльність свого автопарку таким чином, щоб забезпечити повернення транспортних засобів, які перебувають у розпоря-

дженні підприємства та використовуються в міжнародних перевезеннях, до одного з оперативних центрів цієї держави-члена принаймні протягом восьми тижнів після виходу з нього», це приведе до ще більшої кількості поїздок вантажів та збільшення потреби у паркувальних зонах.

Переглянуті керівні принципи Транс'європейської мережі (TEN-T), встановлені *Регламентом ЄС 1315/2013 від 11 грудня 2013 року про настанови Євросоюзу щодо розвитку Транс'європейської транспортної мережі та скасування Рішення 661/2010/ЄС [7]*, передбачають створення зон паркування на автомагістралях приблизно через кожні 100 км, щоб надати комерційним учасникам дорожнього руху місце для паркування, що має відповідний рівень захисту і безпеки. Щоб прискорити і просувати будівництво відповідної інфраструктури місць паркування, важливо, щоб Союз мав достатні можливості для співфінансування відповідно до діючих і майбутніми правовими актами Союзу, якими встановлюються умови для такої фінансової підтримки.»

Щоб водії могли безпечно і комфортно відпочивати під час поїздок, в ЄС планують створити та обладнати мережу сертифікованих місць паркувалння. Пройти сертифікацію зможуть парковки лише захищені від проникнення сторонніх, на яких можна буде купити їжу і напої, де буде хороше освітлення і санвузли з урахуванням статі водіїв.

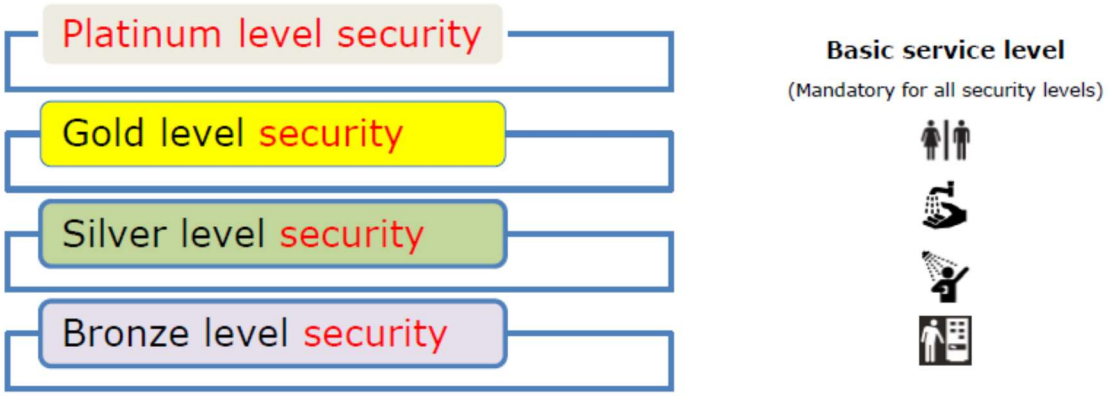
Єврокомісія публікуватиме список таких парковок на спеціальному сайті і оновлювати його ЄК складе список безпечних місць для паркування. Цей список буде публікуватися на офіційному сайті і постійно оновлюватися.

У 2018 році Міжнародний союз автомобільного транспорту (IRU) разом з трьома асоціаціями - членами (UNTRR, Румунія; ITD, Данія; TLN, Нідерланди) і декількома іншими зацікавленими сторонами (Європейська організація безпечного паркування (ESPORG), Європейська компанія з перевірки транспортних засобів (DEKRA)) почали дослідження, що фінансується Єврокомісією щодо безпечних і надійних зон паркування вантажних автомобілів в Європі. Мета дослідження полягає в тому, щоб визначити план дій для створення правильної структури для влади і приватних розробників, бажаючих створити SSTPA. Це включає точну інформацію про процеси планування, експлуатації та стандартизації, а також передові методи роботи.

Основними висновками цього дослідження є:

- Створення стандартної системи сертифікації та присвоєння категорії парковкам.
- Розширене обстеження потреб і вимог користувачів SSTPA,
- Створення комплексних карт про вантажні потоки і гарячі точки,
- Створення методичного керівництва по налаштуванню SSTPA.

Що стосується створення загального стандарту для сертифікації та оцінки парувальних зон вантажних автомобілів, було враховано попередні результати комплексного обстеження сектору, зокрема, обговорення в фокус-групах з водіями вантажівок, транспортними компаніями, страховиками, вантажовідправниками і операторами зон паркування. Виходячи з цього, було запропоновано новий стандарт, що складається з 4 рівнів безпеки, які розташовані один за одним (бронза, срібло, золото і платина, від низького до високого). Щоб досягти цих рівнів безпеки, спочатку необхідно досягти базового рівня обслуговування.



Очікується, що коли цей стандарт почне діяти, він буде створювати прозорість, зміцнювати довіру і полегшувати інвестиції приватного сектора операторами паркувальних зон вантажних автомобілів і фінансовими інвесторами. Однак він може підлягати подальшим змінам, заснованим на законодавстві ЄС.

Своїм фінансуванням дослідження SSTPA Єврокомісія має намір внести свій внесок у покращення ситуації щодо цього в ЄС. Це буде досягнуто за допомогою гармонізації стандартів оцінювання та сертифікації зон паркування вантажних автомобілів, а також шляхом встановлення основи для сумісних рішень ІТС, які дозволять водіям знаходити та бронювати безпечні місця для паркування та планувати свої поїздки відповідно.

Роль IRU у дослідженні полягає у збиранні інформації про потреби та вимоги SSTPA зацікавлених сторін, включаючи водіїв, транспортних операторів, операторів паркування, судноплавних компаній та страховиків, а також допомогти у формуванні політичних рекомендацій. Інтерпретація результатів опитувань та рекомендацій відобразиться у створенні загальної системи оцінювання для SSTPA.

Дослідження SSTPA дозволить забезпечити інформоване прийняття рішень з боку транспортних компаній та операторів паркування для забезпечення безпеки водіїв, що відпочивають.

Поточні результати проекту. Проект SSTPA зібрав відповіді від представницької вибірки працівників сектору автомобільного транспорту, операторів, вантажовідправників та страховиків. Нижче наведено декілька вибраних статистичних даних, які були отримані під час опитування IRU щодо зацікавлених сторін у європейському вантажному транспорті.

Значний відсоток усіх зацікавлених сторін погодився з необхідністю терміново необхідних SSTPA.

• 83% водіїв заявляють, що кількість країн, що здійснюють SSTPA в ЄС, є недостатньою для їх регулярного відпочинку.

• 86% транспортних операторів вважають, що якщо відпочинок у салоні заборонений, то для водіїв не вистачає зон паркування, щоб проводити свій тижневий відпочинок у готелях.

За даними GAP аналізу: 15 країн ЄС терміново потребують додаткових зон для паркування вантажних автомобілів та лише в країнах Бенелюксу, країнах Балтії, Іспанії, Греції та Великобританії пропозиція дорівнює попиту чи більше.

Очевидним є те, що в Україні ситуація з недостатньою кількістю безпечних та надійних стоянок для вантажних автомобілів та відповідно проблемами в частині дотримання положень часу праці та відпочинку водія веде до високих ризиків в частині безпеки дорожнього руху.

Україна та Євросоюз домовилися оновити Угоду про Асоціацію та зону вільної торгівлі, а саме: оновлення додатків до Угоди в контексті доступу на ринки Європейського Союзу, оновлення умов торгівлі.

З метою підвищення безпеки на дорогах та з огляду на плани законодавчих змін в Угоді про Асоціацію, які направлені на внесення змін до деяких нормативно-правових актів України щодо створення безпечних умов для учасників дорожнього руху, відповідності європейським соціальним нормам, вважаємо за доцільне розглянути необхідність включення до оновленої Угоди:

Директиви 2008/96/ЄС з метою створення безпечних і надійних зон стоянки вантажних автомобілів (SSTPA) в Україні,

Директиви 2010/40/ЄС яка вводить правило «100 км», тобто, рекомендацію розвивати зони відпочинку на автомагістралях приблизно кожні 100 км.

До цієї роботи мають бути залучені усі зацікавлені органи влади, зокрема , Мінінфраструктури,Укравтодор, МВС, Мінфін, місцеві державні адміністрації.

Висновки

Безпечні та якісні паркувальні зони несуть декілька функцій: дають можливість повноцінного відпочинку водіям-далекобійникам згідно встановленим нормам часу водіння та відпочинку; забезпечують збереження вантажу, надають повний комплекс послуг у дорозі.

Нове законодавство ЄС посилює вимоги до кількості стоянок (через кожні 100 км), якості послуг паркувальних зон. Безпечні і надійні стоянки повинні підлягати процедурам аудиту для сертифікації відповідно до стандартів ЄС. Через вимоги ЄС щодо регулярного повернення екіпажів у міжнародному русі додому кількість парковочних місць має зростати. Більшість країн ЄС потребують термінової розбудови зон паркування, що стосується і України.

Пропонується при оновленні Угоди про асоціацію Україна – ЄС ввести директиви, щодо створення безпечних та надійних зон стоянок на автодорогах України.

Перелік посилань

1.Директива ЄС 2008/96 про управління безпекою дорожньої інфраструктури, в якій (OJ L 319, 29.11.2008, pp. 59-67) https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/96/oj

2. Директива ЄС 2010/40 про основи для розгортання інтелектуальних транспортних систем у сфері автомобільного транспорту та про взаємодію з іншими видами транспорту //OJ L 207, 6.8.2010, p. 1–13 https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/40/oj

3.Регламент ЄС 561/2006 щодо гармонізації соціального законодавства на автомобільному транспорті та доповнює Регламент Ради ЄЕС №3821/85 та ЄС2135/98 та відміняє Регламент №3820/85 (Text with EEA relevance) – Declaration OJ L 102, 11.4.2006, p. 1–14 https://insat.org.ua

4.Регламент ЄС 2020/1054 від 15 липня 2020 р. про внесення поправок до Регламенту ЄС № 561/2006 щодо дотримання режимів праці та відпочинку водіїв та Регламенту ЄС 165/2014 щодо тахографів, визначає щодо безпечних стоянок, наступне:PE/25/2020/INIT OJ L 249, 31.7.2020, p. 1–16 https://insat.org.ua

5. Пакет мобільності I на автомобільному транспорті - Декларація Європейської Клмісії2020 / C 252/01 PUB / 2020/557// OJ C 252, 31.7.2020, p. 1-1 https://insat.org.ua

6. Регламент (ЄС) 2020/1055 Європейського Парламенту та Ради від 15 липня 2020 року про внесення змін до Регламентів (ЄС) No 1071/2009, (ЄС) No 1072/2009 та (ЄС) No 1024/2012 з метою їх адаптації до розвитку в секторі автомобільного транспорту, http://insat.org.ua/files/menu/law/reg_1055_2020_uk.pdf

7.Регламент ЄС 1315/2013 від 11 грудня 2013 року про настанови Євросоюзу щодо розвитку Транс'європейської транспортної мережі та скасування Рішення 661/2010/ЄС // http://insat.org.ua/files/menu/law/reg_1315-2013_uk.pdf

NEW EU REQUIREMENTS FOR ROAD INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT

Novikova Alla M., Doctor of Economics, Senior Researcher, Chief of Research Center Complex Transport Problems, State Enterprise "State Road Transport Research Institute"; e-mail: anovikova@insat.org.ua; tel. +380444560405, Ukraine, 03113, Kyiv, Peremogy avenue, 57, office 903, https://orcid.org/0000-0002-7165-8673.

Sabanska Olga, NTU post graduate student, Head of European integration division ASMAP Ukraine e-mail: aircu@asmap.org.ua, tel. 201-54-79 , Ukraine, Kyiv, 11 Konovalets Street, Association of International Road Carriers of Ukraine (AsMAP of Ukraine), https://orcid.org/0000-0003-0593-5959

Gerasimenko Alla, Senior Lecturer, National Transport University, Senior Lecturer, Airports Department, e-mail: a_gerasimenko@yandex.ua, tel.+380442801308, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 324, https://orcid.org/0000-0001-7038-3703

Abstarct. The current situation is considered on the development of safe and secure parking areas for trucks in Europe.

The reports of the International Road Transport Union were analyzed on the European Union-funded project on Safe and secure truck parking areas for trucks in Europe and a final report on the study of safe and secure places for truck parking in the EU.

The analysis of European regulations is carried out on road infrastructure safety management, specification of truck parking zones, rules of working time and rest of the driver, as well as Ukrainian legislation on these issues.

Recommendations for possible measures to improve the legislation of Ukraine are provided in terms of establishing the SSTPA in view of the EU-Ukraine Association Agreement.

Key words: road infrastructure, freight road transport, vehicle parking, safe parking places, EU mobility package, driver 's driving and rest periods, SMART tachograph, Ukraine - EU Association Agreement.

References

1. Directive 2008/96/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on road infrastructure safety management (OJ L 319, 29.11.2008, pp. 59-67) https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/96/oj

2. Directive 2010/40/EU of the European Parliament and of the Council of 7 July 2010 on the framework for the deployment of Intelligent Transport Systems in the field of road transport and for interfaces with other modes of transport Text with EEA relevance OJ L 207, 6.8.2010, p. 1–13 https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/40/oj

3. Regulation (EC) No 561/2006 of the European Parliament and of the Council of 15 March 2006 on the harmonisation of certain social legislation relating to road transport and amending Council Regulations (EEC) No 3821/85 and (EC) No 2135/98 and repealing Council Regulation (EEC) No 3820/85 (Text with EEA relevance) – Declaration OJ L 102, 11.4.2006, p. 1–14 https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2006/561/oj

4. Regulation (EU) 2020/1054 of the European Parliament and of the Council of 15 July 2020 amending Regulation (EC) No 561/2006 as regards minimum requirements on maximum daily and weekly driving times, minimum breaks and daily and weekly rest periods and Regulation (EU) No 165/2014 as regards positioning by means of tachographs PE/25/2020/INIT OJ L 249, 31.7.2020, p. 1–16 https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/1054/oj

5. Mobility Package I on road transport - Declaration by the Commission 2020 / C 252/01 PUB / 2020/557// OJ C 252, 31.7.2020, p. 1-1 https://eur-lex.europa.eu/legal-content

6. Regulation (EU) 2020/1055 of the European Parliament and of the Council of 15 July 2020 amending Regulations (EC) No 1071/2009, (EC) No 1072/2009 and (EU) No 1024/2012 with a view to adapting them to developments in the road transport sector// https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/1054/oj

7. Regulation (EU) No 1315/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 on Union guidelines for the development of the trans-European transport network and repealing Decision No 661/2010/EU // https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32013R1315https://eur-lex.europa.eu/legal-

УДК 65.01 **DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-228-234**

DIRECTIONS OF LEGISLATIVE AND ADMINISTRATIVE CHANGE IN THE MANAGEMENT OF MOTOR ROADS OF UKRAINE

НАПРЯМКИ ЗАКОНОДАВЧИХ ТА АДМІНІСТРАТИВНИХ ЗМІН В УПРАВЛІННІ АВТОМОБІЛЬНИМИ ДОРОГАМИ УКРАЇНИ



Osayev Yuriy, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of the Department of Transportation Construction and Property Management,, e-mail: osi-aev@ukr.net +380964822206,*

https://orcid.org/0000-0001-7282-600X

Annotation. The state of public highways undoubtedly affects the quality of cargo and passenger transport ation, the level of prices, the degree of employment of the population and the pace of economic development of the state. Consequently, the development of the network management system for highways and improvement of their transport and operational condition is a prerequisite for further socio-economic development of the state and society.

Of particular importance are the research directions of the administrative and legal principles of management in the field of motor roads in Ukraine, since the geographical location of Ukraine, subject to the integration of domestic transport infrastructure into the European one, will allow in the future to receive annual international transit transport by road and tourist trips, significant development of international cooperation of the state and significant revenues to the state budget of the country.

The article defines the directions of legislative and administrative changes in the management of motor roads of Ukraine.

Keywords. Laws of Ukraine in the field of roads, areas of research of administrative and legal principles of management in the field of roads in Ukraine, the state management of roads

By resolution of Cabinet of Ministers of Ukraine from March, 21 in 2018 N 382 the Government having a special purpose economic program of development of highways of the general use of state value was ratified on 2018 - 2022. The Program aim are renewal and development of highways of the general use of state value for integration of them to the European transport system and increase on them of strength of motion, speed, comfort and economy of transportations security. (7)

The Ukrainian State Road Transport Agency Ukravtodor is an integral part of the unified transport system of Ukraine.

The state of highways of the general use indisputably influences on quality of transportation of loads and passengers, standard of prices, degree of employment of population and rates of development of economy of the state.

Thus, development of control system by the network of highways and improvement of them the transport-operating state is necessary pre-condition of further socio-economic development of the state and society. The special value is acquired by directions of researches of administrative-legal

principles of management in the field of highways in Ukraine, as a geographical location of Ukraine on condition of integration of a home transport infrastructure in European will give an opportunity in the future to get annually from transit international transportations by a motor transport and tourist journeys considerable development of international cooperation of the state and ponderable receivabless in the state budget of country.

The main problem is that management in the field of transport and operational condition of public highways currently does not contribute to creating the necessary conditions for further socio-economic development of the state, strengthening its defense capability and economic security. The study of the property aspect of the state of the network of highways still does not allow to realize the country's potential for further development of public administration in the field of motor roads in Ukraine (5).

The State Department in the field of highways has the following characteristics:

a) is carried out on the basis of laws of Ukraine;

b) has an active, purposeful, nationwide, executive and administrative, organizing character;

c) has its own control object;

d) is expressed in the development of managerial decisions;

e) controls the compliance of the owners of vehicles, as well as citizens, officials with the requirements of the Laws of Ukraine "On Roads", "On Road Traffic", rules, norms, standards for ensuring road safety in general and roads, in particular (1,2) .

When it comes to toll roads, local governments, which ensure the operation of toll roads for public use, are responsible for their technical condition, for compliance with the rules and norms of maintenance and repair of highways and in accordance with the procedure established by law, as well as by law compensate for damages caused to users.

According to the existing legislation, local self-government bodies that manage the operation and development of streets and roads of cities and other settlements are responsible for:

a) the state of the streets and roads of cities and other settlements in accordance with the current norms, including regarding the safety of vehicles and pedestrians;

b) quality of design, construction, reconstruction, repair and maintenance of streets and roads of cities and other settlements;

c) placement of technical means of road traffic organization, objects of road service and advertising carriers;

d) reimbursement of losses to users of streets and roads of cities and other settlements that have arisen due to their unsatisfactory condition, in the manner prescribed by law.

In addition, at the local level, the use of departmental (technological) roads, which includes farm technological roads belonging to legal entities or individuals, is being solved.

There are certain peculiarities of relations between the State Agency of Motor Roads of Ukraine and other bodies of executive power on ensuring road safety.

It was established that regulation of relations between the State Agency of Motor Roads and other bodies of executive power is determined mainly by binding and authorizing norms, namely, according to part 5 of Article 12 of the Law of Ukraine "On Roads", attempts "to observe norms of environmental legislation by road users and initiate attraction to the administrative liability for pollution and clogging of the highway and its strip "; Part 10 of Article 12 of this Law permits "to restrict or prohibit, with the notification of the relevant police department of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, the movement of vehicles in the event of a threat to the life or health of road users, the safety of goods or the possibility of causing damage to public roads, including in difficult weather conditions ".

Authorizing norms regulate a considerable part of state-management relations in the field of highways. Basically, these are the norms that establish the general legal framework for the implementation of public administration in the field of highways.

Thus, the competence of the Cabinet of Ministers of Ukraine is carried out in accordance with Article 4 of the Law of Ukraine "On Road Traffic", bodies of legislative power, regions and cities of republican subordination, respectively, Article 5 of the Law of Ukraine "On Road Traffic", participation of enterprises, institutions and organizations in ensuring road safety, respectively paragraph 1 of Article 12 of the Law of Ukraine "On Road Traffic".

The competence of the Cabinet of Ministers of Ukraine includes: drafting laws, regulations on road traffic and its security, defining the powers of executive authorities; formation of state bodies of management in the field of traffic; coordination of activities of ministries, other central bodies of executive power, associations and local self-government in the sphere of traffic, etc. It is noted that the norms according to clause 1 of Article 12 of the Law of Ukraine "On Road Traffic" are supplemented by the binding norms of paragraphs 2-

4 of Article 12 of this Law, by imposing obligations on officials responsible for the operation and technical condition of vehicles, officials responsible for the construction, reconstruction, repair, operation and installation of roads, other structures, persons responsible for the operation of roads.

Control and supervision as a means of ensuring lawfulness in the field of public administration of motor roads consists of three areas for consideration of issues of legality in the activities of the authorities in the field of roads, as well as the development of proposals and recommendations for improving administrative changes in the activities of Ukravtodor subdivisions:

1. The direction of control as a means of ensuring the rule of law in the field of motor roads determines that, since public administration is a social phenomenon and is regulated, first of all, by the norms of administrative law, then the legality is the main feature inherent in public administration, the activity of the subject and object of management, the basis of the interconnections between them.

Control (departmental, state, public, internal, etc.) has a special significance as an integral part (element) of management, which ensures a systematic review of the implementation of the Constitution, laws of Ukraine, other normative acts, discipline and law and order, and consists in the intervention of controlling bodies in operational activities controlled bodies, giving them binding instructions for the suspension, modification or cancellation of management acts, enforcement of coercive measures against controlled bodies.

With the help of control there is a "reverse" connection between the subject and the object of management in the field of highways, it becomes possible to adjust management decisions in order to increase the efficiency and effectiveness of public-management activities.

It should be noted that authorized state bodies and their officials, carrying out control activities, form a certain system of supervisory bodies, which should act on the basis of the ultimate purpose of their activities. Such principles are a system of principles of control in the field of public administration of motor roads: objectivity, efficiency, transparency, systematic, regularity, reality.

To this end, it is necessary to analyze the effectiveness of the authority of the bodies of control in the field of motor roads: the Cabinet of Ministers of Ukraine, the Ministry of Infrastructure of Ukraine, other ministries, legislative and executive authorities, regions and cities of republican subordination, bodies of sanitary and epidemiological service.

Particular attention should be paid to the direction of study of such kind of special control in the field of highways, as dimensional and weight control, its features, organizational and legal principles and procedures for implementation.

2. The direction of supervision as a way to ensure legality in the field of highways. At the same time it is necessary to take into account the peculiarities of supervision in the sphere of highways, which consist of methods, methods and measures of supervision carried out by "Ukravtodor". It should be noted that in accordance with the Law of Ukraine "On the Basic Principles of State Supervision (Control) in the Sphere of Economic Activity," the legislator identifies the notion of "state supervision" and "state control" and considers them as the activities of authorized central bodies of executive power, their territorial bodies, bodies of local self-government, other bodies within the powers, envisaged by law to detect violations of the requirements of legislation by economic entities and prevent them, to ensure the interests of society, in particular, the proper quality of products, property and services, an acceptable level of danger to the population and the environment. Taking into account the discussion of the question of the relation between concepts of "control" and "supervision" in the theory of administrative law, it is noted that supervision is investigated as a kind of state control, which is characterized by peculiarities inherent only to him.

The methods of supervisory activity of Ukravtodor, in general, can be defined as follows:

a) to supervise the observance of the requirements of legislation on the use and protection of roads of general use and the corresponding property;

b) to conduct investigation of the causes of accidents and accidents on motor roads, as well as to conduct official investigations;

c) to supervise the state of work on the prevention of offenses at enterprises, institutions and organizations of the road economy;

d) monitor the internal and external markets for construction, repair and maintenance of highways;

e) to implement state policy in the sphere of state secrets protection, to carry out, in the established manner, control over the state of protection and preservation of state secrets in the central apparatus of Ukravtodor, at enterprises, institutions and organizations belonging to the sphere of its management.

3. Direction of use of modern information technologies in the management of the State Agency of Motor Roads of Ukraine "Ukravtodor". There is a need to apply a systematic approach to solving the problem of informatization of control and supervision activities of Ukravtodor subdivisions. Formulate recommendations for the formation of an informational system of public administration in the field of highways, which will include central, regional and local levels.

It should be noted that strategic tasks must be solved at the central level.

The regional level of the information system should address the tasks of ensuring the state of highways at the level of individual regions and cities of regional subordination, as well as to monitor the work of bodies and units at the local level.

The local level of the information system of the state administration in the field of highways is the basic level at which the information system unites the units of "Ukravtodor", the city (paradise), internal affairs bodies, separate bodies and units of the Ministry of Internal Affairs and the Ministry of Emergencies of Ukraine into a single unit. Particular attention should be paid to the issues of information exchange between the next parts of "Ukravtodor", the city (paradise) of the internal affairs departments of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine and the Ministry of Emergencies of Ukraine.

Territorial units of the Ministry of Internal Affairs and the Ministry of Emergencies of Ukraine, the Ukravtotrans and the Holovavtotransinspektsiya of the Ministry of Infrastructure, "Ukravtodor" in the event of deterioration of traffic conditions or traffic violations exchange information about the state of travel in the regions, cooperate on coordination and action measures to ensure uninterrupted and safe traffic vehicles and the decisions taken to ensure the conditions

Road traffic is reported to the central authorities via regular or through dispatching services, provided that they are in the mode of telephone and fax communication or by e-mail (3).

Such ranks on the basis of analysis of the current legislation and practice of its application can formulate a number of suggestions and recommendations aimed at improving the administrative and legal framework for management in the field of motor roads in Ukraine, namely:

1. The state administration in the field of motor roads is defined as the enforcement activity of authorized bodies of the state executive power and bodies of local self-government, the functioning of which is aimed at protecting constitutionally fixed vital interests, first of all, life, rights and freedoms, as well as interests in meeting the needs for the movement of participants of the road - citizens, stateless persons and foreign citizens - pedestrians and drivers.

2. The subjects of state administration in the field of highways are the executive authorities, their officials who have the appropriate powers: the Ministry of Infrastructure of Ukraine, the State Agency of Motorways of Ukraine Ukravtodor, the Customs Committee of Ukraine, the Ministry of Finance of Ukraine, the Ministry of Regional Development, construction and housing and communal services of Ukraine, the Antimonopoly Committee of Ukraine, the State Property Fund, as well as local executive bodies and local self-government bodies.

3. The object of public administration in the field of motor roads is the social relations that arise in the field of ensuring the proper condition and development of highways. Relations within each of the subjects of management can be defined as intra-system relations in the field of public administration of motor roads, and relations that arise in the process of implementation between the subjects of management in the field of motor roads of their powers, are external systems.

4. Public relations that arise in the implementation of public administration in the field of highways include:

1) relations arising in the process of construction and operation of highways;

2) relations arising in the process of using motor roads, that is, traffic (between road users);

3) relations arising in the process of ensuring the safety of motor roads, ie liability for violations of traffic rules.

One can assume that each of the components is governed by certain norms of the current legislation, which constitute separate legal sub-institutes of administrative law, which together constitute the legal institute of management in the field of highways:

a) Institute of Road Traffic;

b) Institute for the regulation of behavior of road users;

c) institute of responsibility.

5. Principles of public administration in the field of motor roads can be defined as general, specific and structural. The general principles can be attributed to: objectivity, universality, democracy, legitimacy. By specific - the division of powers, delegation of authority, social orientation, optimization of management, integrity, manageability, controllability, transparency, the combination of collegiality and unity of command. Structural principles can include structural-target, structural-functional, structural-organizational, structural-procedural principles.

With regard to public administration in the field of highways, structural-organizational and structural-procedural principles are of particular importance. Structural-target and structural-functional principles should be distinguished in the event that there is a problem of matching goals and optimization of functions of different subsystems (6).

6. Public administration in the field of highways has the following features:

a) carried out on the basis of the law;

b) has an active, purposeful, nationwide, executive and administrative, organizing character;

c) has its own control object;

d) realizes the requirements of the law by implementing law enforcement and law-making activities;

e) develops managerial decisions;

f) controls the compliance by the owners of vehicles, as well as citizens, officials of the requirements of the Law of Ukraine "On Road Traffic" - rules, norms, standards for ensuring road safety.

7. Stages of the state management in the field of motor roads:

a) preparation for the management decision;

b) management decision making;

c) execution of managerial decision;

d) control over the execution of a management decision;

e) adjustment in case of unsatisfactory performance of management decision.

8. Management decision as the main form of management in the field of highways is characterized by the following features:

a) has executive, volitional character;

b) is accepted by authorized state authorities (their officials);

c) is a form of expression of the purposeful control of the subject of public administration on its object;

d) has a mandatory or recommendatory character for an object of management; e) is an action by which the management problem is solved;

f) has a conscious character.

9. The main directions of activity of the Cabinet of Ministers of Ukraine concerning management in the field of highways are:

a) formation of state authorities in the field of motor roads, management of their activities;

b) development and approval of state programs of development and safety in highways, streets and railway crossings, environmental safety requirements, as well as programs for coordinating the use of all types of public transport;

c) financing and control over the implementation of state road traffic development programs and their security;

d) determination of the procedure for issuing licenses and certificates and carrying out activities related to the carriage of goods and passengers, training of drivers, construction, reconstruction, repair and maintenance of highways, streets and railroad crossings, with other types of activities that affect traffic safety.

10. It is established that when forming an informational system of management in the field of motor roads, the following should be taken into account:

a) the specialization of separate structural units of the system of public administration (it means the definition of the circle of management entities, the definition of their competence, the specificity of the implementation of interrelations);

b) definition of a public body with a broader scope of public administration in the field of motorways (the aspect of concentration of authority);

c) Decentralization of management decisions (determining the range of officials who directly make managerial decisions and form information flows, taking into account the specifics of their activities and the scope of authority).

11. The legal mode of motor roads is a system of norms, rules, tools that regulate social relations that arise in the implementation of public administration in the field of motorways of Ukraine.

Conclusions

On the basis of the above, it can be noted that the main directions of improvement of the functions of management of road economy of Ukraine are:

а) Optimization of the network of highways in accordance with the requirements of the development of the state economy;

б) reforming the existing system of maintenance of roads of state importance by introducing a regional-linear principle of their servicing by specialized road-operation enterprises;

в) Performing works on construction, reconstruction and major repair of roads should be conducted on a competitive basis with the introduction of international principles for the construction of civil engineering contract (FIDIC) (4).

It must also be agreed with the opinion of experts that any attempts to improve the system of state control and management of the network of roads, introducing sporadic changes to the legislation or adopting new subordinate acts, will not be very successful. The effectiveness of each such measure will be offset by the general imperfection of the legal basis, its numerous deficiencies, problems and imbalances.

Only radical reform can fundamentally change the situation, which would not simply optimize the content of sectoral legislation but also integrate it into an integrated system with the same principles of organization, operation and development (8) .

The first stage and at the same time the cornerstone of such a reform should be the adoption of the Law of Ukraine "On Public Audit on Road Transport" - a law that outlines the basics of sectoral control, defines its general principles, goals and priorities, and serves as the basis for standard setting in the relevant area of management activity.

References

1.Zakon Ukrayiny` «Pro avtomobil`ni dorogy`»

2.Zakon Ukrayiny` «Pro dorozhnij rux»

3. Pro vnesennya zmin do deyaky`x zakoniv Ukrayiny` shhodo reformuvannya sy`stemy` upravlinnya dorogamy` zagal`nogo kory`stuvannya: zakon Ukrayiny` vid 11.11.2016 r. - [Elektronny`j resurs]. - Rezhy`m dostupu: http://zakon3.rada.gov.ua/ 1ashB/z`osh/1764-19

4. Pro zatverdzhennya vy`mog shhodo provedennya kontrolyu yakosti robit z novogo budivny`cztva, rekonstrukciyi ta kapital`nogo remontu avtomobil`ny`x dorig zagal`nogo kory`stuvannya: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrayiny` # 1065 vid 28 grudnya 2016 r. - [Elektronny`j resurs]. - Rezhy`m dostupu: http://zakon3.rada.gov.ua/1aws/show/1065-2016-DBF.

5.Maslova Ya.I. Reformuvannya sy`stemy` derzhavnogo upravlinnya avtomobil`ny`my` dorogamy` zagal`nogo kory`stuvannya / Ya.I. Maslova // Pravove zhy`ttya suchasnoyi Ukrayiny` : tezy` dop. Mizhnar. nauk. konf. profesor.-vy`klad. ta aspirant. skladu (m. Odesa, 21–22 travnya 2010 r.) / Vidp. red. d-r yury`d. nauk, prof. Yu.M. Oborotov // Odes`ka nacional`na yury`dy`chna akademiya. – O. : Feniks, 2010. – S. 324–326.

6.Tovstuha S.O. Osobly`vosti udoskonalennya derzhavno-upravlins`ky`x mexanizmiv u sferi bezpeky` dorozhn`ogo ruxu v Ukrayini / S.O. Tovstuxa // Innovaciyi v derzhavnomu upravlinni: sy`stema integraciyi osvity`, nauky`, prakty`ky`: materialy` nauk.-prakt. konf. za mizhnar. uchastyu ( Ky`yiv,27 trav.2011) .K.: NADU, 2011 – T.1.-S.629-631

7.Postanova Kabinetu Ministriv Ukrayiny` vid 21 bereznya 2018 r. N 382

8. Maly`novs`ky`j V. Ya. / Derzhavne upravlinnya: Navchal`ny`j posibny`k.- Vy`d. 2-ge, dop. ta pererob.- K.: Atika, 2003.- 576 s.

НАПРЯМКИ ЗАКОНОДАВЧИХ ТА АДМІНІСТРАТИВНИХ ЗМІН В УПРАВЛІННІ АВТОМОБІЛЬНИМИ ДОРОГАМИ УКРАЇНИ

Осяєв Юрій Миколайвич, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет,доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном, e-mail: osiaev@ukr.net тел. +380964822206, https://orcid.org/0000-0001-7282-600X

Анотація. Стан автомобільних доріг загального користування безперечно впливає на якість перевезення вантажів і пасажирів, рівень цін, ступінь зайнятості населення та темпи розвитку економіки держави. Отже, розвиток системи управління мережею автомобільних доріг та поліпшення їх транспортно-експлуатаційного стану є необхідною передумовою подальшого соціально-економічного розвитку держави і суспільства.

Особливого значення набувають напрямки досліджень адміністративно-правових засад управління у сфері автомобільних доріг в Україні, оскільки географічне розташування України за умови інтеграції вітчизняної транспортної інфраструктури в європейську дасть змогу в майбутньому отримувати щороку від транзитних міжнародних перевезень автомобільним транспортом та туристичних поїздок значний розвиток міжнародного співробітництва держави та вагомі надходження до державного бюджету країни.

У статті визначені напрямки законодавчих та адміністративних змін в управлінні автомобільними дорогами України.

Ключові слова. Закони України у сфері автомобільних доріг, напрямки досліджень адміністративно-правових засад управління у сфері автомобільних доріг в Україні, державне управління автомобільними дорогами

Перелік посилань

1. Закон України "Про автомобільні дороги".
2. Закон України "Про дорожній рух".
3. Про внесення змін до деяких законів України від 11.11.2016 – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://zakon3.rada.gov.ua
4. Про затвердження вимог щодо проведення контролю якості робіт з нового будівництва,реконструкції та капітального ремонту автомобільних доріг загального користування: Постанова Кабінету Міністрів України №1065 від 28 грудня 2016 р. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://zakon3.rada.gov.ua
5. Маслова Я.І. Реформування системи державного управління автомобільними дорогами загального користування/ Я.І.Маслова// Правове життя сучасної України: тези доп. міжнародної наукової конференції проф.-виклад.та аспірант. складу (м.Одеса, 21-22 травня 2010)/ Відп.ред. д-р юридичних наук, проф. Ю.М.Оборотов //Одеска національна юридична академія.- Одеса.:Фенікс, 2010. – С.324-326.
6. Товстуха С.О. Особливості удосконалення державно - управлінських механізмів у сфері безпеки дорожнього руху в Україні/ С.О.Товстуха//Інновації в державному управлінні: система інтеграції освіти, науки, практики: наук.-практ. конф.з між народ. участю. (Київ, 27 травня, 2011). К.: НАДУ, 2011 Т.1.- С. 629-631
7. Постанова Кабинету Міністрів України від 21 березня 2018 №382.
8. Маліновський В.Ю. / Державне управління: навчальний посібник. – вид.2-ге, доп. та перероб.- К.:Атіка,2003.-576 с.

УДК 338.242 **DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-235-244**

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ІНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗНИКА ФОРМУВАННЯ ТА ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО КАПІТАЛУ НА УЗАГАЛЬНЮЮЧІ КРИТЕРІЇ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ Й ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРИВАБЛИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ ПІДПРИЄМСТВ

SIMULATION OF THE INFLUENCE OF THE INTEGRAL INDICATOR FOR FORMATION AND USE OF INTELLECTUAL CAPITAL ON THE GENERALIZED CRITERION OF COMPETITIVENESS AND INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF CONSTRUCTION COMPANIES



***Славінська Олена Сергіївна**, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри транпортного будівництва та управління майном, e-mail: elenaslavin9@gmail.com, тел.: +380509698109, Україна, 01010, Київ, вул. Омеляновича – Павленка 1,*

https://orcid.org/0000-0002-9709-0078



***Пруненко Дмитро Олександрович**, кандидат економічних наук, доцент, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, доцент кафедри транспортних систем і логістики, e-mail: prunenkod@rambler.ru, тел.: +380677311111, Україна, 61002, Харків, вул. Маршала Бажанова, 17,*

https://orcid.org/orcid.org/0000-0001-7322-9998

Анотація. У статті визначені напрями моделювання впливу інтегрального показника формування та використання інтелектуального капіталу на узагальнюючи критерії конкурентоспроможності й інвестиційної привабливості будівельних підприємств. Встановлено високий рівень впливу інтегрального показника формування та використання інтелектуального капіталу на рівень конкурентоспроможності. Доведено, що інвестиційну привабливість на низькому рівні обумовлюють напрями формування та використання інтелектуального капіталу будівельних підприємств. Результати моделювання сформували основу для зростання рівня конкурентоспроможності й інвестиційної привабливості шляхом прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Ключові слова: інтелектуальний капітал, будівельні підприємства, формування та використання інтелектуального капіталу, конкурентоспроможність, інвестиційна привабливість.

Вступ. Результативними показниками, що характеризують діяльність будівельних підприємств є узагальнюючи критерії конкурентоспроможності й інвестиційної привабливості. Поряд з цим, враховуючи міжнародний досвід та сучасні напрями розвитку економіки підприємств, зростає значення напрямів формування та використання інтелектуального капіталу. У цьому контексті виникає необхідність встановлення причинно-наслідкових зв'язків між узагальнюючими критеріями конкурентоспроможності й інвестиційної привабливості та інтегральним показником формування та використання інтелектуальним капіталом на будівельних підприємствах.

Для вирішення поставленого завдання у дослідженні здійснюється моделювання впливу інтегрального показника формування та використання інтелектуального капіталу на узагальнюючи критерії конкурентоспроможності й інвестиційної привабливості будівельних підприємств шляхом застосування економетричного інструментарію, який базується на методах кореляційно-регресійного аналізу.

Мета і методи. Визначені напрями моделювання, які полягають у наступному:

1. Формування інформаційно-аналітичного забезпечення для проведення моделювання.
2. Побудова кореляційної матриці, що визначає зв'язки між інтегральним показником формування та використання інтелектуального капіталу та узагальнюючими критеріями конкурентоспроможності й інвестиційної привабливості будівельних підприємств.
3. Розробка моделей, що характеризують причинно-наслідкові зв'язки між інтегральним показником формування та використання інтелектуального капіталу та узагальнюючими критеріями конкурентоспроможності й інвестиційної привабливості будівельних підприємств.
4. Перевірка розроблених моделей на адекватність на основі застосування відповідних критеріїв.
5. Інтерпретація встановлених причинно-наслідкових зв'язків між інтегральним показником формування та використання інтелектуального капіталу та узагальнюючими критеріями конкурентоспроможності й інвестиційної привабливості будівельних підприємств.

Розглядаючи представлені напрями моделювання, слід відзначити, що формування інформаційно-аналітичного забезпечення здійснюється на основі результатів оцінки інтегрального показника формування та використання інтелектуального капіталу й узагальнюючих критеріїв конкурентоспроможності та інвестиційної привабливості будівельних підприємств.

Побудова кореляційної матриці, що визначає зв'язки між інтегральним показником формування та використання інтелектуального капіталу та узагальнюючими критеріями конкурентоспроможності й інвестиційної привабливості будівельних підприємств здійснюється шляхом застосування коефіцієнту парної кореляції.

На основі кореляційної матриці, що визначає зв'язки між інтегральним показником формування та використання інтелектуального капіталу та узагальнюючими критеріями конкурентоспроможності й інвестиційної привабливості будівельних підприємств встановлено:

посередній вплив інтегрального критерію формування та використання інтелектуального капіталу на узагальнюючий критерій конкурентоспроможності будівельних підприємств (коефіцієнт детермінації (R^2) дорівнює 0,688);

низький вплив інтегрального критерію формування та використання інтелектуального капіталу на узагальнюючий критерій інвестиційної привабливості ($R^2 = 0{,}0013$);

низький рівень залежності між узагальнюючими критеріями конкурентоспроможності й інвестиційної привабливості ($R^2 = 0{,}01$).

Розробка моделей, що характеризують причинно-наслідкові зв'язки між інтегральним показником формування та використання інтелектуального капіталу та узагальнюючими критеріями конкурентоспроможності й інвестиційної привабливості будівельних підприємств здійснювалось на основі застосування методу підстановки сутність якого полягає у покроковому включенні в модель факторів. Оскільки досліджується вплив інтегрального показника формування та використання інтелектуального капіталу на узагальнюючи критерії конкурентоспроможності та інвестиційної привабливості, то для побудови моделі лише здійснюється один крок. Результати побудови моделей представлені на рис.1 – 2.

Модель залежності між інтегральним показником формування та використання інтелектуальним капіталом і узагальнюючим критерієм інвестиційної привабливості будівельних підприємств свідчить про низький зв'язок між ними.

Результати і пояснення. У результаті моделювання встановлено лінійний посередній зв'язок між інтегральним показником формування та використання інтелектуального капіталу і узагальнюючим критерієм конкурентоспроможності будівельних підприємств.

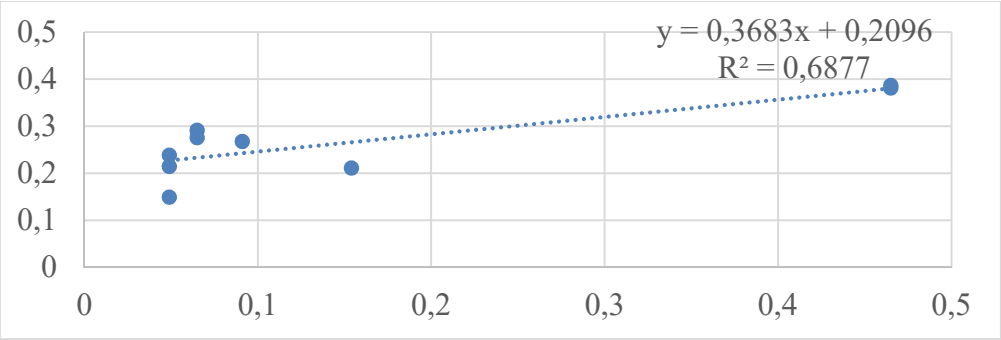


Рисунок 1 – Графік та модель залежності між інтегральним показником формування та використання інтелектуальним капіталом і узагальнюючим критерієм конкурентоспроможності будівельних підприємств, відн. од.

Figure 1 – Schedule and model of dependence between the integral index of formation and use of intellectual capital and the general criterion of competitiveness of construction enterprises, rel. Units

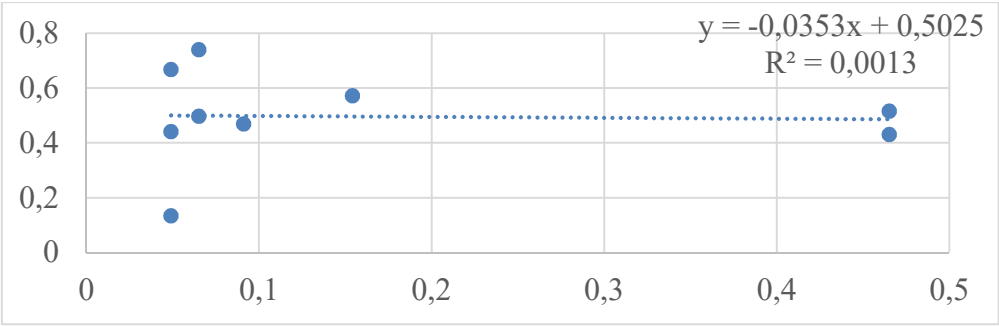


Рисунок 2 – Графік та модель залежності між інтегральним показником формування та використання інтелектуального капіталу і узагальнюючим критерієм інвестиційної привабливості будівельних підприємств, відн. од.

Figure 2 – Schedule and model of dependence between the integral index of formation and use of intellectual capital and the general criterion of investment attractiveness of construction enterprises, rel. units

Перевірка розроблених моделей на адекватність здійснюється на основі відповідних критеріїв:

1. Коефіцієнт кореляції (R), який характеризує рівень впливу незалежного показника (інтегральний показник формування та використання інтелектуального капіталу) на результуючі складові (узагальнюючі критерії конкурентоспроможності та інвестиційної привабливості будівельних підприємств). На основі значень коефіцієнта кореляції визначається напрям залежності. Зокрема, якщо визначено знак мінус, то встановлено обернений зв'язок, якщо плюс, то прямопропорційний. Залежно від значень коефіцієнту кореляції встановлюється рівень впливу між показниками:

0 – відсутній зв'язок;
0,01 - 0,25 – низький рівень впливу;
0,251 – 0,5 – посередній рівень;
0,501 – 0,75 – суттєвий рівень;
0,751 – 0,99 – високий рівень;
1 – абсолютний зв'язок.

2. Коефіцієнт детермінації визначається як квадрат від коефіцієнту кореляції і характеризує зв'язок між показниками.

3. Критерій Стьюдента (t) визначає статистичну значущість показників розробленої моделі. Він оцінюється за співвідношенням:

$$t = \frac{V_1 - V_2}{\sqrt{v_1^2 + v_2^2}}, \quad (1)$$

де V_1 - середні значення першої арифметичної порівнювальної сукупності; V_2 – середні значення другої арифметичної порівнювальної сукупності; v_1 – середні помилки першої арифметичної порівнювальної сукупності; v_2 – середні помилки другої арифметичної порівнювальної сукупності.

Показники є статистично значимими, якщо фактичне значення критерію Стьюдента перевищує його нормативне. У протилежному випадку, показник виключається із моделі.

4. Критерій Фішера (F) визначається для підтвердження значущості коефіцієнтів кореляції, що показує надійність встановлених зв'язків між інтегральним показником формування та використання інтелектуального капіталу й узагальнюючими критеріями конкурентоспроможності та інвестиційної привабливості будівельних підприємств. Надійність встановлених зв'язків між показниками підтверджується, якщо фактичне значення критерію Фішера перевищує його нормативне. Якщо навпаки, то модель вважається неадекватною. Значення критерію Фішера визначається за співвідношенням:

$$F = \frac{1 - \eta^2}{n - p}, \quad (2)$$

де η – кореляційне відношення, що характеризує зв'язки між інтегральним показником формування та використання інтелектуального капіталу й узагальнюючими критеріями конкурентоспроможності та інвестиційної привабливості будівельних підприємств; p – параметри моделі регресії; n – кількість спостережень, які застосовуються для моделювання.

5. Критерії перевірки на гомо або гетероскедастичність, які застосовуються для визначення однорідності або розгалуженості залишків випадкової величини. При цьому застосовуються тести Бройша-Паґана, Вайта, Гольфельда-Квандта, Глейзера, метод Ейткена.

6. Критерій Дарбіна – Уотсона (d) застосовується для визначення автокореляції залишків та визначається діапазонами значень, де охарактеризовані відповідні зони щодо мінімального й максимального його значень (d_L та d_U):

якщо $d < d_L$, позитивна автокореляція – модель вважається неадекватною;

якщо $d > d_U$, то гіпотеза не відкидається – негативна автокореляція – модель адекватна;

якщо $d_L < d < d_U$ – зона невизначеності, де не можливо чітко визначити рівень автокореляції, виникає необхідність для проведення додаткових досліджень [1].

7. Критерії перевірки на мультиколінеарність, яка визначає ступень залежності між незалежними змінними. Сутність цього явища полягає у тому, що високий рівень залежності між незалежними показниками призводить до зміщення результатів оцінки й отримання недостовірних значень коефіцієнту кореляції. Перевірка на мультиколінеарність здійснюється на основі коефіцієнтів кореляції.

Результати визначення критеріїв адекватності представлені у табл. 1.

Результати визначення представлених критеріїв свідчать про адекватність моделі залежності між інтегральним показником формування та використання інтелектуальним капіталом і узагальнюючим критерієм конкурентоспроможності будівельних підприємств.

Таблиця 1 – Результати визначення критеріїв адекватності моделі залежності між інтегральним показником формування та використання інтелектуальним капіталом і узагальнюючим критерієм конкурентоспроможності будівельних підприємств

Table 1 – The results of determining the criteria for the adequacy of the model of the relationship between the integral indicator of the formation and use of intellectual capital and the general criterion of competitiveness of construction enterprises

Назва критерію	Значення критерію	Рівень адекватності
Коефіцієнт кореляції (R)	0,83	Високий рівень впливу інтегрального показника формування та використання інтелектуальним капіталом на узагальнюючий критерій конкурентоспроможності будівельних підприємств. Визначає прямопропорційний зв'язок між показниками. Збільшення інтегрального показника формування та використання інтелектуальним капіталом призводить до зростання узагальнюючого критерію конкурентоспроможності будівельних підприємств і навпаки. Зміни узагальнюючого критерію конкурентоспроможності на 83% обумовлені змінами інтегрального показника формування та використання інтелектуальним капіталом.
Коефіцієнт детермінації (R^2)	0,688	Суттєвий рівень впливу інтегрального показника формування та використання інтелектуального капіталу та узагальнюючого критерію конкурентоспроможності будівельних підприємств.
Критерій Стьюдента (t)	для постійної змінної: $t_{\text{факт}} = 28{,}72$ $t_{\text{крит}} = 3{,}25$ для інтегрального показника формування та використання інтелектуального капіталу: $t_{\text{факт}} = 33{,}94$ $t_{\text{крит}} = 3{,}25$	Показники моделі статистично значимі, фактичні значення критерію Стьюдента перевищують його критичні або нормативні значення.
Критерій Фішера (F)	$F_{\text{факт}} = 63{,}5$ $F_{\text{крит}} = 5{,}32$	Коефіцієнти кореляції значимі, фактичне значення критерію Фішера перевищує його критичні або нормативні значення.
Критерій перевірки на гомо або гетеро-скедастичність	для постійної змінної: $t_{\text{факт}} = 0{,}33$ $t_{\text{крит}} = 3{,}25$ для інтегрального показника формування та використання інтелектуального капіталу: $t_{\text{факт}} = 0{,}12$ $t_{\text{крит}} = 3{,}25$	Залишки показників розподілені однорідно, фактичні значення критерію Стьюдента менше критичного або нормативного значення.
Критерій Дарбіна – Уотсона (d)	d = 0,82 d_U = 1,32	Автокореляція залишків відсутня, оскільки розрахункове значення критерію Дарбіна – Уотсона перевищує його максимальне критичне значення.

Кінець таб. 1

Назва критерію	Значення критерію	Рівень адекватності
Критерії перевірки на мультиколінеарність	не перевіряється	відсутня друга незалежна змінна.

Результати визначення критеріїв адекватності моделі залежності між інтегральним показником формування та використання інтелектуального капіталу і узагальнюючим критерієм інвестиційної привабливості будівельних підприємств представлені у табл. 2.

Таким чином, на основі дослідження визначено, що неадекватність моделі залежності між інтегральним показником формування та використання інтелектуального капіталу і узагальнюючим критерієм інвестиційної привабливості будівельних підприємств. Це підтверджує висновок про низький рівень впливу показника формування та використання інтелектуального капіталу на інвестиційну привабливість будівельних підприємств.

Таблиця 2 – Результати визначення критеріїв адекватності моделі залежності між інтегральним показником формування та використання інтелектуального капіталу і узагальнюючим критерієм інвестиційної привабливості будівельних підприємств

Table 2 – The results of determining the criteria of adequacy of the model of dependence between the integral indicator of the formation and use of intellectual capital and the general criterion of investment attractiveness of construction enterprises

Назва критерію	Значення критерію	Рівень адекватності
Коефіцієнт кореляції (R)	0,036	низький рівень впливу інтегрального показника формування та використання інтелектуальним капіталом на узагальнюючий критерій інвестиційної привабливості будівельних підприємств. Визначає обернений зв'язок між показниками. Збільшення інтегрального показника формування та використання інтелектуальним капіталом призводить до зменшення узагальнюючого критерію інвестиційної привабливості будівельних підприємств і навпаки. Це є аномальним і не відображає економічні напрями формування та використання показників.
Коефіцієнт детермінації (R^2)	0,0013	низький рівень впливу інтегрального показника формування та використання інтелектуального капіталу та узагальнюючого критерію інвестиційної привабливості будівельних підприємств.

Кінець таб. 2

Назва критерію	Значення критерію	Рівень адекватності
Критерій Стьюдента (t)	для постійної змінної: $t_{факт} = 0{,}18$ $t_{крит} = 3{,}25$ для інтегрального показника формування та використання інтелектуального капіталу: $t_{факт} = 0{,}67$ $t_{крит} = 3{,}25$	показники моделі статистично незначимі, фактичні значення критерію Стьюдента не перевищують його критичні або нормативні значення.
Критерій Фішера (F)	$F_{факт} = 0{,}197$ $F_{крит} = 5{,}32$	коефіцієнти кореляції незначимі, фактичне значення критерію Фішера не перевищує його критичні або нормативні значення.
Критерій перевірки на гомо або гетеро-скедастичність	-	критерій перевірки на гомо або гетеро-скедастичність не визначається, оскільки модель є неадекватною, встановлені попередні критерії не мають статистичної значущості.
Критерій Дарбіна – Уотсона (d)	-	критерій Дарбіна-Уотсона не визначається, оскільки модель є неадекватною, встановлені попередні критерії не мають статистичної значущості.
Критерії перевірки на мультиколінеарність	не перевіряється	відсутня друга незалежна змінна.

Інтерпретуючи отримані результати встановлено, що зростання інтегрального показнику формування та використання інтелектуального капіталу на 68% обумовлює збільшення узагальнюючого критерію конкурентоспроможності будівельних підприємств і навпаки. Поряд з цим, вплив інтегрального показника формування та використання інтелектуального капіталу всього на 0,13% обумовлює зміну узагальнюючого критерію інвестиційної привабливості. У таких умовах для подальшого дослідження щодо прогнозування змін застосовується модель, що характеризує залежність між інтегральним показником формування та використання інтелектуального капіталу і узагальнюючим критерієм конкурентоспроможності будівельних підприємств.

Результати прогнозування змін узагальнюючого критерію конкурентоспроможності будівельних підприємств залежно від зростання показника формування та використання інтелектуального капіталу представлено у табл. 3.

У результаті дослідження визначено, що зростання показника формування та використання інтелектуального капіталу на 4% і більше призведе до збільшення узагальнюючого критерію конкурентоспроможності на всіх будівельних підприємствах.

У результаті дослідження визначено, що зростання показника формування та використання інтелектуального капіталу на 4% і більше призведе до збільшення узагальнюючого критерію конкурентоспроможності на всіх будівельних підприємствах.

Таблиця 3 – Результати прогнозування змін узагальнюючого критерію конкурентоспроможності будівельних підприємств залежно від зростання показника формування та використання інтелектуального капіталу

Table 3– Results of forecasting changes in the general criterion of competitiveness of construction enterprises, depending on the growth rate of formation and use of intellectual capital

1	2	3
Зростання показника формування та використання інтелектуального капіталу на 1%		
ПАТ «Холдингова компанія «Київміськбуд»	0,362	0,936
ПрАТ «Полтавський домобудівельний комбінат»	0,318	1,188
ПАТ Трест «Житлобуд-1»	0,36	0,943
ПАТ фірма «Галбуд»	0,327	1,12
ДПАТ «Будівельна компанія «Укрбуд»	0,321	1,164
ПАТ «Київське спеціалізоване ремонтно-будівельне товариство»	0,299	1,39
ПАТ «Українське спеціальне будівельно-монтажне підприємство «Укрспецбудмонтаж»	0,275	1,832
ПрАТ «Криворіжаглобуд»	0,308	1,287
ПрАТ «Луцький домобудівельний комбінат»	0,298	1,404
Зростання показника формування та використання інтелектуального капіталу на 2%		
ПАТ «Холдінгова компанія «Київміськбуд»	0,372	0,962
ПрАТ «Полтавський домобудівельний комбінат»	0,328	1,225
ПАТ Трест «Житлобуд-1»	0,370	0,969
ПАТ фірма «Галбуд»	0,337	1,155
ДПАТ «Будівельна компанія «Укрбуд»	0,331	1,200
ПАТ «Київське спеціалізоване ремонтно-будівельне товариство»	0,309	1,436
ПАТ «Українське спеціальне будівельно-монтажне підприємство «Укрспецбудмонтаж»	0,285	1,899
ПрАТ «Криворіжаглобуд»	0,318	1,329
ПрАТ «Луцький домобудівельний комбінат»	0,308	1,451
Зростання показника формування та використання інтелектуального капіталу на 3%		
ПАТ «Холдінгова компанія «Київміськбуд»	0,382	0,987
ПрАТ «Полтавський домобудівельний комбінат»	0,338	1,262
ПАТ Трест «Житлобуд-1»	0,380	0,996
ПАТ фірма «Галбуд»	0,347	1,189
ДПАТ «Будівельна компанія «Укрбуд»	0,341	1,236
ПАТ «Київське спеціалізоване ремонтно-будівельне товариство»	0,319	1,483
ПАТ «Українське спеціальне будівельно-монтажне підприємство «Укрспецбудмонтаж»	0,295	1,966
ПрАТ «Криворіжаглобуд»	0,328	1,371
ПрАТ «Луцький домобудівельний комбінат»	0,318	1,498
Зростання показника формування та використання інтелектуального капіталу на 4%		
ПАТ «Холдингова компанія «Київміськбуд»	0,392	1,013
ПрАТ «Полтавський домобудівельний комбінат»	0,348	1,3

Кінець таб. 3

1	2	3
ПАТ Трест «Житлобуд-1»	0,390	1,022
ПАТ фірма «Галбуд»	0,357	1,223
ДПАТ «Будівельна компанія «Укрбуд»	0,351	1,273
ПАТ «Київське спеціалізоване ремонтно-будівельне товариство»	0,329	1,529
ПАТ «Українське спеціальне будівельно-монтажне підприємство «Укрспецбудмонтаж»	0,305	2,032
ПрАТ «Криворіжаглобуд»	0,338	1,413
ПрАТ «Луцький домобудівельний комбінат»	0,328	1,546
Зростання показника формування та використання інтелектуального капіталу на 5%		
ПАТ «Холдингова компанія «Київміськбуд»	0,402	1,039
ПрАТ «Полтавський домобудівельний комбінат»	0,358	1,337
ПАТ Трест «Житлобуд-1»	0,400	1,048
ПАТ фірма «Галбуд»	0,367	1,257
ДПАТ «Будівельна компанія «Укрбуд»	0,361	1,309
ПАТ «Київське спеціалізоване ремонтно-будівельне товариство»	0,339	1,576
ПАТ «Українське спеціальне будівельно-монтажне підприємство «Укрспецбудмонтаж»	0,315	2,099
ПрАТ «Криворіжаглобуд»	0,348	1,454
ПрАТ «Луцький домобудівельний комбінат»	0,338	1,593
Зростання показника формування та використання інтелектуального капіталу на 10%		
ПАТ «Холдінгова компанія «Київміськбуд»	0,452	1,168
ПрАТ «Полтавський домобудівельний комбінат»	0,408	1,524
ПАТ Трест «Житлобуд-1»	0,450	1,179
ПАТ фірма «Галбуд»	0,417	1,429
ДПАТ «Будівельна компанія «Укрбуд»	0,411	1,490
ПАТ «Київське спеціалізоване ремонтно-будівельне товариство»	0,389	1,808
ПАТ «Українське спеціальне будівельно-монтажне підприємство «Укрспецбудмонтаж»	0,365	2,432
ПрАТ «Криворіжаглобуд»	0,398	1,664
ПрАТ «Луцький домобудівельний комбінат»	0,388	1,829
Зростання показника формування та використання інтелектуального капіталу на 15%		
ПАТ «Холдингова компанія «Київміськбуд»	0,502	1,297
ПрАТ «Полтавський домобудівельний комбінат»	0,458	1,710
ПАТ Трест «Житлобуд-1»	0,500	1,310
ПАТ фірма «Галбуд»	0,467	1,600
ДПАТ «Будівельна компанія «Укрбуд»	0,461	1,671
ПАТ «Київське спеціалізоване ремонтно-будівельне товариство»	0,439	2,041
ПАТ «Українське спеціальне будівельно-монтажне підприємство «Укрспецбудмонтаж»	0,415	2,766
ПрАТ «Криворіжаглобуд»	0,448	1,873
ПрАТ «Луцький домобудівельний комбінат»	0,438	2,065

Висновки та рекомендації. На основі результатів моделювання інтегрального показника формування та використання інтелектуального капіталу на запропоновані заходи щодо зростання узагальнюючого критерію конкурентоспроможності й інвестиційної привабливості будівельних підприємств. Зокрема, основна увага фокусується на забезпеченні збільшення інтегрального показника формування та використання інтелектуального капіталу більш ніж на 4% для зростання рівня конкурентоспроможності. У контексті формування та використання інтелектуального капіталу запропоновано змінити траєкторію й підходи його застосування для забезпечення інвестиційної привабливості будівельних підприємств.

Таким чином, здійснено моделювання впливу інтегрального показника формування та використання інтелектуального капіталу на узагальнюючи критерії конкурентоспроможності й інвестиційної привабливості, що дозволило формалізувати зв'язки між представленими показниками і розробити заходи для їх зростання у контексті забезпечення розвитку будівельних підприємств.

Перелік посилань

1. Критерій Дарбіна – Уотсона. [Електронний ресурс]. – Режим доступа: https://uk.wikipedia.org/wiki/Критерій_Дарбіна-Уотсона.

SIMULATION OF THE INFLUENCE OF THE INTEGRAL INDICATOR FOR FORMATION AND USE OF INTELLECTUAL CAPITAL ON THE GENERALIZED CRITERION OF COMPETITIVENESS AND INVESTMENT ATTRACTIVENESS OF CONSTRUCTION COMPANIES

Slavinska Olena Serhiyivna, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Professor of the department of Transport construction and property management, e-mail: elenaslavin9@gmail.com, tel.: +380509698109, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovicha – Pavlenko str., 1, http://orcid.org/0000-0002-9709-0078.

Prunenko Dmytro Oleksandrovych, PhD, associate professor, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, associate professor of the department of Transport systems and logistics, e-mail: prunenkod@rambler.ru, tel.: +380677311111, Ukraine, 61002 Kharkiv, Marshal Bazhanov str, 17, http://orcid.org/0000-0001-7322-9998

Summary. The article defines the directions of modeling the influence of the integral indicator of the formation and use of intellectual capital on generalizing criteria of competitiveness and investment attractiveness of construction enterprises. A high level of influence of the integral indicator of the formation and use of intellectual capital on the level of competitiveness is established. It is proved that the investment attractiveness at a low level is determined by the directions of formation and use of the intellectual capital of construction enterprises. The results of modeling have formed the basis for the growth of the level of competitiveness and investment attractiveness through the adoption of sound management decisions.

Key words: intellectual capital, construction companies, formation and use of intellectual capital, competitiveness, investment attractiveness.

References

1. Kryteriy Darbina–Uotsona [The Darwin-Watson Criterion]. Available at: https://uk.wikipedia.org/wiki/Kryteriy_Darbina-Uotsona [in Ukrainian].

УДК 69.003:339.03 **DOI: 10.33744/0365-8171-2021-109-245-254**

RISKS OF PRIVATE INVESTORS IN FINANCING HOUSING CONSTRUCTION

РИЗИКИ ПРИВАТНИХ ІНВЕСТОРІВ ПРИ ФІНАНСУВАННІ ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА



Sokolova N.M., *Phd (Cand. of Economic Sciences), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of the Department of Transport Construction and Property Management, e-mail:* nata_ns@ukr.net, *tel. +380442807909, +0675872662, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovicha-Pavlenko str., 1, k. 206.*

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



Yatsenko B.I., Candidate of Economic Sciences (Ph.D.), State University of Infrastructure and Technologies, Senior Lecturer of the Department of Transport Technologies, tel. 0939989850, Ukraine, 04071, Kyiv, vul. Kyrylivska, 9.

https://orcid.org/0000-0001-7080-7254



Petrovich V.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. +3804428027338, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 138.,

https://orcid.org/0000-0003-0422-2535



Usychenko O., PhD, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Professor, Department of Transportation Construction and Property Management, National Transport University

https://orcid.org/0000-0002-7482-8420

Summury. In public are considered the functioning features of mechanism of financing of housing construction through the Construction Financing Fund (CFF), the main investor risks of using CFF and pre-

conditions of their origins are defined. It is educed that decision-making about investing using CFF must consist of two stages: on the first stage a bailiff chooses an investment project, initiator and proprietor the Builder, on the second stage the choice of object of investing is made by investor. The principles of choice and the model of choosing the Builder by bailiff are developed; the principles, model and methods of Investor's choice of investment object are offered. The control system was developed to monitor the pre- conditions of risk origins. The suggestions of legislative base improvements in relation to CFF are developed to decrease the risks of investors.

Key words: housing construction investment, conditions of risks origin, control system, association of investors.

Formulation of the problem. The housing problem in Ukraine is one of the most acute socio-economic problems. According the State Statistics Service of Ukraine there are about 1.216 million families in the housing register as of 01.01.2018 year. These data are only about those people who need housing and officially entered the housing register. Most of those who need to improve living conditions do not see the meaning of the apartment registration. Annually apartment queue decreases on average from 2 to 5%. So waiting for a new home needs 20 to 50 years. The problem is deepened in the face of limited state funding, significant housing prices, low average incomes, and lack of effective mortgage lending system at affordable rates.

Nevertheless, a part of the population still has the opportunity to improve their living conditions at their own expense. According to the State Statistics Committee of Ukraine in 2018, at the expense of the population's funds aimed at the construction of their own apartments, UAH 19.49 billion, or 26.7% of all investments in fixed assets, at the expense of the population's funds for individual housing construction, was disbursed - UAH 17.589 billion, or 32.6% of all fixed capital investments. Therefore essential to develop housing is to encourage the involvement of public funds. Particular importance of this problem was acquired during the economic crisis in the country. Housing construction actually stopped because of the lack of credit and own funds of developers.

The main direction of the population funds attraction stimulating to investing in housing at the construction stage is to increase confidence in existing investment mechanisms, as they all relate to a significant degree of investment risk.

In accordance with the Law of Ukraine (Article 4) "On Investments in Activities", investment and financing of housing projects construction can be carried out exclusively through construction financing funds, real estate funds, collective investment institutions, non-state pension funds that are established and in accordance with the legislation, as well as through the issue of interest-free (targeted) bonds on which the basic product is a unit of such real estate.

For investors who have the objective of obtaining housing as a result of housing construction investing, housing construction financing schemes through construction financing funds and issuance of targeted bonds are the most acceptable. And investory who plan to receive income from property should use schemes involving real estate funds, joint investment institutions, private pension funds.

Investments in housing construction through construction financing funds (hereinafter referred as CFF) and real estate funds (REF) are less risky than using other mechanisms permitted by law according to experts.

Therefore, at the present time it is relevant to develop mechanisms aimed at reducing of investors risks in housing construction precisely when using the CFF scheme.

Analysis of literature has shown that it is quite widely represented works devoted to investment risks, the reasons for their occurrence. However, most of them consider "enterprise investments in general" and were used by us only as a basis for determining a specific list of investment risks in terms of the CFF use and the reasons (preconditions) for their occurrence.

Presentation of the main material

Analysis of recent publications. An important contribution to the investment activities study, the evaluation of its effectiveness was borne domestic and foreign scholars Blanc I.A., Butuzov V.M., Maruschak A.I. , Vilensky P.L., Livshits V.N., Smolyak S.A., Baldin K.V., Kovalev V.V., Krushevsky A.V., Lipsits I.V., Melkumov Ya.S., Peresada A.A. etc. Features of investment activity in construction investigated by scientists Shevchuk V.J., Rogozhin P.C., Stepanov I. C. , Goiko A.F., Fedorenko V.G., Ushatskyy S.A., Michels V.O., Pedan M.P., Prokolenko V.O. There are important work of specialists-practitioners - Dotsenko-Belous N., Kravchenko V.I., Polyachenko V.A., Palivoda K.V. Problems of the CFF functioning are devoted to a small number of works. The most fundamental of them are the works of N. Dotsenko-Belos and I. Chalyi. Problems of the investment market and ways of its reduction are researched by Whitlinsky V.V., Nakonechny S.I., Granaturovym V.M., Grabov P.H., Petrova S.N., Poltantsev S.M., Illyshenko S.M. The issues of investment control are devoted to the work of Bondar M.I. , Bilukhi M.T., Dickan L.V., Dudko V.P.

Funding construction through the CFF and REF was introduced into the practice of Ukrainian construction by the Law of Ukraine "On financial and credit mechanisms of property management in the construction of housing and real estate operations". This law aims to reduce the risks of investors to the usual scheme of financing construction where the main subjects were the investor and developer, introduced a financial intermediary - CFF (REF). The main tasks of the manager is the accumulation of funds of investors (trustees), financing of construction in accordance with the schedule specified by the contract with the developer, control over the targeted use of the developer of the funds received. However, such a scheme carries significant risks for the investor, and the task of choosing a honest developer for the investor added the task of choosing a bona fide manager.

In works on investment risks using CFF, either individual problems are investigated, or such works are superficial. The works aimed at the systematic study of investor risks under the CFF scheme and the causes of such risks are missing. In the articles devoted to reducing of the investing risks in housing construction through the CFF, there are only general, disparate recommendations. At the same time, the traditional indicators used to assess investment projects can not be used by investors who invest in housing construction to further obtain ownership because they do not meet the goals of investment. In the literature available to us, works devoted to the issue of investment control and the development of criteria for evaluating investment projects in housing construction, the more so when using the mechanism of the CFF, from the standpoint of a private investor, was not identified. Methodological approaches to the selection of the investment object are also not developed.

The main difference between the CFF mechanism and the traditional scheme of direct investment in construction is the presentation of the investors interests by the CFF manager, which the investor trusts to manage its funds in order to reduce the investin risks. The CFF manager is a professional market participant, a financial company that has a license to carry out activities involving fund managers for the construction projects financing. Also, the the CFF manager may be a bank that has a corresponding permission of the NBU..

In accordance to the terminology of the Law of Ukraine "On financial and credit mechanisms of property management in the construction of housing and real estate operations", the developer is a person who, in accordance with the law, has the right to perform the functions of the construction customer for the construction objects and has entered into an agreement with the manager.

The law states that the manager in the interests of the principal can check the financial condition of the developer. If the manager concludes that the developer is in risk not fulfill its contractual obligations (in particular, the terms of commissioning the object can be delayed more than 90 days or the cost of the object increases by more than 20%), the manager has the right to replace such developer.

The CFF mechanism includes measures to prevent the consolidation of one investment object for two or more investors. The obligatory insurance of property risks by investors is envisaged, in particular, the untimely commissioning of the object. The financial state of the supervisor is controlled by the Ukraine State Commission of Financial Services Markets. However, according to the results of the study, despite the measures stipulated by the Law, to reduce the risks of private investors when investing in housing at the stage of construction through the CFF mechanism, the risks still remain.

The main risks of the investor, using the CFF mechanism, include such risks: not getting an apartment; not getting an apartment in the agreement term; receiving an apartment with low consumer characteristics; no return of invested funds; lack of funds for investing in another facility (apartment), analogous to its consumer characteristics, in case of the investor's failure from further participation in the CFF; the return of less amount than was invested in case of investor's refusal to further participation in the CFF.

The generalizations and the systematic list of the main prerequisites (reasons) of the emergence of investment risks is:

1. Prerequisites for the investment risks emergence, which are to be controlled at the pre-investment stage, are: availability of the required permissive documentation; financial manager condition; financial developer condition; provision of the project by financial resources; manager qualification; the rules of the CFF and the agreement on the CFF participation; developer qualification and production capacity; attractiveness of the object according to its consumer characteristics; adequacy of the established price; the correctness of the project implementation cost determination; the correctness of the design documentation; adequacy of the established construction terms.

2. The prerequisites for the investment risks emergence that are to be monitored during the construction phase are: availability and validity of all required permits during construction; financial manager condition; financial developer condition; construction calendar plan execution: scope of work and financing; funds flow plan execution; allocation of funds; the receipt and expenditure of funds; macroeconomic indicators, in particular inflation; material prices; wage level in construction; housing prices; marketing measures for the apartments sale.

The analysis of the legislative framework on CFF issues revealed that the law regulates the organization of the main participants in the CFF relationship scheme (manager, developer and investor (trustee)) at the stage of attracting funds from the trustees, construction and financing, the commissioning and transfer of ownership on built housing to the trustees. The stage of pre-contract relations between the manager and the developer in the legislation and literature is not registered.

At the same time, in our opinion, this stage is extremely important, since the main way of investment risks minimizing is to analyze the possibility of their occurrence before the investing decision-making and choosing a successful project for investment .

We identified that investing decision-making with the CFF mechanism should consist of two stages:

- at the first stage, the manager, acting in the interests of future principals, has to choose the developer, who will be contracted, and the CFF formed;

The selection process of developer by manager should consist of two indissoluble stages (Fig. 1):

Figure 1 - The process of developer selection by a manager
Рисунок 1 - Процес вибору забудовника менеджером

The process of developer selection by a manager	
The investment project analysis	The developer analysis as the investment project executor
The purpose of the analysis: Determine whether the project will be in demand on the market	The purpose of the analysis: Determine whether the developer can implement the project in time and in accordance with the business plan
Objects of analysis -Housing market; -Architectural-design solutions of a residential building; - The price policy offered by the developer; -The average cost of construction	Objects of analysis - Human - Financial - Material and technical base for the needs of the investment project

An evaluation of the developer's organization is proposed to be carried out in 17 indicators. Each indicator is rated in points from 0 to 100. The general assessment of the company's developer is carried out by the formula:

$$0з = \sum_{i=1}^{n} k_i \cdot o_i$$

where Оз - the general rating of the company in the points;

n - the number of indicators for which the assessment is carried out;

k_i - weight (priority) of i-th indicator;

o_i - score of the i- th indicator in points.

As a result of the investment project analysis, the manager must be sure that the investment project, in which the developer invites him to take part, will be in demand by the market. This part of the analysis is very important, since a significant part of the investment risks is that the apartments or will be sold off schedule, and therefore no funds will be received on the schedule, or will not be sold at all.

The manager should carefully examine the general housing market trends in terms of demand, prices, consumer preferences, etc.

It is important to define the market segment in which the future house will be positioned. So Ukrainian builders share newly built housing on the following classes: "social", "economy class", "business class", "premium", "deluxe". In order to specify house to a certain class, it should have a certain set of characteristics. The price of apartments in a residential building must also be established on the basis of class of the house. As a result, the class of the house, the price of the apartment and the architectural and structural characteristics of the house must be kept consistent.

Also, the manager may, with the experts help, analyze the architectural and design decisions taken in the project documentation, as their quality also affects the intensity of the apartments sale.

The price set by the developer is considered adequate if the definition was taken into account the class of a residential building, the value of attracted capital, the price of competitors, the investor's risk, the developer profit rate, general market trends. At different construction stages, the price may vary.

The final stage of the investment project evaluation is to determine the probability of all apartments selling within the specified time frame with the chosen pricing policy. An additional criterion for choosing an investment project for the manager will be the income from the apartments sale, considering that the size of the manager's earnings, in the form of remuneration for the trustees funds managing, transferring funds to the developer, etc., directly depends on the amount of these funds. At the same time, the main criterion for an investment project choosing should be the probability of selling all apartments within the timeframe for the

select pricing strategy, considering that the purpose of introducing the manager to the housing financing scheme was to protect private investors.

As a result of the developer's company assessment, the manager must make sure that the developer is able to build this residential building in a timely manner and qualitatively, that is, the capacity of the developer organization, the availability of qualified personnel, material and technical base corresponds to the investment project needs.

The developer who has got the most points and is recognized financially stable and solvent is selected.

After the creation of the CFF, that is, an agreement between the manager and the developer conclusion, the second stage of the investment choice begins, namely, the investor's choice of the investment object.

The choice of the investor-agent of a particular investment object consists of four steps:

- analysis of the construction and investment object (apartments);
- analysis of the investment project;
- analysis of the developer;
- analysis of the manager of the CFF.

The purpose of the analysis of the investment object is to determine the degree of compliance of a residential building in a particular apartment with the needs of the investor.

As a result of the investment project analysis concerning the residential building construction, the investor must ensure that the project is attractive to other investors, and therefore the developer will have no problems with the funds attraction for the construction completion. we offer to use, as the criterion of objects investment appeal, a combination of two criteria: average price + maximum consumer characteristics.

The developer's analysis should provide an answer to the question whether or not this developer is able to complete the construction of the facility within a specified time period with high quality, according to his experience, providing human resources with financial resources, material and technical base, etc.

The purpose of the CFF manager's analysis is to determining whether the manager will actually be able to effectively perform his functions of the investor’s funds managing in investor’s interests, not the developer or the manager himself. It is important at this stage to analyze the terms of the CFF rules and the agreement to CFF participation and determine how they are loyal to the investor. Thus, the investor's choice of the investment object is a multicriteria task: the investor should evaluate the object for consumer attractiveness, investment attractiveness, trust in the developer and trust in the manager, while taking into account the adequacy of the investment object price, its financial capabilities and object construction readiness. In turn, each of the criteria "consumer attractiveness", "investment attractiveness", "trust to the developer", "trust to the manager" reflects the integral characteristics of the object by the group of criteria of the lower level.

For the task formalization of the investment object investor's choice, were used mathematical apparatus:

- fuzzy sets - for a step-by-step evaluation of each alternative object by the chosen criterion and determining the appropriate rank of the object;

- clear sets - to exclude from the analysis of objects that do not meet the requirements of the criteria "adequate price", "consumer attractiveness", "financial opportunities of the investor."

In order to make an investor choose of an investment object, it is proposed that each of the alternately was ranked in turn according to the chosen criteria k_i. If variant does not meet the requirements of a certain criterion, it exits further consideration. The optimal investment option will be the one that will rank first among those objects remaining after the evaluation of all selected criteria.

At the pre-investment stage, the main task of the investor is the choice of the least risky investment option. Tor this purpose he gradually evaluates a set of objects according to different criteria, defining

"bottlenecks" - the preconditions for the risky situations emergence. The objects that invest in the aggregate valuation are the most risky. Or the investor invests in these objects knowingly assuming a risk. In this case, at the post-investment stage, he should pay particular attention to precisely the premise that at the pre-investment stage could cause a risky situation in his assessment. Therefore, it is extremely important to ensure continuity between the assessment and prerequisites of risk control at the pre-investment and post-investment stage. The system of control over the prerequisites for the emergence of investment risks itself performs such function.

The subjects of control in our proposed control system are the public authorities that participate in the CFF mechanism, the CFF manager, the investor, the auditor and the Investors' Council. Functions of these entities with regard to control, provided by the current legislation.

In order to create the possibility of the investor's function of actual implementation in the system of control over the investment prerequisites, it is necessary to introduce into practice the functioning of the mechanism of the CFF association of investors - the Council of Investors.

The purpose of such unit formation - voluntary association of investors - is to advocate the investors interests throughout the facility construction period to the manager and developer.

Authorized representatives of the Investors' Council should participate in the construction control with manager. Such control should be real, it involves measuring of the developer’s actual work done in the weekly work.

In the case of a situation that threatens the successful construction completion, the manager, developer and the Investors Council must jointly work out measures to prevent or already overcome the crisis. Representatives of the Investors Council should be part of the State Commission when the facility is commissioning. Upon construction completion, the Investors' Council turns into the organization of co-owners of multi-storey buildings (Condominiums) and already operates the built-up facility.

In the case of, in the opinion of the Investors Council, the manager does not fulfill his duties in defending the interests of investors, the Investors' Council has the right to apply to the higher financial institution of the Financial Services Commission to take measures even before the change of manager.

The purpose of such unit formation - voluntary association of investors - is to advocate the investors interests throughout the facility construction period to the manager and developer.

Authorized representatives of the Investors' Council should participate in the construction control with manager. Such control should be real, it involves measuring of the developer’s actual work done in the weekly work.

In the case of a situation that threatens the successful construction completion, the manager, developer and the Investors Council must jointly work out measures to prevent or already overcome the crisis. Representatives of the Investors Council should be part of the State Commission when the facility is commissioning. Upon construction completion, the Investors' Council turns into the organization of co-owners of multi-storey buildings (Condominiums) and already operates the built-up facility.

In the case of, in the opinion of the Investors Council, the manager does not fulfill his duties in defending the interests of investors, the Investors' Council has the right to apply to the higher financial institution of the Financial Services Commission to take measures even before the change of manager.

Conclusions

1. Studies conducted showed that, despite the measures taken by legislators, when investing in housing at the stage of construction through the CFF, the investor risks: not getting an apartment; not to get an apartment in the agreement specified terms; to get an apartment with low consumer characteristics; not return the invested funds; in case of refusal from further participation in the CFF to receive funds in an amount less than was invested in the fund, or insufficient for investing in another object (apartment), similar in its consumer characteristics.

2. The decision to invest with the CFF application should consist of two stages: at the first stage the manager chooses an investment project, its initiator and owner-developer; in the second stage the investor selects the investment object.

3. Formulated selection principles and developed model of manager's choice of the developer will allow the manager to evaluate the investment project risks before its implementation, take measures to reduce risks before the investment stage and make a reasonable decision on the feasibility of implementing such a project in general.

4. The proposed principles, model and method of the investment object investor's selection will facilitate the investor to make informed choices, allow him to assess investment risks, choose the least risky option of investing or take certain risks consciously.

5. The continuity between the assessment and control of risk pre-investment and after-investment stage is provided by the system of control over the preconditions for the investment risks emergence, which combines mechanisms for reducing investment risks in residential construction in the pre-investment and after investment stages.

6. The list of documents at all stages for the CFF mechanism participants is offered. It will facilitate the effective implementation of their functions, including control ones.

7. The mechanisms for reducing investment risks in the pre-investment and post-investment stages are being developed. The proposed measures to improve the legislation will increase the confidence of private investors in financing construction through the CFF, will help increase the confidence of private investors in financing construction through the CFF, and thus increase the volume of investment in housing construction due to the private investors and the exit of the construction industry out of the financial crisis.

References

1. Chernyavs′kyy A. A. Metody vyznachennya efektyvnosti diyal′nosti budivel′nykh orhanizatsiy v umovakh rynkovoyi ekonomiky /A. A.Chernyavs′kyy // Ekonomika ta derzhava. - №10.-2014. - S. 54-56.

2. Vakhovych I. V. Investytsiyni ryzyky finansuvannya zhytlovoho budivnytstva v Ukrayini / I.V.//Shlyakhy pidvyshchennya efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannya rynkovykh vidnosyn: zb. nauk. prats′. - K.:KNUBA, 2016- Vyp. 19. - S. 31-34.

3. Zmenshennya ryzykiv investuvannya u zhytlove budivnytstvo na pereddohovirniy stadiyi / O.V. Slipenchuk //Shlyakhy pidvyshchennya efektyvnosti budivnytstva v umovakh formuvannya rynkovykh vidnosyn: Zb. nauk. prats′. - K.: KNUBA, 2013r.- Vyp. 20. - S. 32-37.

4. Yatsenko I.V. dosvid i problemy investytsiynoyi polityky Ukrayiny //. Prohrama mizhnar. nauk.-prakt. konf. «Derzhavne rehulyuvannya rynku pratsi:suchasni tekhnolohiyi ta napryamy yikh rozvytku». – K.:IPK DSZU, 2005.- CH.P.

РИЗИКИ ПРИВАТНИХ ІНВЕСТОРІВ ПРИ ФІНАНСУВАННІ ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА

Соколова Наталія Михайлівна, Національний транспортний університет, кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном, e-mail: nata_ns@ukr.net, тел. +380442807909, +0675872662, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 206. https://orcid.org/0000-0003-0678-8882.
Яценко Богдан Ігорович, кандидат економічних наук, Державний університет інфраструктури транспорту, super_inna@ukr.net, tel. 0939989850, Україна, 04071, Київ, вул. Кирилівська, 9. https://orcid.org/0000-0001-7080-7254
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. +3804428027338, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 138., https://orcid.org/0000-0003-0422-2535
Усиченко Олена Юріївна, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри будівництва та експлуатації доріг, fbbk@ukr.net, тел. +380442803942, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 138. https://orcid.org/0000-0002-7482-8420

Анотація. У роботі розглянуті особливості функціонування механізму фінансування жиліщного будівництва через фонди фінансування будівництва (ФФБ). Визначено, що при вкладенні коштів в будівництво через ФФС інвестор ризикує: не одержати квартиру; не одержати квартиру в установлений договором строк; не повернути інвестовані кошти; в разі відмови від участі у ФФБ отримати назад суму, меншу, ніж була вкладена або недо-статочно для інвестування в об'єкт з аналогічними споживчими характеристиками. Визначено основні передумови виникнення інвестиційних ризиків при ФФБ на перед- і після інвестиційних стадіях.

Виявлено двостадійна природа прийняття рішення про інвестування при ФФБ: на першій стадії управитель, діючи в інтересах інвестора, вибирає забудовника і створює з ним ФФБ, на другий-інвестор вибирає для інвестування конкретний ФФБ (об'єкт). Опрі-розділені основні принципи вибору управителем забудовника. Вибір управителем забудовника повинен базуватися на аналізі інвестиційного проекту, що пропонується забудовником, і власне організації забудовника. В якості основного критерію оцінки інвестиційного проекту пропонується ймовірність продажу всіх квартир в житловому будинку в установлені терміни при обраної цінової стратегії. Забудовник оцінюється по 17 критеріям, вибирається той, хто набрав найбільшу кількість балів і визнаний фінансово-стабільним і платоспроможний-ним.

Інвестор, в свою чергу, при виборі об'єкта інвестування, повинен оцінити з точки зору споживчої інвестиційної привабливості, своїх фінансових можливостей, довіри до управителя та забудовника, які організували цей ФФБ. Для математичної ін-інтерпретації завдання вибору інвестором об'єкта інвестування в роботі застосований апарат нечіткої логіки. Пропонується здійснювати вибір об'єкта в сім етапів, по черзі оціни-вая кожен альтернативних об'єктів по одному з критеріїв. Об'єкт, що не задовольняють значенням того чи іншого критерію, вибуває з подальшого розгляду. Таким чином, інвестор відкидає найбільш ризиковані варіанти інвестування або приймає ризик свідомо. Розроблено методику вибору інвестором об'єкта інвестування, відпрацьована на прикладі будівництва 12 житлових будинків в місті Києві.

На післяінвестиційного стадії основна функція інвестора полягає в контролі перед-посилок виникнення ризиків, характерних для цієї стадії, і виділених при аналізі об'єктивним тов на доінвестиційонной стадії. Для забезпечення реалізації цієї функції запропоновано ство-вать Поради інвесторів -

громадські добровільні об'єднання інвесторів. Розроблено систему контролю за передумовами виникнення ризиків. Суб'єктами цієї системи є Державний комітет по контролю за ринками фінансових послуг, органи Державно-го архітектурно будівельного контролю, управитель ФФБ, інвестор, аудитор, Рада інвестор-рів. Система включає як уже передбачені чинним законодавством функції, так і додаткові, запропоновані здобувачем. Розроблено пропозиції щодо здійснений-ствованию діючої законодавчої бази з питань ФФБ.

Ключові слова: інвестування житлового будівництва, фонд фінансування будівництва, передумови виникнення ризиків, система контролю, об'єднання інвесторів.

Перелік посилань

1. Чернявський А.А.Методи визначення ефективності діяльності організації в умовах ринкової економіки/ А.А. Чернявський //Економіка та держава. . – №10.-2014. – с. 54-56.

2. Вихович І.В. Інвестиційні ризики фінансування житлового будівництва в Україна/ І.В. Вихович// Шляхи підвищнггя ефективності в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. –К.: КНУБА, 2016 – Вип.19. –с.31-34.

3. Зменшення ризиків інвечтуванняв житлове будівництво на переддоговірній стадії/О.В. Сліпінчук// Шляхи підвищнггя ефективності в умовах формування ринкових відносин: зб. наук. праць. –К.: КНУБА, 2016 – Вип.20. –с.32-37.

4. Яценко І.В. Досвід і проблеми інвестеційної політики України//Програма міжнародної науково-практичної конференції “ Державне регулювання ринку праці: сучасні технології та напрямки їх розвитку”. –К.: ІПК ДСЗУ,2005. - КНУБА, 2016 – Вип.20. –с.32-37. ЦН.П.