УДК 625.7/.8
UDC 625.7/.8
DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-012-021

ДОСЛІДЖЕННЯ АСПЕКТІВ ЗНИЖЕННЯ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНОГО ТРАВМАТИЗМУ НА ОСНОВІ ЗАКОРДОННОГО ДОСВІДУ

RESEARCH OF ASPECTS OF REDUCING ROAD TRAFFIC INJURIES BASED ON ABROAD EXPERIENCE



***Бондаренко Людмила Петрівна**, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра транспортного будівництва та управління майном, доцент, luda_bond@ukr.net, тел.+380442803942,*

https://orcid.org/0000-0002-8239-065X



***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



***Прокопчук Наталія Аркадіївна,** Національний транспортний університет, кафедра транспортного будівництва та управління майном, старший викладач, narkadia.kiev@gmail.com, тел.+380442803942*

https://orcid.org/0009-0001-8830-8928

Анотація: В роботі розглянуто основні показники вимірювання безпеки дорожнього руху на основі Європейського досвіду та країн Світу. Визначено, що основних показників, що дозволяють якісно оцінити безпекові показники є три, вони показові у випадку максимально достовірних даних про кількість населення, функціонуючі транспортні засоби та обліку довжини шляхів, що проходять ці транспортні засоби. Здійснено оцінку статистичних даних смертності внаслідок ДТП на основі звіту за 2022 рік V Міжнародного транспортного форуму. Вивчено дані цих країн про кількість загиблих на 100 000 тисяч населення та відмічена тенденція до зниження негативних наслідків від ДТП.

Дослідження закордонного досвіду дає можливість визначити основні напрямки, за якими можна оцінити безпекові показники на дорогах України, а також зрозуміти ефективність програм, що запроваджуються в нашій державі.

Згідно основної фінансової оцінки наслідків ДТП, в прив'язці до ВВП держави, наведена вартісна оцінка соціально-економічних втрат України від зазначених вище подій. Відмічено величезні фінансові витрати держави і, звісно, фізичні втрати населення. Досліджено програму дій України в частині безпеки дорожнього руху та визначено основні напрямки дій країн світу щодо досягнення нульової смертності внаслідок ДТП.

Ключові слова: безпека дорожнього руху, автомобільний транспорт, попередження травматизму, смертність в наслідок ДТП, вартісна оцінка соціально-економічних втрат, стратегія у сфері безпеки дорожнього руху, концепція нульової смертності.

Вступ. За Конституцією України найвищою соціальною цінністю є життя, здоров'я і безпека людини. Постійний контроль забезпечення безпеки дорожнього руху і вжиття заходів для її удосконалення доводить також і європейський досвід. Країни Європи постійно працюють над стратегіями забезпечення безпеки дорожнього руху та їх впровадженням в життя. Основою цих стратегій є головна теза, згідно з якою ніхто не повинен загинути або отримати серйозні травми під час дорожнього руху. Висока аварійність на автомобільному транспорті та тяжкі втрати завдають негативних соціальних та економічних наслідків. Кількість загиблих внаслідок дорожньо-транспортних подій (далі ДТП) в Україні у сім-десять разів більша, ніж в розвинених країнах. Одночасно з цим, Європейський Союз, згідно з ціллю ООН, ухвалив стратегію зменшення смертності внаслідок ДТП на 50% до 2030 року. Недосконала нормативно-правова система з питань безпеки руху перешкоджає забезпеченню зменшення шкідливих наслідків та причин виникнення ДТП. Причини смертності не вивчаються достатньо ретельно та не аналізуються потрібним чином. Зниження показників аварійності в 1990-2000 роках співпадає з часом спаду в економіці та дефіцитом пального, що викликало зниження інтенсивності транспортного потоку. Проте, останніми роками кількість транспортних засобів значно зросла, здійснювалось відновлення та розбудова транспортних шляхів, збільшення середніх швидкостей пересування, що призвело до швидкого росту показників смертності громадян України в ДТП. До соціальних та економічних втрат додається ще й необхідність витрат на відшкодування втрати члена сім'ї або ж на утримання члена родини, що отримав травму. Якщо тенденція до збільшення травм або смертності від ДТП продовжиться, то за даними ВООЗ в найближче десятиліття, число осіб що мають інвалідність зросте на 60% і займе лідируючу позицію серед причин отримання інвалідностей. Для нашої країни питання забезпечення інвалідів є складним та таким, що потребує великого обсягу фінансування. На даний час держава критично потребує вдосконалення системи контролю та аналізу причин виникнення ДТП.

Матеріали та методи. Методологічною основою виступає науковий підхід до аналізу питань дослідження шляхом використання статистичного, формально-логічного, та комплексного методів дослідження. Джерелами дослідження є Конституція України, аналіз аварійності на транспорті України Міністерства інфраструктури України та Річний звіт з безпеки дорожнього руху 2022.

Метою роботи є розгляд проблеми підвищення ефективності заходів з попередження травматизму на дорогах України. В сучасному світі дорожній транспорт є вагомою складовою в розвитку людства й суспільства через необхідність перевезення людей та товарів, забезпечення доступу до робочих місць, освіти, медичного обслуговування і ін. постійне та значне користування автомобільним транспортом наражає користувачів на небезпеку виникнення ДТП, що можуть мати негативні наслідки для життя та здоров'я. Показники цих наслідків будуть зростати, якщо не вживати заходів щодо їх зниження. Тому необхідно виділити основні фактори оцінки травматизму через ДТП та показники, що дають можливість побачити зміни цих характеристик. Здійснити це можливо шляхом вивчення офіційних статистичних даних міжнародних організацій, які здійснюють постійний моніторинг безпеки руху автомобільного транспорту.

Результати та пояснення. Для попередження травматизму на дорогах, доцільно вивчати прогресивний досвід країн Європейського Союзу (далі – ЄС). Виважені та всеосяжні національні

закони та нормативні документи галузі безпеки дорожнього руху позитивно впливатимуть на зниження травматизму та смертності в ДТП.

Законодавчі бази різних країн мають відмінності. Ці відмінності залежать і від злагодженості роботи всіх систем в суспільстві: парламенту, органів державної влади, громадських організацій, засобів масової інформації, громадянського суспільства і т.д.

Тому, для досягнення поставленої цілі, а саме визначення шляхів зменшення травматизму та смертності від ДТП, необхідно проаналізувати досвід країн ЄС та відмітити можливі механізми для запровадження в Україні.

До основних показників, які дозволяють зменшувати травматизм внаслідок дорожньо-транспортних пригод можна віднести наступні:

- Вивчення європейського досвіду відповідальності за скоєні злочини внаслідок автотранспортної пригоди;
- Дослідження впливу праці водіїв на безпеку перевезень автомобільним транспортом;
- Дослідження європейського досвіду попередження травматизму внаслідок ДТП.

Згідно даних V Міжнародного транспортного форуму, що пройшов у 2022 році маємо наступні три показники вимірювання безпеки дорожнього руху:

- По-перше, кількість смертельних випадків на душу населення. Найбільш часто використовуваним знаменником є кількість жителів (на 100 000 або мільйон), оскільки ця цифра є легкодоступною в більшості країн. Цей показник виражає загальний ризик загибелі в ДТП середнього громадянина. Його можна порівняти з іншими причинами смерті (наприклад, коронарними захворюваннями чи ВІЛ/СНІДом). Це також корисно під час порівняння ризиків у країнах із подібним рівнем автомобілізації. Немає сенсу порівнювати рівні безпеки між високо моторизованими країнами та країнами з низьким рівнем моторизації.

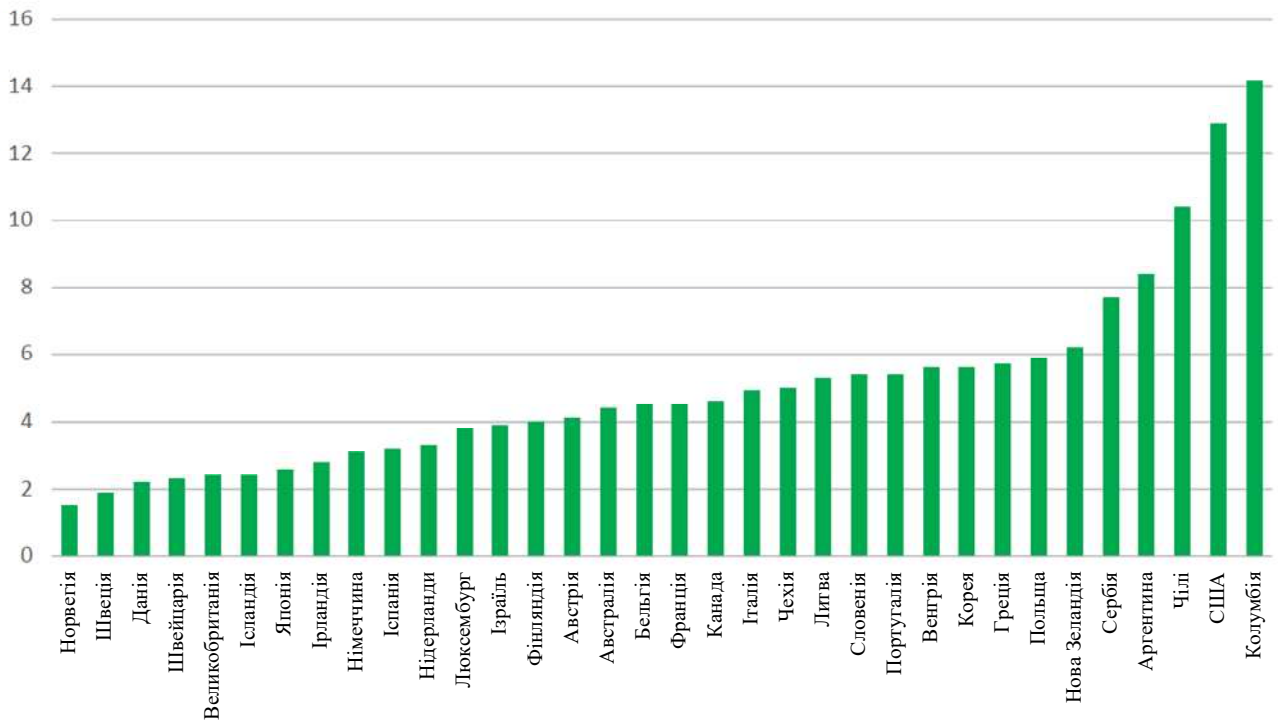


Рисунок 1 – Кількість ДТП на 100 000 жителів
Figure 1 – Road fatalities per 100 000 inhabitants

• По-друге, кількість смертельних випадків на відстань, пройдену моторизованими транспортними засобами. Цей показник характеризує якість безпеки дорожнього руху. Теоретично це найкращий показник для оцінки рівня ризику дорожньої мережі. Однак, він не враховує безмоторні транспортні засоби (наприклад, велосипеди). У деяких країнах безмоторні транспортні засоби становлять значну частину автопарку, що є причиною смертності на дорогах. Крім того, лише обмежена кількість країн збирає дані про пройдену відстань. Ризик смертності зазвичай виражається у кількості смертей на дорогах на мільярд авто-кілометрів.

• По-третє, кількість смертельних випадків на кількість зареєстрованих моторизованих транспортних засобів є альтернативою вимірюванню смертельних випадків на пройдену відстань, хоча вона не враховує фактичний обсяг руху. Це корисно лише для порівняння показників безпеки в країнах із подібними характеристиками руху та використання транспортних засобів. Також потрібна надійна статистика щодо кількості транспортних засобів. У деяких країнах утилізовані транспортні засоби систематично не видаляються з реєстраційних баз даних, що підриває точність цього показника. Так само цей індикатор не враховує немоторизовані транспортні засоби (наприклад, велосипеди), які становлять значну частину парку транспортних засобів (і показники смертності) у деяких країнах. Цей показник зазвичай виражається як кількість загиблих на 10 000 зареєстрованих моторизованих транспортних засобів.

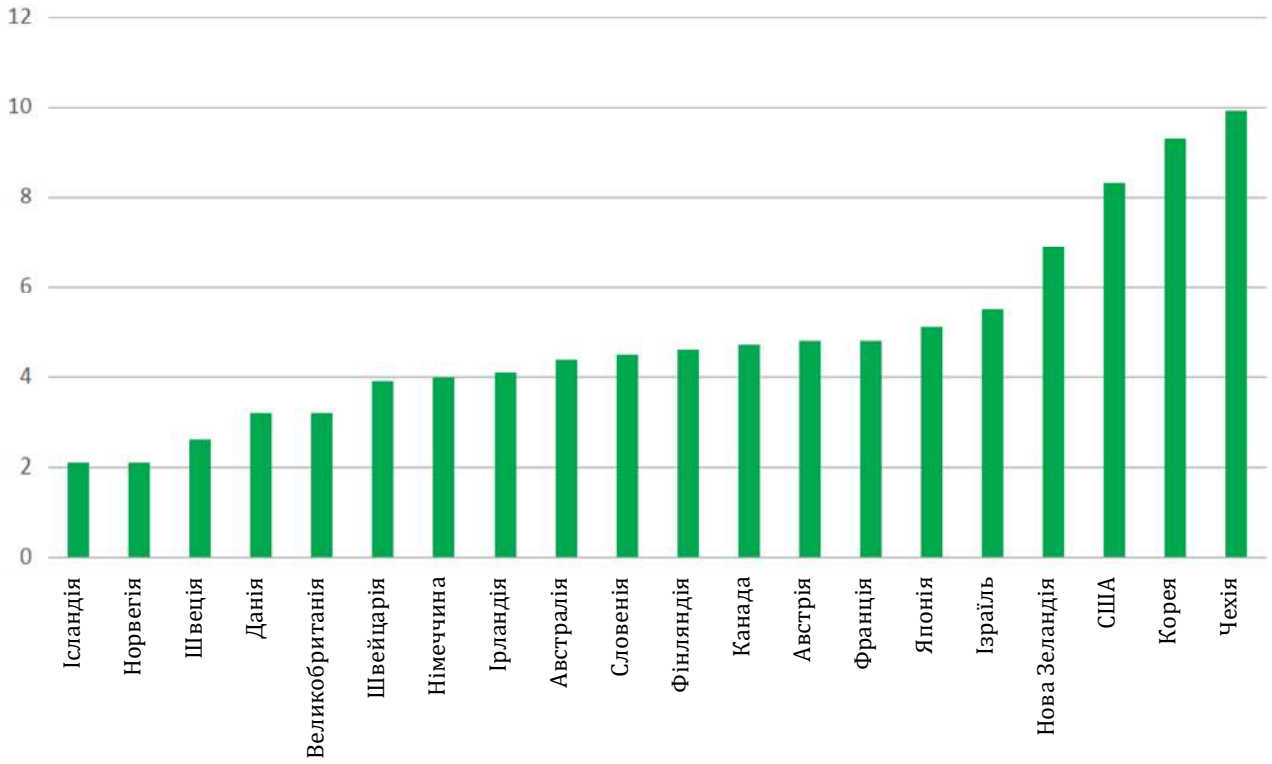


Рисунок 2 – Кількість ДТП на 1 000 000 пройдених кілометрів
Figure 2 – Road fatalities per billion vehicle-kilometers

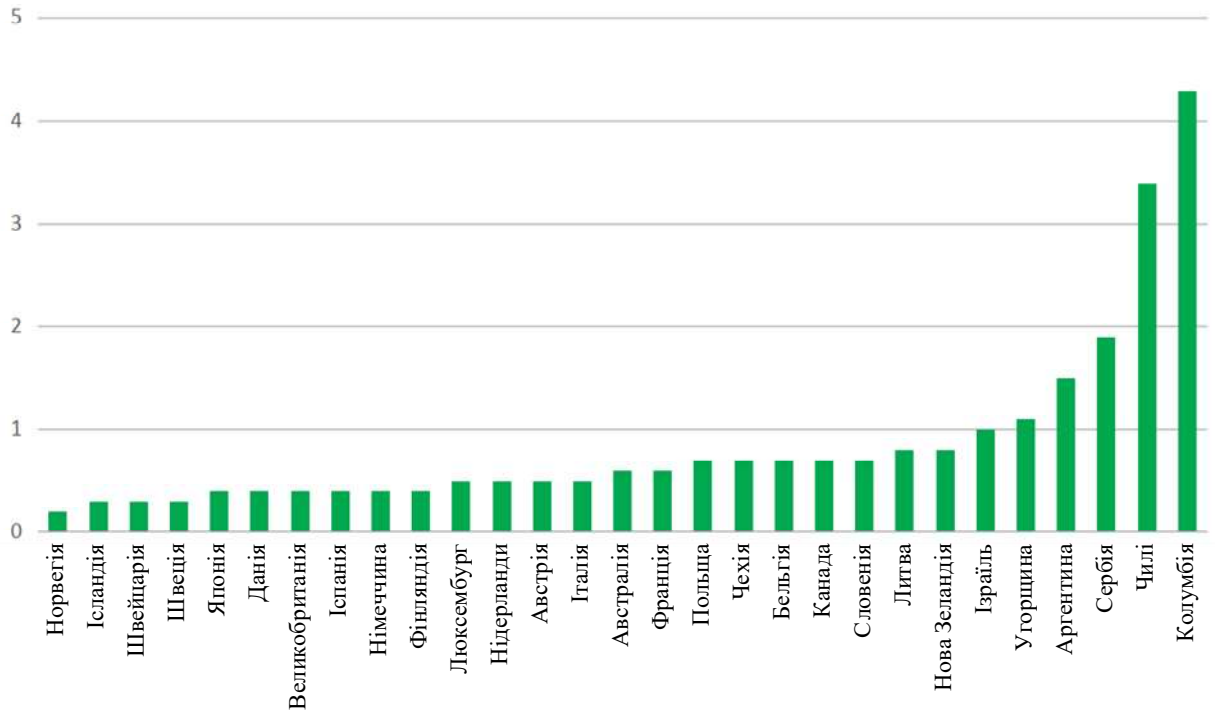


Рисунок 3 – Кількість ДТП на 10 000 зареєстрованих транспортних засобів
Figure 3 – Road fatalities per 10 000 registered vehicles

З рисунку 1 видно, що Норвегія зафіксувала найнижчий рівень смертності за останні десятиліття серед країн-учасниць The International Traffic Safety Data and Analysis Group (далі IRTAD) – 1,5 смерті на 100 000 жителів у 2021 році. Востаннє країна IRTAD досягла нижчого рівня смертності в 2014 році, коли Ісландія зафіксувала рівень 1,2. У 2021 році у восьми країнах рівень смертності був нижче трьох: Норвегія (1,5), Швеція (1,9), Данія (2,2), Швейцарія (2,3), Великобританія (2,4), Ісландія (2,4), Японія (2,6).

Ще 23 країни мали показники від 3 до 9 смертей через ДТП на 100 000 жителів. Три країни мали рівень смертності вище 10: Чилі (10,4), Сполучені Штати (12,9) і Колумбія (14,2).

Показники смертності також відрізняються в різних регіонах і в країнах, які не включені в базу даних IRTAD. Наприклад, у Глобальному звіті ВООЗ про безпеку дорожнього руху (2018) повідомляється про середній рівень смертності 26 смертей на 100 000 жителів Африки, хоча ці дані стосуються 2016 року.

Рівень смертності, виміряний за кількістю моторизованих транспортних засобів у парку, коливався від 0,2 до 4,3 смертельних випадків на 10 000 зареєстрованих транспортних засобів у 2021 році в країнах із підтвердженими даними.

Загалом 12 країн зареєстрували показники нижче 0,5: Норвегія, Ісландія, Швейцарія, Швеція, Японія, Данія, Великобританія, Іспанія, Німеччина, Фінляндія, Люксембург та Нідерланди.

Ризик смертельних випадків у 2021 році був найвищим у Колумбії та Чилі (4,3 та 3,4 смертельних випадків на 10 000 транспортних засобів відповідно). Відповідно до цього показника, ризик смертельних ДТП у 22 рази вищий в Колумбії ніж у Норвегії.

Потрібно відміти, що в розвинених країнах зберігається стабільна тенденція до зменшення показника смертності на дорогах. У 2015 році лідерами за абсолютними річними показниками за кількістю смертей на 100 тисяч населення у дорожньо-транспортних пригодах в Європі є Швеція – 2,8, Норвегія – 3,3, Швейцарія – 3,6, Німеччина – 4,2. За період 2018 року, у цих країнах відбулася відповідна кількість смертей Швейцарія – 2,7, Норвегія – 2,7, Швеція – 2,8, Німеччина – 4,1. На 2021 рік маємо ще нижчі показники: Швейцарія - 2,3, Норвегія - 1,5, Швеція - 1,9, Німеччина – 3,2.

Для порівняння, в Україні кількість смертей на 100 тисяч населення у дорожньо-транспортних пригодах в 2015 році складала – 9,7, а в 2018 році – 13,7. Нажаль, в Україні спостерігається зворотна тенденція по смертях у ДТП на 100 тисяч населення та в наступні роки цей показник не досяг значного зменшення.

При загальному зменшенні у 2020 році кількості транспортних подій на 18 % (з 4 923 транспортних подій у 2019 році до 4 039 – у 2020), збільшився рівень тяжкості наслідків таких подій. Питомі показники, що дають змогу визначити рівень тяжкості наслідків транспортних подій, свідчать про збільшення цього рівня у 2020 році у порівнянні з 2019 роком на 22 % (кількість загиблих внаслідок таких подій, на 100 таких подій, у 2020 році становила 13,77 проти 11,29 у 2019 році) та 37 % (кількість загиблих внаслідок таких подій, на 100 постраждалих внаслідок таких подій, у 2020 році становила 29,46 проти 21,58 у 2019 році). Разом з цим, рівень тяжкості наслідків цих подій для травмованих осіб зменшився на 20 % (кількість травмованих внаслідок таких подій, на 100 таких подій у 2020 році становила 32,96 проти 41,04 у 2019 році). При цьому, загальна кількість загиблих внаслідок транспортних подій залишилася на рівні 2019 року (у 2020 році внаслідок таких подій загинуло 556 осіб), а кількість травмованих – зменшилася на 34 % (з 2 020 осіб у 2019 році до 1 331 – у 2020). Значна кількість транспортних подій, що сталися на транспорті в Україні протягом 2019 – 2020 рр., а також постраждалих внаслідок таких подій осіб, впливає на економіку та сферу охорони здоров'я України.

Дослідження, проведене багатьма країнами, визначило загальне правило, згідно з яким кожна смерть однієї особи, допущена внаслідок ДТП, коштує країні близько 70 ВВП на одну особу, а кожне серйозне травмування людини, допущене внаслідок ДТП, коштує приблизно 17 ВВП на одну особу. Якщо застосовувати це правило до показників, наведених вище, стає зрозуміло, що вартісна оцінка соціально-економічних втрат України (без врахування матеріальних витрат, пов'язаних з пошкодженням майна та зниженням продуктивності праці) від цих транспортних подій та їх наслідків лише за 2020 рік становить близько 224,647 млн доларів США (0,15 % ВВП).

При цьому, вартісна оцінка соціально-економічних втрат України (без врахування матеріальних витрат, пов'язаних з пошкодженням майна та зниженням продуктивності праці) від зазначених вище транспортних подій, що сталися протягом 2019 – 2020 рр., та їх наслідків становить близько 494,976 млн доларів США (табл.1).

Таблиця 1 - Вартісна оцінка соціально-економічних втрат України
Table 1 - Valuation of socio-economic losses of Ukraine

Рік	Кількість загиблих осіб	Кількість травмо-ваних осіб	Загальна кількість населення України (осіб)	ВВП (млрд. дол. США)	ВВП на одну особу (млрд. дол. США)	Загальна вартісна оцінка соціально-економічних втрат України (млн дол. США)	Загальна вартісна оцінка соціально-економічних втрат України (% ВВП)
2019	556	2020	42 027 809	153,9	3690	270,329	0,18
2020	556	1331	41 745 385	151,54	3650	224,647	0,15
Всього	1112	1533	-	-	-	494,976	-

19 – 20 лютого 2020 року в Стокгольмі (Швеція) відбулася Третя всесвітня міністерська конференція з безпеки дорожнього руху, за результатами якої міністрами і главами делегацій, а також представниками міжнародних, регіональних і субрегіональних урядових і неурядових організацій та приватного сектору, які взяли участь у цій конференції, підписано Стокгольмську Декларацію «Третя всесвітня міністерська конференція з безпеки дорожнього руху: досягнення глобальних цілей 2030». Учасниками цієї конференції були і представники від України.

Результатом участі в цій конференції мали стати наступні кроки:

1. Встановити цільові показники зменшення кількості смертей і серйозних травм для всіх груп учасників дорожнього руху, особливо найбільш вразливих, таких як пішоходи, велосипедисти, мотоциклісти, користувачі громадського транспорту;

2. Вивчити взаємозв'язок між безпекою дорожнього руху, здоров'ям, в тому числі психічним, розвитком, освітою, справедливим ставленням, гендерною рівністю, стійкими містами, навколишнім середовищем та зміною клімату, а також вивчити соціальні детермінанти безпеки і взаємозалежність між різними цілями сталого розвитку, враховуючи, що цілі сталого розвитку і цільові показники інтегровані і неподільні;

3. Забезпечити, щоб законодавство і стандарти проектування та будівництва доріг, ТЗ і використання автомобільних доріг, відповідали принципам безпечної системи (Safe System), а також удосконалити законодавство в частині забезпечення дотримання таких законодавства і стандартів та посилення відповідальності за їх недотримання;.

4. Прискорити перехід до більш безпечних, екологічно чистих, енергоефективних і доступних видів транспорту і пропагувати більш фізично активні способи пересування, наприклад ходьбу і їзду на велосипеді, і інтегрувати їх з використанням громадського транспорту для досягнення стійкості;

5. Зосередити увагу на швидкості, у тому числі на посиленні контролю з метою запобігання перевищень лімітів, і встановити максимальну швидкість руху на рівні 30 км/год у тих районах, де вразливі учасники дорожнього руху (пішоходи, велосипедисти, мотоциклісти, користувачі громадського транспорту) і ТЗ перетинаються часто і на систематичній основі;

6. Запровадити процедуру контролю за оснащенням всіх вироблених і проданих в Україні ТЗ належними системами безпеки до 2030 року, а також передбачити стимули для заохочення використання таких ТЗ;

7. Впровадити механізм звітування органами державної та місцевої виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, суб'єктами господарювання, а також всіма сферами та секторами економіки, щодо досягнення цілей сталого розвитку, пов'язаних з безпекою дорожнього руху;

8. Передбачати, щоб вказані заінтересовані сторони застосовували принципи безпечної системи (Safe System) до всього ланцюжка створення вартості, включаючи процедури закупівель, виробництва і дистрибуції, а також впровадити звітування за показниками безпеки дорожнього руху в їх власні звіти в сфері сталого розвитку;

9. Впровадити механізми стимулювання збільшення інвестицій у сферу безпеки дорожнього руху.

За Національною стратегією у сфері безпеки дорожнього руху очікується досягнення таких основних результатів:

- зменшення рівня смертності внаслідок ДТП на 100 000 населення – на 50 % до 2030 року; зменшення кількості отриманих тяжких травм внаслідок ДТП на 100 000 населення – на 50 % до 2030 року;
- створення міжвідомчого органу управління безпекою дорожнього руху;
- скорочення макроекономічних втрат суспільства від ДТП – на 50 % до 2030 року;
- запровадження системи обов'язкових та добровільних сповіщень та створення електронної бази даних; забезпечення ефективної та прозорої діяльності органу з безпеки та органу з розслідування транспортних подій;
- забезпечення належного рівня безпеки під час перевезення небезпечних вантажів; удосконалення системи сертифікації та ліцензування;
- запровадження та забезпечення ефективного функціонування системи управління безпекою на транспорті з урахуванням європейських стандартів та впровадження системи управління ризиками на транспорті;
- запровадження програми раннього навчання правилам безпеки поводження на транспорті та вивчення правил дорожнього руху;
- зменшення обсягу викидів парникових газів в атмосферне повітря від пересувних джерел до 60 % рівня 1990 року, зокрема завдяки збільшенню частки громадського транспорту та електротранспорту, електробусів, велосипедів; зменшення сумарного обсягу викидів в атмосферне

повітря забруднюючих речовин від пересувних джерел, умовно приведеного до оксиду вуглецю з урахуванням відносної агресивності основних забруднювачів, до 70 % (від рівня 2015 року);

- збільшення частки використання електротранспорту та електромобілів, зокрема доведення частки електротранспорту у внутрішньому сполученні до 75 %, у 2030 році;
- збільшення рівня застосування альтернативних видів палива та електроенергії до 50 % до 2030 року; зменшення питомих витрат палива на 10 тонно-кілометрів на 30 % до 2030 року.

В країнах-учасницях IRTAD для ефективного попередження ДТП виділяють впровадження належного та жорсткого управління безпекою дорожнього руху, що включає в себе:

а) максимальний розвиток немоторизованих видів пересування., тобто створення та забезпечення комфортних умов для пересування пішоходів та велосипедистів;

б) розвиток мережі громадського транспорту. Переважна більшість розвинених держав витрачають великі кошти на розвиток громадського транспорту, що дозволяє охопити велику кількість населення та забезпечити їх комфортними та зручними умовами пересування;

в) введення оплати за користування власним транспортом в містах. Велика кількість держав спрямовують діяльність в сфері безпеки задля забезпечення зменшення кількості власних автомобілів;

г) зонування територій міст, що дозволяє зберегти їх історичні частини від руйнування, ширше використовувати громадський транспорт та покращити стан навколишнього середовища;

д) структуризація вулично-дорожньої мережі шляхом створення швидкісних магістралей, що є продовженням приміських;

є) інформаційний супровід учасників дорожнього руху, що дає можливість користувачам швидко та ефективно орієнтуватись в ситуації, що є на шляху слідування та об'їзд небезпечних або ускладнених ділянок;

ж) технічна організація руху з використанням радарів та пристроїв радіо-попередження, за допомогою яких можливо запобігти зіткнення на шляхах і – як результат – смерті учасників дорожнього руху;

з) створення безпечного дорожнього середовища.

Кілька країн нещодавно випустили нові стратегії безпеки дорожнього руху у відповідь на Глобальний план дій на десятиліття з безпеки дорожнього руху 2021-30. У 2022 році група IRTAD провела опитування своїх членів щодо їхніх поточних стратегій та цілей безпеки дорожнього руху.

Серед 33 опитаних країн 23 або прийняли нову стратегію до 2030 року, або працюють над нею. У тексті національних стратегій безпеки дорожнього руху 28 із 33 опитаних країн прямо згадується підхід безпечної системи або Vision Zero.

Більшість країн прийняли цілі щодо зменшення кількості смертей на дорогах. Серед 33 опитаних країн 19 мають ціль, узгоджену з ціллю ООН, скоротити на 50% кількість смертей на дорогах до 2030 року.

Базова лінія для цієї цілі різна. 2020 рік був би природною базовою лінією для десятиліття 2021-2030 років. Однак, через пандемію Covid-19 смертність на дорогах у більшості країн у 2020 році була надзвичайно низькою. Таким чином, використання даних за 2020 рік як базового рівня зробить ціль до 2030 року ще більш складною.

Більшість країн IRTAD обрали або 2019 рік, або середнє значення за 2017-19 роки як базову лінію для своїх цілей на 2030 рік. Деякі країни встановили конкретні цілі для конкретних учасників дорожнього руху (зосереджуючись, наприклад, на дітей, пішоходів або велосипедистів).

Сім країн (Австралія, Бельгія, Фінляндія, Ірландія, Нідерланди, Нова Зеландія та Іспанія) чітко вказали у своїх стратегіях на довгострокову мету звести нуль смертності на дорогах до 2050 року. У 2020 році Європейський Союз прийняв «Політику безпеки дорожнього руху на 2021-30 роки» (ЄС, 2020), метою якої є скорочення вдвічі кількості смертельних випадків і серйозних травм на європейських дорогах до 2030 року. Ця мета є віхою на шляху до нульової кількості смертельних випадків і серйозних травм до 2050 року.

Зменшення кількості людей, які отримали серйозні травми під час дорожнього руху, є основою підходу безпечної системи. Серед 33 досліджуваних країн 21 також поставили собі за мету зменшити

кількість людей, які отримали серйозні травми в ДТП. Це є значним прогресом у порівнянні з періодом, який збігся з першим десятиліттям дій щодо безпеки дорожнього руху (2011-2020 рр.), коли дуже мало країн займалися проблемою серйозних травм.

Загалом 14 опитаних країн прийняли мету скоротити вдвічі кількість серйозних травм до 2030 року. Чотири країни мають трохи менш амбітну ціль скорочення на 20-40%.

Висновки. Найбільшою та основною проблемою в Україні лишається відсутність розробленого та впровадженого комплексного підходу до визначення та зменшення аварійності на дорогах.

Розглянутий досвід країн ЄС в сфері безпеки дорожнього руху та зниження показників смертності в наслідок ДТП дає можливість зрозуміти основні напрямки діяльності держави для швидкого та ефективного впровадження системи по зниженню травматизму та смертності на дорогах.

Особливе місце слід виділити для концепції так званої нульової смертності. Головна мета цієї концепції – не зменшення кількості ДТП, а скорочення кількості випадків отримання тілесних ушкоджень учасниками дорожнього руху. Головним напрямком реалізації концепції є створення безпечного дорожнього середовища, підвищення безпеки пересування транспортних засобів та вантажу.

Важливо змінити також систему розслідування ДТП з летальними випадками та виконувати більш широкий аналіз причин, що призводять до цих подій.

Розробка та впровадження ефективних заходів дозволять зберегти максимально можливу кількість життів, а також значно зменшити витрати держави на наслідки ДТП різних видів.

Перелік посилань

1. Конституція України: Прийнята на п’ятій сесії Верховної ради України 28 червня 1996 р. Із змінами внесе ними Законом України від 8 грудня 2004 р. № 2222 IVI. Станом на 1 січня 2006 р. –К., 2006. – 124 с.

2. Закон України від 19.11.1992 № 2801XII «Основи законодавства України про охорону здоров’я» – Доступ з інтернету. –www.rada.gov.ua

3. Доповідь про безпеку дорожнього руху в світі 2015. Женева : Всесвітня організація охорони здоров’я (ВООЗ), 2015.

URL: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en

4. Доповідь про безпеку дорожнього руху в світі 2018. Женева : Всесвітня організація охорони здоров’я (ВООЗ), 2018.

URL: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en

5. Річний звіт з безпеки дорожнього руху 2022. Париж.

URL: https://www.itf-oecd.org/road-safety-annual-report-2022.

6. Міністерство інфраструктури України. Директорат з безпеки на транспорті. Аналіз аварійності на транспорті України за 2020 рік. Київ-2021 рік.

RESEARCH OF ASPECTS OF REDUCING ROAD TRAFFIC INJURIES BASED ON ABROAD EXPERIENCE

Bondarenko Liudmyla P., PhD (Candidate of Technical Science), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Transport Construction and Property Management,luda_bond@ukr.net, тел.+380442803942, https://orcid.org/0000-0002-8239-065X

Kushnirova Oksana M., National Transportation University, Department of Transportation Construction and Property Management, Senior Lecturer, kushnirovao@gmail.com, тел.+380442803942, https://orcid.org/0000-0001-6011-5609

Prokopchuk Natalia A., National Transportation University, Department of Transportation Construction and Property Management, Senior Lecturer, narkadia.kiev@gmail.com, тел.+380442803942, *https://orcid.org/0009-0001-8830-8928*

Summary. The paper examines the main indicators of road safety measurement based on the European experience and countries of the world. It was determined that there are three main indicators that allow for a qualitative assessment of safety indicators, they are indicative in the case of the most reliable data on the number of the population, functioning vehicles and accounting for the length of the roads traveled by these vehicles. An assessment of statistical data on deaths due to road accidents was made based on the 2022 report of the V International Transport Forum. The data of these countries on the number of deaths per 100,000 thousand population was studied and a trend towards a decrease in the negative consequences of road accidents was noted. The study of foreign experience makes it possible to determine the main directions by which the safety indicators on the roads of Ukraine can be evaluated, as well as to understand the effectiveness of the programs implemented in our country.

According to the main financial assessment of the consequences of the road accident, in relation to the GDP of the state, a value assessment of the socio-economic losses of Ukraine from the above-mentioned events is given. Huge financial costs of the state and, of course, physical losses of the population were noted. The program of actions of Ukraine in terms of road safety has been studied and the main directions of action of the countries of the world in order to achieve zero mortality due to road accidents have been determined.

Keywords: road safety, automobile transport, injury prevention, mortality due to road accidents, value assessment of socio-economic losses, strategy in the field of road safety, the concept of zero mortality.

References

1. Constitution of Ukraine: Adopted at the fifth session of the Verkhovna Rada of Ukraine on June 28, 1996. Amended by the Law of Ukraine dated December 8, 2004 No. 2222 IVI. As of January 1, 2006. - K., 2006. - 124 p. [in Ukrainian].

2. Law of Ukraine dated November 19, 1992 No. 2801XII "Basics of Ukrainian legislation on health care" - Access from the Internet. – www.rada.gov.ua. [in Ukrainian].

3. World Road Safety Report 2015. Geneva: World Health Organization (WHO), 2015.
URL: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/en. [in English].

4. World Road Safety Report 2018. Geneva: World Health Organization (WHO), 2018.
URL: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2018/en. [in English].

5. Annual report on road safety 2022. Paris.
URL: https://www.itf-oecd.org/road-safety-annual-report-2022.

6. Ministry of Infrastructure of Ukraine. Transport Safety Directorate. Analysis of accidents on the transport of Ukraine for 2020. Kyiv-2021. [in Ukrainian].

УДК 626/627 **DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-022-030**
UDC 626/627

ДОРОЖНІЙ ОДЯГ З ШУМОПОГЛИНАЮЧИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

TRAVEL CLOTHING WITH NOISE-ABSORBING PROPERTIES



Дорожко Євген Вікторовіч *кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вулиця Ярослава Мудрого, 25, Харків, Харківська область, 61002, e-mail: evgeniy.dorozhko@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0003-2894-2131



Ільченко Володимир Васильович*, доцент, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», доцент кафедри автомобільних доріг, геодезії та землеустрою, Першотравневий проспект, 24, Полтава, Полтавська область, 36011 e-mail: znpbud@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0003-0346-8218

Анотація. На основі наукових досліджень було встановлено, що шум, що виникає від транспортних засобів, має негативний вплив на здоров'я людей. Тому необхідні ефективні рішення у сфері проектування та планування для зменшення шумового навантаження на житлових територіях.

Зазвичай шум утворюється внаслідок руху автомобілів, їх двигунів та дорожнього покриття. Цей шум може негативно впливати на здоров'я людей, спричиняючи стрес, проблеми зі сном, зниження концентрації та інші фізичні та психологічні проблеми.

Основні принципи шумозахисту включають вибір відповідного місця для будівництва автомобільних доріг та використання спеціальних геометричних рішень, які сприяють зменшенню шумового навантаження на прилеглі території. Також встановлення звукоізоляційних бар'єрів є важливим аспектом шумозахисту.

Одним із ефективних засобів захисту від шуму є розробка “тихого” дорожнього покриття. Ця напрямкова технологія спрямована на створення дорожнього покриття, яке забезпечує зниження рівня шуму, що виникає під час руху транспортних засобів.

Розробка “тихого” дорожнього покриття включає в себе використання спеціальних матеріалів і технологій, що дозволяють знизити рівень шуму, що генерується при контакті шин з дорогою. Наприклад, застосування акустично-абсорбуючих матеріалів або спеціальних асфальтових сумішей може допомогти поглинути чи розсіяти звукові хвилі, що виникають від руху автомобілів.

“Тихе” дорожнє покриття має переваги не лише у зменшенні шуму, але й у збереженні комфорту для мешканців, які проживають поруч з автомобільними трасами. Воно сприяє зниженню рівня шуму, який потрапляє до житлових будинків та інших споруд, тим самим створюючи сприятливіші умови для відпочинку та здорового життя.

Розробка тихого дорожнього покриття є постійним процесом, який вимагає співпраці між науковцями, інженерами та виробниками матеріалів. Постійні дослідження і вдосконалення технологій

дозволяють досягати ще більш ефективних результатів у зменшенні шумового навантаження населених територій.

Такі інноваційні рішення у галузі дорожнього будівництва покликані створювати більш сприятливе та екологічно чисте середовище, де шум від автотранспорту не становитиме негативного впливу на здоров'я та якість життя людей.

Ключові слова: шумове навантаження, шумопоглинаюче покриття, еластичне дорожнє покриття, переробка шин, інтенсивний дорожній рух, кліматичні умови.

Вступ. Автомобільні дороги мають вирішальне значення для будь-якої країни, оскільки вони забезпечують ефективну транспортну інфраструктуру для переміщення людей та товарів. Проте, розширення автомобільного транспорту приносить і негативні наслідки, зокрема проблему шумового забруднення, яке може негативно впливати на якість життя мешканців, особливо тих, хто проживає поблизу доріг.

У цій статті ми розглянемо новітню технологію, що пов'язана з шумопоглинанням самим дорожнім одягом.

Проблема та її актуальність. Проблема шуму, пов'язаного з автомобільними дорогами, є актуальною у багатьох населених районах по всьому світу. Зростання автомобільного транспорту, розширення дорожньої мережі і збільшення швидкостей руху призводять до збільшення шумового навантаження на прилеглі території, особливо в житлових районах, школах та медичних установах.

В боротьбу з шумом вступають і зелені насадження, і шумозахисні екрани тощо.

Оскільки шум виникає , в тому числі, від взаємодії шин з дорожнім покриттям, настав час замислитись над розробкою такого дорожнього покриття, що буде знижувати негативний шумовий ефект.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Автомобілі, як-от автомобілі, автобуси, мікроавтобуси та вантажівки, під час роботи виробляють декілька типів шуму, які вносять свій внесок у загальний рівень шуму транспортного засобу. Існує шум, створюваний двигуном, шинами, які взаємодіють з дорожнім покриттям, вихлопом, повітрозабірником і вентилятором охолодження, а також аеродинамічний шум.

Для автомобілів рівень шуму від шин/дороги дорівнює загальному рівню інших джерел шуму на швидкостях від 30 до 40 км/год, стаючи все більш і більш домінуючим зі збільшенням швидкості. Для важких транспортних засобів ця швидкість беззбитковості трохи вища, зазвичай між 50 і 60 км/год [1].

Навіть на вулицях з низькою швидкістю, наприклад, у населених пунктах, бажано зменшити шум від шин/дороги, особливо для автомобілів.

Заходи, спрямовані на джерело шуму, зменшують його виникнення на самому джерелі, тоді як заходи, пов'язані з передачею, намагаються блокувати шлях передачі між джерелом шуму, наприклад, шинами і дорожнім покриттям, і отримувачем, що означає людей у непосредственній близькості. Заходи, спрямовані на джерело шуму, включають шумозахисні дорожні покриття, більш тихі шини та зниження швидкості. Заходи, пов'язані з передачею, включають шумові екрани, зелені насадження тощо.

Органи державної влади можуть змінювати обмеження швидкості та дорожнє покриття. Зниження обмежень швидкості зазвичай зменшує шум на 2–3 децибели для зниження швидкості на 20 км/год на швидкостях, що дорівнюють або нижчі за 50 км/год. На вищих швидкостях зниження зменшується. Вони також можуть покращити безпеку руху, але можуть збільшити час у дорозі.

У той час як акустичні властивості шин є предметом європейського регулювання [2], дорожнє покриття є виключною відповідальністю місцевих і національних дорожніх адміністрацій. Численні європейські міста[3] протягом останніх десятиліть тестували тихі дорожні покриття.

Їх також називають «тонкими шарами асфальту» або «тонкими асфальтовими дорожніми покриттями, що зменшують шум».

Вони використовують невеликий максимальний розмір агрегату для отримання оптимізованої текстури, яка мінімізує вібрацію шини. Товщина їх шарів досягає 3 см. На ринку існує багато різних типів тонких поверхневих шарів, наприклад, у Нідерландах понад сорок, включаючи пористі та щільні

типи. Вони зазвичай знижують шум на 2-4 децибели на швидкості 50 км/год для автомобілів відносно середньої щільності асфальтобетону [4, 5].

Типи пористого асфальту в середньому приблизно на 1 децибел тихіші, ніж щільні, але вони мають менший термін служби, ніж щільний асфальт. Типовий термін служби тонкого поверхневого шару становить від семи до дев'яти років.

Найпоширенішими проблемами є розшарування (втрата заповнювачів з поверхні) і від'єднання від нижнього шару.

Тонкі поверхневі шари навряд чи дорожчі (зазвичай близько 10%), ніж щільний асфальтобетон. Вони більш довговічні, оскільки для їх виробництва потрібно менше матеріалу, але вони потребують високоякісного липкого покриття, яке протистоїть зусиллям зсуву. Тонкі поверхневі шари підходять і стають все більш популярними на дорогах з низькою та середньою швидкістю, але вони не підходять для ділянок, які піддаються сильним зсувним зусиллям, таких як кільцеві розв'язки, круті схили, повороти, з'їзди вантажівок тощо [6].

Двошаровий пористий асфальт складається з верхнього шару товщиною 2,5 см з дрібним заповнювачем (2/4; 2/6 або 2/8) і нижнього шару товщиною 4,5 см з крупним заповнювачем. Таким чином, загальна товщина пористого шару досягає 7 см, що поглинає більше шуму, спочатку приблизно від 5 до 7 децибел. Двошаровий пористий асфальт є відносно дорогим і підходить для високошвидкісних доріг, які потребують виключного зниження шуму.

Мета дослідження полягає в вивченні та розробці принципово нового дорожнього одягу для будівництва автомобільних доріг. Це дослідження спрямоване на зниження рівня шуму, що виникає внаслідок транспортного руху, та створення комфортних умов для мешканців населених пунктів, які знаходяться поблизу автомобільних доріг.

Виклад основного матеріалу досліджень. Пористе асфальтове дорожнє покриття з низьким рівнем шуму.

Зазвичай використовують невеликий максимальний розмір заповнювачів для отримання оптимізованої текстури, яка мінімізує вібрацію шини. Товщина шарів досягає 3 см. На ринку існує багато різних типів тонких поверхневих шарів, наприклад, у Нідерландах понад сорок, включаючи пористі та щільні типи. Вони зазвичай знижують шум на 2-4 децибели на швидкості 50 км/год для автомобілів відносно середньої щільності асфальтобетону [5].

Типи пористого асфальту в середньому приблизно на 1 децибел тихіші, ніж щільні, але вони мають менший термін служби, ніж щільний асфальт. Типовий термін служби тонкого поверхневого шару становить від семи до дев'яти років.

Пористий асфальт — це бітумний зносостійкий шар, який містить грубі заповнювачі одного розміру (зазвичай 14 або 16 мм), що утворює "кам'яний скелет". Оскільки пористий асфальт не містить фракції піску і містить лише обмежену кількість мастики, він характеризується великою кількістю взаємопов'язаних порожнеч між своїми заповнювачами, зазвичай 20–25%. Ці порожнечі утворюють нерегулярні канали, які поглинають частину акустичної енергії, тим самим знижуючи шум на 1-3 децибел порівняно з асфальтобетоном середньої щільності. Одношаровий пористий асфальт має товщину близько 4 см. Він підходить для високошвидкісних доріг, але не підходить для доріг з низькою та середньою швидкістю. Порожнечі на цих дорогах швидко забиваються, знову збільшуючи шум на 1 децибел або більше. На високошвидкісних дорогах цей ефект обмежений приблизно 0,3 дБ(А) завдяки ефекту самоочищення в дощову погоду.



Рисунок 1 – Кількість ДТП на 10 000 зареєстрованих транспортних засобів
Figure 1 – Number of road accidents per 10,000 registered vehicles

Типовий термін служби тонкого поверхневого шару становить від семи до дев'яти років. Найбільш поширеними проблемами є розсипання (втрата заповнювачів з поверхні) і від'єднання від нижнього шару.



Рисунок 2 – Початок розтріскування тонкого поверхневого шару
Figure 2 – Beginning of cracking of the thin surface layer

Двошаровий пористий асфальт складається з верхнього шару товщиною 2,5 см з дрібним заповнювачем (2/4; 2/6 або 2/8) і нижнього шару товщиною 4,5 см з крупним заповнювачем. Таким чином, загальна товщина пористого шару досягає 7 см, що поглинає більше шуму - спочатку приблизно від 5 до 7 децибел. Двошаровий пористий асфальт є відносно дорогим і підходить для високошвидкісних доріг, які потребують виключного зниження шуму. Він вразливий до розсипання через невеликий розмір заповнювача у верхньому шарі та до засмічення, подібно до одношарового пористого асфальту.



Рисунок 3 – Двошаровий пористий асфальт
Figure 3 – Two-layer porous asphalt

Новим шумопоглинаючим дорожнім одягом може стати еластичне дорожнє покриття, що знаходиться на експериментальній стадії в країнах ЄС [7] і має потенціал зменшити шумове забруднення на автомагістралі. Цей новий тип покриття складається переважно зі старих шин і може бути більш доступною альтернативою шумозахисним бар'єрам.

Прогрес технології дозволяє звернути увагу на те, як шини взаємодіють з дорожньою поверхнею, а не тільки на звук, який виробляє двигун автомобіля.

Еластичне дорожнє покриття, розроблене європейським дослідницьким проектом, забирає близько 85% шуму, що виникає від транспорту. Виміряні дані показують зниження шуму на 8 дБ, що є значним покращенням.

Окрім шумового зменшення, це покриття має інші переваги. Воно покращує тертя на дорозі, що сприяє безпеці дорожнього руху, особливо взимку. Крім того, воно менше забруднює навколишнє середовище і володіє прийнятною тривалістю експлуатації.

Хоча це дорожче вирішення, ніж звичайний асфальт, воно може бути вигідним в порівнянні з встановленням високих шумозахисних бар'єрів, які мають високі витрати. Дослідники вважають, що цей новий матеріал може стати життєздатним варіантом для боротьби з шумовим забрудненням на автомагістралях по всій Європі у найближчому майбутньому.

Проблема дослідження еластичного дорожнього покриття полягає в його експериментальному стані і необхідності подальших досліджень та випробувань, перш ніж цей матеріал буде готовий для широкомасштабного використання. Хоча результати досліджень є обнадійливими, важливо з'ясувати, як матеріал поводиться в різних кліматичних умовах, його стійкість до зносу, а також ефективність у зменшенні шуму на реальних автомобільних дорогах.



Рисунок 4 – Тестовий трек у Новій Гориці, Словенія, побудований у грудні 2014 року (довжина 20 м). Ця пороеластична бруківка виготовлена з плитки PERS, наклеєної на цементобетонні блоки.
Figure 4 – Test track in Nova Gorica, Slovenia, built in December 2014 (length 20 m). This poroelastic pavers is made of PERS tiles glued to cement concrete blocks.

Одна з проблем, з якими можуть зіткнутися розробники, полягає в пошуку оптимальних співвідношень компонентів покриття для досягнення бажаної міцності та тривалості його експлуатації. Важливо, щоб покриття було стійким до важкого навантаження та пошкоджень, які можуть виникнути внаслідок інтенсивного дорожнього руху та кліматичних умов.

Також потрібно вирішити екологічні аспекти пов'язані з еластичним покриттям. Важливо встановити, яким чином використання перероблених шин впливає на загальне забруднення навколишнього середовища. Хоча переробка шин є кроком у напрямку сталого використання ресурсів, потрібно врахувати потенційну викиди шкідливих речовин під час експлуатації покриття та його зношування.

Крім того, перед тим як еластичне дорожнє покриття може стати реальним варіантом для боротьби з шумовим забрудненням, потрібно вивчити його ефективність на різних типах автомагістральних доріг та у різних умовах експлуатації. Це включає оцінку його здатності знижувати шум в різних швидкісних режимах, залежно від руху транспорту та інших факторів.

Враховуючи ці проблеми, еластичне дорожнє покриття все ще має потенціал стати перспективним рішенням для зменшення шумового забруднення на автомагістралях. Продовження досліджень і вдосконалення матеріалу дозволять розробникам реалізувати його переваги та мінімізувати можливі недоліки, щоб забезпечити успішне впровадження цього нового типу покриття на дорогах.



Рисунок 5 – Тестовий трек у Герцеле, Бельгія, побудований у вересні 2014 року (довжина 40 м)
Figure 5 – Test track in Herzel, Belgium, built in September 2014 (length 40 m)

Проект PERSUADE випробовує пороеластичне дорожнє покриття на завантажених дорогах [8].

З моменту стартової зустрічі 28 вересня 2009 року PERSUADE досяг значного прогресу. Цей проект, що фінансується ЄС, спрямований на розробку експериментальної концепції пороеластичних дорожніх покриттів (PERS) у реальний засіб зниження шуму як альтернативу, наприклад, шумозахисним бар'єрам. Перші випробувальні треки PERS в Японії та Швеції продемонстрували, що можна досягти екстремального зниження шуму (до 12 дБ(А)) у порівнянні зі звичайним щільним асфальтобетонним покриттям або тротуарами SMA. Таким чином, у багатьох випадках дорогі та нав'язливі шумові бар'єри стають зайвими.

Специфічна особливість цього нового типу дорожнього покриття, винайденого в Швеції наприкінці 1970-х років, полягає в тому, що воно складається переважно з гумових гранул із перероблених автомобільних шин, зв'язаних синтетичною смолою, такою як поліуретан. Він також може містити мінеральні матеріали (кам'яні наповнювачі) і хімічні добавки для підвищення довговічності та стійкості до ковзання, як було випробувано в Японії та Швеції в попередніх проектах. Не містить бітуму. Поки що його недостатня довговічність була основною перешкодою для його використання як засобу зниження шуму, і це все ще так.

Проект PERSUADE розрахований на шість років із загальним бюджетом 4,5 мільйона євро. Дванадцять партнерів із семи європейських країн співпрацюють у цьому проекті, включаючи дослідницькі інститути, університети та компанії, що представляють задіяні сектори промисловості.

У першій половині проекту в лабораторії було розроблено дві перспективні суміші. Цей етап супроводжувався випробуванням сумішей на невеликих «пілотних» випробувальних треках (зазвичай 10–50 м²). Перший повномасштабний випробувальний трек був побудований у Калвехаве, Данія, у червні 2013 року, довжиною 75 м, шириною 3,5 м і товщиною 4 см, але ця тестова доріжка була замінена в червні 2014 року на тестову доріжку з використанням покращеної суміші. У серпні-грудні 2014 року було побудовано ще п'ять повномасштабних випробувальних трас у Бельгії, Швеції (дві), Польщі та Словенії довжиною від 20 м до 75 м. Вони складаються з частково різних сумішей,

сконструйовані по-різному та прокладені на дорогах з різною інтенсивністю руху. Випробувальні треки наразі виглядають дуже гарно, а шумозаглушення порівняно зі звичайними асфальтовими покриттями вражаюче (в одному випадку 11 дБ). На кожній із випробувальних трас розпочато інтенсивну програму моніторингу, щоб отримати з них якомога більше інформації щодо низки відповідних параметрів: зниження шуму, довговічність, опір ковзанню, опір коченню, характеристики взимку тощо.

Висновки. Зараз еластичне дорожнє покриття знаходиться на експериментальній стадії. Це означає, що воно ще потребує подальших досліджень та випробувань, перш ніж буде готове для широкомасштабного використання. Проте, результати досліджень до цього моменту є дуже обнадійливими.

Розробники продовжують вдосконалювати матеріал, зокрема, враховуючи його міцність та тривалість експлуатації. Вони також звертають увагу на екологічні аспекти, зменшуючи кількість забруднень, які виробляє покриття.

Ідея використання перероблених шин у дорожньому покритті вже розглядалась раніше, але натрапила на деякі проблеми. Проте, цей новий підхід, що використовує еластичне покриття, може бути перспективним рішенням для боротьби з шумовим забрудненням.

Загалом, еластична дорожня поверхня є новаторським рішенням, яке може принести значні переваги у зменшенні шуму на автомагістралях. Цей підхід, використовуючи перероблені шини, виявляється доступнішим варіантом порівняно з високими шумозахисними бар'єрами. Завдяки своїм позитивним властивостям, таким як зниження шуму, покращення тертя та екологічність, еластичне дорожнє покриття може зайняти важливу нішу в майбутній інфраструктурі дороги в Європі та інших регіонах світу.

Перелік посилань

[1] Sandberg, U.; Ejsmont, J.A. “Tyre/Road Noise Reference Book”, INFORMEX, SE 59040 Kisa, Sweden (2002) (www.informex.info).

[2] EC Regulation No. 661/2009

[3] e.g. Amsterdam, Brussels, Copenhagen, Gothenburg, Paris, Rotterdam and Turin.

[4] Eijbersen, M.J., e.a. “Stille wegdekken”, Publicatie 287, Ede (2010), www.crow.nl

[5] DAC 0/16; see excel sheet with Cwegdek values which can be downloaded from www. stillerverkeer.nl

[6] Comprehensive information about thin surface layers can be found in Kragh, J. e.a., OPTHINAL Final Report (2011). The report can be downloaded at http://www.brrc.be/pdf/15/ doc/OPTHINAL_FinalReport.pdf

[7] Elastic road surface reduces motorway noise pollution. Euronews with Euronews • Updated: 23/02/2015

[8] http://www.persuadeproject.eu/

TRAVEL CLOTHING WITH NOISE-ABSORBING PROPERTIES

Dorozhko Evgeny V., associate professor evgeniy.dorozhko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2894-2131 department "road design, geodesy and land management" *Kharkiv National Automobile and Road University* 25 Yaroslav Mudry Street, Kharkiv, Kharkiv region, 61002

Ilchenko Volodymyr V., associate professor znpbud@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0346-8218 Department "Department of Highways, Geodesy, Land Management and Rural Buildings" *Poltava National Technical University named after Yury Kondratyuk* Pershotravnevy prospect, 24, Poltava, Poltava region, 36000

Abstract. Based on scientific studies, it has been established that the noise generated by vehicles has a negative impact on human health. Therefore, effective design and planning solutions are needed to reduce the noise load in residential areas.

Noise is usually generated as a result of the movement of vehicles, their engines and road surfaces. This noise can negatively affect people's health by causing stress, sleep problems, decreased concentration and other physical and psychological problems.

The main principles of noise protection include the selection of a suitable site for the construction of highways and the use of special geometric solutions that help reduce the noise load on nearby areas. Also, the installation of soundproof barriers is an important aspect of noise protection.

One of the effective means of noise protection is the development of a "quiet" road surface. This directional technology aims to create a road surface that reduces the noise level generated by the movement of vehicles.

The development of a "quiet" pavement includes the use of special materials and technologies to reduce the level of noise generated when the tires come into contact with the road. For example, the use of acoustically absorbent materials or special asphalt mixes can help absorb or scatter sound waves from vehicle traffic.

"Quiet" pavement has the advantage of not only reducing noise, but also maintaining comfort for residents living near highways. It helps to reduce the noise level that enters residential buildings and other structures, thereby creating more favorable conditions for recreation and a healthy life.

The development of quiet pavement is an ongoing process requiring collaboration between scientists, engineers and material manufacturers. Constant research and improvement of technologies allow us to achieve even more effective results in reducing the noise load of populated areas.

Such innovative solutions in the field of road construction are designed to create a more favorable and environmentally friendly environment, where the noise from vehicles will not adversely affect the health and quality of life of people.

Key words: noise load, noise-absorbing pavement, elastic road surface, tire recycling, heavy traffic, climatic conditions.

References

[1] Sandberg, U.; Ejsmont, J.A. “Tyre/Road Noise Reference Book”, INFORMEX, SE 59040 Kisa, Sweden (2002) (www.informex.info).

[2] EC Regulation No. 661/2009

[3] e.g. Amsterdam, Brussels, Copenhagen, Gothenburg, Paris, Rotterdam and Turin.

[4] Eijbersen, M.J., e.a. “Stille wegdekken”, Publicatie 287, Ede (2010), www.crow.nl

[5] DAC 0/16; see excel sheet with Cwegdek values which can be downloaded from www. stillerverkeer.nl

[6] Comprehensive information about thin surface layers can be found in Kragh, J. e.a., OPTHINAL Final Report (2011). The report can be downloaded at http://www.brrc.be/pdf/15/ doc/OPTHINAL_FinalReport.pdf

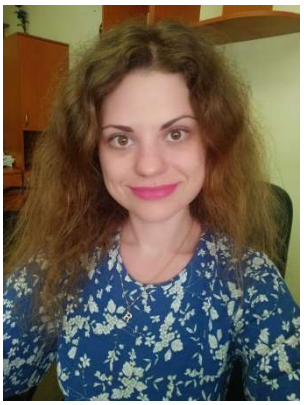
[7] Elastic road surface reduces motorway noise pollution. Euronews with Euronews • Updated: 23/02/2015

[8] http://www.persuadeproject.eu/

УДК 624.2 **DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-031-038**
UDC 624.2

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ОЦІНКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД В ОСОБЛИВИХ УМОВАХ

ANALYSIS OF EXISTING METHODS OF EVALUATING THE TECHNICAL CONDITION OF TRANSPORT STRUCTURES UNDER SPECIAL CONDITIONS



Духненко Яна Сергіївна, *Національний транспортний університет, молодший науковий співробітник науково-дослідного інституту «Проблем транспорту і будівельних технологій», e-mail: yana.duhnenko@gmail.com, тел. +380638352205,*

https://orcid.org/0009-0007-8742-7718

Анотація. Технічний стан транспортних споруд є критичним фактором для забезпечення безпеки, ефективності та надійності транспортної інфраструктури. Умови експлуатації можуть значно впливати на технічний стан споруд, особливо в умовах, які характеризуються високою вологостістю, екстремальними температурами або хімічним забрудненням. Це особливо актуально для споруд, які піддаються впливу природних факторів, таких як морська вода, агресивні середовища або сильні заморозки. У статті проведено аналіз різних методів оцінки технічного стану, які використовуються для виявлення дефектів та пошуку ознак пошкодження транспортних споруд. Розглянуто традиційні методи, такі як візуальний огляд та оцінка за допомогою неруйнівних методів, а також новіші підходи, включаючи використання технологій віддаленого зондування, моніторингу за допомогою датчиків та аналізу даних за допомогою машинного навчання.

Основна мета статті полягає у виявленні переваг та недоліків різних методів оцінки, а також у визначенні найбільш ефективних підходів до оцінки технічного стану транспортних споруд в умовах, які відповідають специфіці транспортної інфраструктури.

Отримані результати можуть бути корисними для фахівців у галузі транспортної інженерії, які займаються експлуатацією транспортної інфраструктури та безпекою дорожнього руху. Враховуючи технічний стан споруд, можна приймати обґрунтовані рішення щодо проведення ремонтних робіт, планування регулярного обслуговування та встановлення превентивних заходів, спрямованих на підтримання безпеки та надійності транспортних споруд.

Ключові слова: транспортні споруди, технічний стан, аналіз, метод, особливі умови, залишковий ресурс.

Вступ. Оцінка технічного стану транспортних споруд є надзвичайно актуальною в сучасному світі. Транспортна інфраструктура в багатьох країнах старіє, існують проблеми з безпекою, ефективністю та стійкістю цих споруд до впливу небезпекових факторів. Важливим пунктом оцінки є виявлення потенційних проблем та ризиків, пов'язаних з їх експлуатацією. Це може включати оцінку структурної міцності, систем безпеки, стану дорожнього покриття, мостових переходів, тунелів та інших складових частин інфраструктури. За оцінки технічного стану можна вчасно виявити слабкі місця транспортних споруд та прийняти необхідні заходи для запобігання аваріям та непередбачуваним ситуаціям. Вона також дозволяє планувати ремонтні роботи та модернізацію з метою підвищення ефективності та безпеки транспортних систем. Також, оцінка є особливо важливою

в контексті швидкого розвитку технологій та зростання навантаження на інфраструктуру. Вона дозволяє забезпечити безпеку та надійність транспортних мереж у змінних умовах і забезпечити комфорт та зручність для користувачів. Актуальність оцінки технічного стану транспортних споруд виходить із потреби забезпечити безпеку, стійкість та ефективність транспортних систем у сучасному світі, з огляду на їх старіння та зростання навантаження.

Основна частина. Прогнозування технічного стану мостів є важливим завданням для забезпечення безпеки і довговічності інженерних споруд. Моделі на основі аналізу даних мостів: Ці моделі використовують історичні дані про мости, такі як інформація про навантаження, ремонтні роботи, структурні дефекти тощо. Вони використовують методи статистичного аналізу, машинного навчання або штучного інтелекту для прогнозування майбутнього стану моста на основі цих даних. Моделі на основі віртуального моделювання: Ці моделі використовують математичні та фізичні моделі для симуляції поведінки моста в різних умовах. Вони враховують фактори, такі як навантаження, зношення матеріалів, вплив довкілля та інші фактори, що впливають на стан моста. Ці моделі можуть допомогти прогнозувати зміни в структурі моста з часом та оцінювати його довговічність. Моделі на основі датчиків і моніторингу: Ці моделі використовують дані зі вбудованих датчиків та систем моніторингу, які знаходяться на мостах. Вони збирають і аналізують реальний часовий потік даних про стан моста, такі як вібрації, деформації, температура тощо. Застосовуються методи обробки сигналів та аналізу даних для виявлення ознак пошкодження та прогнозування майбутнього стану моста. Прогнозування технічного стану мостів. Наприклад, дані з датчиків можуть бути використані для актуалізації моделей на основі аналізу даних або віртуального моделювання, що дозволяє отримати більш точні та актуальні прогнози. Окрім того, для поліпшення прогнозування технічного стану мостів можна використовувати такі додаткові підходи: Експертні системи: Ці системи використовують знання та експертний досвід інженерів для оцінки стану моста. Вони враховують різні параметри, такі як вік моста, матеріали, конструкцію та інші фактори, щоб зробити прогнози щодо необхідних ремонтних робіт або заміни елементів. Акустична емісія: Цей підхід використовує спеціальні мікрофони для виявлення звукових сигналів, які виникають при пошкодженні матеріалів моста. Аналізуючи ці звуки, можна виявити ознаки пошкодження та передбачити майбутні витоки.

Теоретичні засади моделювання надійності і довговічності конструкцій досліджувались в роботах [1-9]. Важливою частиною дослідження є модель життєвого циклу – аналітична або числова процедура, що дозволяє визначити час безпечного використання елемента (або споруди в цілому) при заданих навантаженнях в визначених умовах експлуатації. Це функція часу, якою описується процес погіршення технічних, фізико-механічних, хімічних і естетичних характеристик елемента протягом терміну служби елемента або споруди.

В загальному випадку така формула має вид [3, с.13]:

$$T_l = R(t) * L\ (p_1, p_2, \dots . p_n)$$

де T_l – термін служби елемента, що прогнозується;

$R(t)$ – функція деградації;

$L\ (p_1, p_2, \dots . p_n)$ – випадкова функція;

$(p^1, p^2, \dots . p_n)$ - параметри, якими характеризуються: властивості матеріалів, напружено-деформований стан, тип конструкції, оточуюче середовище, рівень експлуатаційного утримання.

Модель життєвого циклу прогнозування технічного стану мостів охоплює різні етапи та процеси, які враховуються при оцінці та прогнозуванні майбутнього стану моста. Основні етапи такої моделі можуть включати наступні: Збір історичних даних: Перший етап полягає в зборі даних про міст, таких як дизайн, будівництво, матеріали, ремонтні роботи, навантаження та інші релевантні фактори. Ці дані можуть бути отримані з проектної документації, попередніх інспекцій та інших джерел. Аналіз технічного стану: Наступний етап включає оцінку поточного технічного стану моста. Це може включати інспекції, моніторинг, визначення дефектів та оцінку їх впливу на структурну міцність та безпеку моста. Моделювання зношення: За допомогою фізичних та математичних моделей можна прогнозувати зношення та деградацію матеріалів моста з плином часу. Це враховує вплив зовнішніх

факторів, таких як навантаження, атмосферні умови, корозія та інші процеси, що впливають на технічний стан моста. Прогнозування залишкового ресурсу: На основі аналізу збору даних, оцінки поточного стану та моделювання зношення, можна розрахувати залишковий ресурс моста – оцінку його залишкової тривалості служби перед необхідністю ремонту або заміни. Розробка плану обслуговування: З урахуванням прогнозованого залишкового ресурсу можна розробити план обслуговування для моста. Цей план може включати рекомендації щодо регулярних інспекцій, технічного обслуговування, потенційних ремонтних робіт та стратегії заміни складних елементів. Моніторинг та актуалізація: Прогнозування технічного стану моста потребує постійного моніторингу та оновлення даних. Застосування датчиків та систем моніторингу дозволяє збирати реальний часовий потік даних про стан моста та оцінювати його зношення та пошкодження. Ці дані можуть бути використані для актуалізації моделей та прогнозування майбутнього стану. Реагування на кризові ситуації: У разі виникнення несподіваних пошкоджень або проблем з мостом, модель життєвого циклу прогнозування технічного стану може включати механізми реагування на кризові ситуації. Це може включати швидку оцінку пошкоджень, визначення негайних заходів безпеки та планування ремонтних робіт для відновлення функціональності та безпеки моста. Ці етапи моделі життєвого циклу прогнозування технічного стану мостів допомагають оцінити та прогнозувати майбутні зміни в структурі моста, виявляти проблеми з достатньою напередодні їх появи та приймати вчасні рішення щодо технічного обслуговування та ремонту.

Модель життєвого циклу складається з моделей нижчого рівня. Зазвичай використовуються моделі трьох типів:

– моделі деградації та функції зв’язку надійності з деградацією;

– моделі вартості життєвого циклу;

– моделі оптимізації життєвого циклу.

Апарат управління життєвим циклом має включати:

– інструмент оцінки експлуатаційного стану на базі моделі деградації;

– методику оцінки надійності в функції часу, тобто модель зв’язку функції надійності з функцією деградації;

– модель прогнозу експлуатаційного стану споруди, як функцію ремонтів, що плануються протягом заданого періоду часу;

– модель оптимізації витрат на технічне обслуговування протягом життєвого циклу споруди;

– методику визначення доцільності подальшої експлуатації споруди, як результат оптимізації витрат на експлуатаційні заходи.

Починаючи з 1970-х рр. були розроблені моделі деградації елементів моста для опису математичних взаємозв’язків між станом елементу моста та факторами – причинами, що впливають на стан елемента, такими як завантаження рухом, фактори навколишнього середовища тощо. В літературі наведено багато різних типів моделей деградації елементів мостів, але найбільш визнаними є детерміністичні, стохастичні та інші моделі, які розглянемо згідно з оглядом, який наведено авторами досліджень [8, с.18-23, 11, 12, 13].

Прогнозування залишкового ресурсу технічного стану мостів є важливим аспектом управління і плануванням обслуговування і ремонту мостових споруд. Цей прогноз дозволяє визначити термін служби моста, коли він досягне критичного стану і вимагатиме ремонтних робіт або заміни. Прогнозування залишкового ресурсу може базуватися на декількох підходах: Моделювання зношення: Використання фізичних та математичних моделей для прогнозування зношення моста з плином часу. Ці моделі враховують фактори, такі як навантаження, корозія, зношування матеріалів, вплив довкілля тощо. Вони дозволяють оцінити, яким чином структурні компоненти моста змінюватимуться протягом часу і коли вони досягнуть межі своєї функціональності. Аналіз історичних даних: Аналіз історичних даних про схожі мости або мости з аналогічними характеристиками може допомогти прогнозувати залишковий ресурс. При цьому враховуються дані про витрати на ремонт, інциденти, виявлені дефекти та зміни стану моста протягом його експлуатації. Експертні оцінки: Експерти в галузі мостобудування можуть здійснити оцінку залишкового ресурсу на основі свого досвіду та знань. Вони враховують такі

фактори, як конструкція, матеріали, умови експлуатації та інші чинники, які впливають на технічний стан моста.

Залишковий ресурс елементів моста визначається розв'язанням рівняння [10, с.31]:

$$P_i = 1 - 0{,}008333\ (\lambda t)^5\ e^{-\lambda t}$$

де P_i - надійність елемента в і-му експлуатаційному стані;

X - параметр інтенсивності відмов;

e -постійна, e = 2,718;

t - час.

Модель прогнозування залишкового ресурсу (іноді називають також моделлю прогнозування залишкового терміну служби) використовується для оцінки того, скільки часу залишилося до вичерпання ресурсу або терміну служби певного об'єкта або системи. Ця модель може бути корисною для прогнозування залишкового терміну служби машин, обладнання, електроніки, виробів або будь-яких інших матеріальних або нематеріальних активів. Прогнозування залишкового ресурсу зазвичай здійснюється на основі аналізу даних про раніше використовувані об'єкти та їхню продуктивність.

Основні кроки у створенні моделі прогнозування залишкового ресурсу включають:

1) Збір даних: Необхідно зібрати дані про ресурси та час їхнього використання. Це може включати історичні дані про використання, зношування, ремонтні роботи тощо.

2) Попередня обробка даних: Перш ніж перейти до моделювання, можуть знадобитися певні кроки попередньої обробки даних, такі як очищення, видалення аномалій, виправлення пропущених значень або масштабування даних.

3) Вибір моделі: Залежно від характеру даних та типу прогнозування, можуть використовуватися різні моделі, наприклад, лінійна регресія, нейронні мережі або методи машинного навчання

4) Тренування моделі: На основі наявних даних модель прогнозування навчається здійснювати прогнози про залишковий ресурс.

5) Оцінка результатів: Після тренування моделі необхідно оцінити її ефективність. Це можна зробити, порівнюючи прогнози моделі з фактичними значеннями залишкового ресурсу. Метрики, такі як середня абсолютна помилка (MAE), середня квадратична помилка (MSE) або коефіцієнт детермінації (R-squared), можуть використовуватися для оцінки точності моделі.

6) Прогнозування залишкового ресурсу: Після підтвердження адекватності моделі можна використовувати її для прогнозування залишкового ресурсу нових об'єктів або систем. Це дозволяє розробляти плани заміни, ремонту або обслуговування на основі прогнозів залишкового ресурсу.

При розрахунках розраховуються й інші параметри такі, як: прогнозований термін служби (LS)– це оцінка тривалості служби моста перед тим, як він потребуватиме серйозних ремонтних робіт або заміни. Цей термін визначається на основі аналізу зношення, використання прогнозних моделей, інженерних розрахунків та інших факторів, що впливають на технічний стан моста. Поточний вік моста (CA) – це фактичний час, який пройшов з моменту його побудови або попереднього ремонту. Він враховується як важливий фактор, оскільки старіння та зношення матеріалів можуть впливати на технічний стан моста.

Вимірювання залишкового ресурсу виконується у відповідних одиницях вимірювання, таких як роки, місяці або години. Ця величина вказує, скільки часу залишилося до досягнення критичного стану моста і потреби в його обслуговуванні або заміні.

Припустимий термін служби визначається на основі технічних стандартів, норм та рекомендацій для даного типу моста. Це є теоретична оцінка тривалості служби моста, передбачена при належному обслуговуванні та відсутності негативних впливів. Поточний вік моста вимірюється в одиницях часу, таких як роки, місяці або дні, і відображає фактичний час, який пройшов з моменту побудови моста або попереднього ремонту. Вік ремонтних робіт враховується, якщо міст був підданий попереднім ремонтним роботам або заміні певних структурних елементів. Він представляє суму часу, який пройшов з моменту виконання останніх ремонтних робіт на мості. За допомогою цієї формули можна

оцінити, скільки часу залишилося до досягнення критичного стану моста, виходячи з припустимого терміну служби та актуальних даних про вік моста та ремонтних робіт.

В роботі розглядаються різні методи, які використовуються для оцінки технічного стану транспортних споруд, зокрема візуальний огляд, неруйнівний контроль, дистанційне зондування та математичне моделювання. Досліджується ефективність цих методів у виявленні дефектів, пошуку пошкоджень та прогнозуванні можливого знецінення транспортних споруд.

В результаті аналізу було виявлено переваги та недоліки кожного з методів. Візуальний огляд є швидким і доступним, але може бути обмежений виявленням прихованих дефектів. Неруйнівний контроль дозволяє виявити дефекти, що знаходяться під поверхнею, але вимагає спеціалізованого обладнання та кваліфікованого персоналу. Дистанційне зондування, таке як використання дронів або супутникового зондування, може забезпечити широкий огляд інфраструктури, але не завжди може дати детальну інформацію про конкретні пошкодження. Математичне моделювання дозволяє прогнозувати знецінення і проводити аналіз стійкості споруди, але вимагає точних вхідних даних та складних обчислень.

Порівнюються результати використання цих методів на реальних транспортних спорудах, які перебувають в особливих умовах. Показано, що комбінація різних методів може дозволити отримати більш повне та точне оцінювання технічного стану споруди.

Для підвищення ефективності оцінки технічного стану транспортних споруд в особливих умовах пропонуються наступні рекомендації: використання інтегрованого підходу: поєднання різних методів оцінки технічного стану для отримання комплексної інформації про споруду; розробка спеціалізованих методів оцінки: розробка нових методів, які враховують особливості умов експлуатації, таких як вологість, температура, хімічне забруднення; використання сучасних технологій: застосування новітніх технологій, таких як штучний інтелект, машинне навчання і аналіз даних, для поліпшення точності та швидкості оцінки технічного стану; регулярне моніторинг: встановлення системи постійного моніторингу технічного стану споруди, що дозволяє виявляти початкові стадії пошкоджень та своєчасно вживати заходів щодо їх усунення. Посилення наукових досліджень: здійснення додаткових наукових досліджень у сфері оцінки технічного стану транспортних споруд в особливих умовах, зокрема розвиток нових технологій та методики.

Також висвітлено потенційні переваги використання нових методів, таких як наноматеріали та сенсорні технології, для оцінки технічного стану в особливих умовах. Детальний аналіз і порівняння різних методів допомагають визначити їх обмеження та перспективи в реальних умовах застосування. Загалом, дана наукова стаття надає комплексний аналіз існуючих методів оцінки технічного стану транспортних споруд в особливих умовах і робить висновки щодо їх ефективності та перспектив розвитку. Отримані результати можуть бути корисними для дослідників, проектувальників та управлінців, що займаються питаннями безпеки та експлуатації транспортної інфраструктури в умовах особливого середовища. Розробка критеріїв оцінки: необхідно розробити чіткі критерії оцінки технічного стану транспортних споруд в особливих умовах, що враховуватимуть вплив факторів, таких як корозія, ерозія, ультрафіолетове випромінювання тощо. Це допоможе забезпечити однорідність оцінки і зробить можливим порівняння результатів. Розробка методів прогнозування: дослідження та розробка методів прогнозування технічного стану транспортних споруд в особливих умовах. Це дозволить здійснювати передбачувану технічну підтримку та планування ремонтних робіт, що сприятиме зменшенню ризику аварій та збільшенню тривалості експлуатації. Застосування інформаційних технологій: використання сучасних інформаційних технологій, таких як системи збору та аналізу даних, хмарні технології та Інтернет речей (IoT), для збирання, обробки та моніторингу інформації про технічний стан споруди. Це дозволить отримати швидкий доступ до актуальних даних та забезпечити оперативну реакцію на виявлені проблеми. Розвиток автоматизованих систем: створення автоматизованих систем для оцінки технічного стану транспортних споруд, які поєднують різні методи і забезпечують автоматичну обробку та аналіз даних. Це допоможе знизити залежність від людського фактору і забезпечить більш об’єктивні результати оцінки. Застосування розумних матеріалів: використання розумних матеріалів у конструкції транспортних споруд, які можуть самостійно виявляти пошкодження та передавати інформацію про свій технічний стан. Це дозволить

реагувати на проблеми в реальному часі і забезпечить більш ефективне управління і планування обслуговування. Урахування географічних та кліматичних особливостей: врахування географічних та кліматичних факторів при оцінці технічного стану транспортних споруд. Різні регіони можуть мати відмінності у впливі зовнішніх факторів, таких як солеве забруднення, підвищена вологість чи сейсмічна активність, що вимагає розробки специфічних методів оцінки для кожного конкретного випадку. Створення бази даних інцидентів: створення централізованої бази даних інцидентів, яка міститиме інформацію про виявлені дефекти, пошкодження та проведені ремонтні роботи. Це дозволить здійснювати аналіз тенденцій, ідентифікувати проблемні ділянки та розробляти ефективні стратегії попередження та вдосконалення управління технічним станом споруд.

Враховуючи особливі умови експлуатації і розвиток ефективних методів оцінки технічного стану транспортних споруд в особливих умовах є надзвичайно важливим для забезпечення безпеки, стабільності та тривалості експлуатації інфраструктури. Подальші дослідження та розвиток нових методів та технологій допоможуть покращити точність, швидкість та надійність оцінки технічного стану транспортних споруд у складних умовах.

Крім того, важливим аспектом є також навчання та підготовка фахівців, які займаються оцінкою технічного стану транспортних споруд. Вони повинні мати глибокі знання в галузі інженерії, матеріалознавства, механіки та інших суміжних дисциплін, а також бути ознайомленими з останніми тенденціями в галузі оцінки технічного стану транспортних споруд.

У подальшому дослідженні можна розглядати розширення дослідження на інші види транспортних споруд, такі як мости, тунелі, аеропорти тощо, а також розробку більш детальних і спеціалізованих методів оцінки для конкретних типів споруд.

Висновок

полягає в тому, що оцінка технічного стану транспортних споруд в особливих умовах є складним завданням, яке потребує поєднання різних методів та підходів. Використання інтегрованого підходу, врахування специфічних умов експлуатації, застосування сучасних технологій та постійний моніторинг є ключовими елементами для досягнення точної та надійної оцінки технічного стану транспортних споруд. Одним з основних завдань оцінки технічного стану транспортних споруд в особливих умовах є забезпечення сталого розвитку транспортної інфраструктури. Для цього необхідно розробляти та впроваджувати нові технології, що дозволяють зменшити вплив експлуатації на довкілля та збільшити енергоефективність транспортних споруд. Аналіз існуючих методів оцінки технічного стану транспортних споруд в особливих умовах вказує на необхідність розробки та використання нових інноваційних технологій. Це дозволить забезпечити більш точну та ефективну оцінку технічного стану транспортних споруд та забезпечити сталий розвиток транспортної інфраструктури.

Перелік посилань

1. Гамеляк І.П. Надійність встановлення розрахункових параметрів навантаження на конструкції дорожніх одягів. Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 76. -К.: 2009 – с.3-9.

2. Давиденко О.О. Моделювання життєвого циклу автодорожніх мостів/: дис. канд. техн. наук: 05.23.17 Давиденко Олександр Олександрович;

3. Янчук Л.Л. Прогнозування технічного стану залізобетонних елементів транспортних споруд на автомобільних дорогах: дис. канд. техн. наук: 05.22.11 Янчук Леонід Леонідович; Національний транспортний університет - К., 2016. - 166 с.

4. Яцко Ф.В. Моделювання і прогнозування довговічності залізобетонних елементів транспортних споруд на автомобільних дорогах: дис. канд. техн. наук: 05.23.17 Яцко Федір Володимирович; Національний транспортний університет К., 2015. - 237 с. Національний транспортний університет К., 2017. 170 с.

5. 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.

6. Лантух-Лященко А.І. О прогнозі остаточного ресурса моста. - Зб. Дороги і мости. - К.: ДерждорНДІ, вип. 7, т.1. 2007.- с. 3-9.

7. Sykora M. & Holicky M. Target reliability levels for the assessment of existing structures.URL:http://www.leonardo.cvut.cz/download/target-reliabilities_2.pdf (Last accessed 16.06.2019)

8. Liu H. Adaptive Optimization Methods in System-Level Bridge Management/Haotian Liu // Thesis for the Doctor of Philosophy degree, University of California, Berkeley, 2013. 95 P. URL: https://escholarship.org/content/qt0dm7g2d2/qt0dm7g2d2.pdf

9. Marková J. Reliability elements in the assessment of existing bridges // Proceedings of the third international conference ISBN 123456789 «Reliability, safety and diagnostics of transport structures and means 2008» University of Pardubice, Czech Republic, 25-26 September 2008/ URL: http://web.cvut.cz/ki/mosty/file_download/4 (Last accessed: 20.08.2019).

10. НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ НАСТАНОВА З ОЦІНЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012 Видання офіційне. м. Київ Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 2013

11. Robelin C.-A. Network-Level Reliability-Based Bridge Inspection, Maintenance and Replacement Optimization Model / C.-A. Robelin, S. M. Madanat // Jordan Journal of Civil Engineering, Volume 1, No. 1, 2007. – P. 59 – 72. URL: https://elearning.just.edu.jo/jjce/issues/paper.php?p=5.pdf.

12. Robelin, C.A. and Madanat, S.M. (2006), Dynamic Programming Based Maintenance and Replacement Optimization for Bridge Decks using History-Dependent Deterioration Models, AATT . – URL: http://www.uctc.net/research/papers/558.pdf (Last accessed: 20.05.2019)

13. Sinha Kumares C. The Development of Optimal Strategies for Maintenance Rehabilitation and Replacement of Highway Bridges. Final Report Vol. 6: Bridge Performance and Optimization / Kumares C. Sinha // FHWA/IN/JHRP-89/13 Final Report, Vol. 6. 1989. – 101 p. – URL: https://pdfs.semanticscholar.org/41f6/e20435fb8342ac35ea66dd4edab700db2eaa.pdf.

ANALYSIS OF EXISTING METHODS OF EVALUATING THE TECHNICAL CONDITION OF TRANSPORT STRUCTURES UNDER SPECIAL CONDITIONS

Dukhnenko Yana S., National Transport University, junior researcher at the Research Institute "Problems of Transport and Construction Technologies", e-mail: yana.duhnenko@gmail.com, +380638352205, https://orcid.org/0009-0007-8742-7718

Abstract. The technical condition of transport facilities is a critical factor for ensuring the safety, efficiency and reliability of the transport infrastructure. Operating conditions can significantly affect the technical condition of buildings, especially in conditions characterized by high humidity, extreme temperatures or chemical pollution. This is especially true for structures that are exposed to natural factors such as sea water, aggressive environments or severe frosts. The article analyzes various methods of assessing the technical condition, which are used to detect defects and search for signs of damage to transport facilities. Traditional methods such as visual inspection and non-destructive evaluation are considered, as well as newer approaches including the use of remote sensing technologies, sensor monitoring and machine learning data analysis.

The main purpose of the article is to identify the advantages and disadvantages of various assessment methods, as well as to determine the most effective approaches to assessing the technical condition of transport facilities in conditions that correspond to the specifics of the transport infrastructure. The obtained results can be useful for specialists in the field of transport engineering, who are engaged in the operation of transport infrastructure and road safety. Taking into account the technical condition of the facilities, it is possible to make informed decisions regarding repair work, planning regular maintenance and establishing preventive measures aimed at maintaining the safety and reliability of transport facilities.

Keywords: transport facilities, technical condition, analysis, method, special conditions, residual resource.

References

1. Hameliak I.P. Reliability of setting calculated parameters of load on road clothing structures. Coll. Roads and road construction. Vol. 76. -K.: 2009 - p.3-9.

2. Davydenko O.O. Modeling of the life cycle of road bridges/: dissertation. Ph.D. technical Science: 05.23.17 Davydenko Oleksandr Oleksandrovych;

3. Yanchuk L.L. Forecasting the technical condition of reinforced concrete elements of transport structures on highways: dissertation. Ph.D. technical Sciences: 05.22.11 Yanchuk Leonid Leonidovych; National University of Transport - K., 2016. - 166 p.

4. Yatsko F.V. Modeling and forecasting the durability of reinforced concrete elements of transport structures on highways: dissertation. Ph.D. technical Sciences: 05.23.17 Yatsko Fedir Volodymyrovych; K. National University of Transport, 2015. - 237 p. K. National Transport University, 2017. 170 p.

5. Lantukh-Lyashchenko A.I. Assessment of the reliability of the structure according to the Markov random process model with discrete states. // Coll. Roads and road construction. 1999, issue 57 pp. 183-188.

6. Lantukh-Lyashchenko A.I. About the forecast of the final resource of the bridge. - 3b. Roads and bridges. - K.: DerzhdorNDI, issue 7, volume 1. 2007.- p. 3-9.

7. Sykora M. & Holicky M. Target reliability levels for the assessment of existing structures.URL:http://www.leonardo.cvut.cz/download/target-reliabilities_2.pdf (Last accessed 16.06.2019)

8. Liu H. Adaptive Optimization Methods in System-Level Bridge Management/Haotian Liu // Thesis for the Doctor of Philosophy degree, University of California, Berkeley, 2013. 95 P. URL: https://escholarship.org/content/ qt0dm7g2d2/qt0dm7g2d2.pdf

9. Marková J. Reliability elements in the assessment of existing bridges // Proceedings of the third international conference ISBN 123456789 "Reliability, safety and diagnostics of transport structures and means 2008" University of Pardubice, Czech Republic, 25-26 September 2008/ URL : http://web.cvut.cz/ki/mosty/file_download/4 (Last accessed: 20.08.2019).

10. NATIONAL STANDARD OF UKRAINE GUIDELINES FOR ASSESSING AND FORECASTING THE TECHNICAL CONDITION OF ROAD BRIDGES DSTU-N B V.2.3-23:2012 Official edition Kyiv, Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine, 2013

11. Robelin C.-A. Network-Level Reliability-Based Bridge Inspection, Maintenance and Replacement Optimization Model / C.-A. Robelin, S. M. Madanat // Jordan Journal of Civil Engineering, Volume 1, No. 1, 2007. – P. 59 – 72. URL: https://elearning.just.edu.jo/jjce/issues/paper.php?p=5.pdf.

12. Robelin, C.A. and Madanat, S.M. (2006), Dynamic Programming Based Maintenance and Replacement Optimization for Bridge Decks using History-Dependent Deterioration Models, AATT . – URL: http://www.uctc.net/research/papers/558.pdf (Last accessed: 20.05.2019)

13. Sinha Kumares C. The Development of Optimal Strategies for Maintenance Rehabilitation and Replacement of Highway Bridges. Final Report Vol. 6: Bridge Performance and Optimization / Kumares C. Sinha // FHWA/IN/JHRP-89/13 Final Report, Vol. 6. 1989. – 101 p. – URL: https://pdfs.semanticscholar.org/41f6/e20435fb8342ac35ea66dd4edab700db2eaa.pdf.

УДК 626/627 **DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-039-044**
UDC 626/627

ШУМОЗАХИСНІ ПРИНЦИПИ БУДІВНИЦТВА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

NOISE PROTECTION PRINCIPLES OF HIGHWAY CONSTRUCTION



Ільченко Володимир Васильович, *доцент, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», доцент кафедри автомобільних доріг, геодезії та землеустрою, Першотравневий проспект, 24, Полтава, Полтавська область, 36011 e-mail: znpbud@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0003-0346-8218



Дорожко Євген Вікторович, *кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, вулиця Ярослава Мудрого, 25, Харків, Харківська область, 61002, e-mail: evgeniy.dorozhko@gmail.com*

https://orcid.org/0000-0003-2894-2131

Анотація. За результатами наукових досліджень було встановлено, що шум, який виникає від транспортних засобів, має негативний вплив на здоров'я людей, тому потрібні ефективні рішення в області конструювання та планування для зменшення шумового навантаження на житлові території.

Зазвичай, шум утворюється внаслідок руху автомобілів, їх двигунів та дорожнього покриття. Шум може мати негативний вплив на здоров'я людей, призводячи до стресу, проблем зі сном, погіршення зосередженості та інших проблем з фізичним і психологічним здоров'ям.

Найважливіші шумозахисні принципи - це обрання відповідного місця для будівництва автомобільної дороги, використання спеціальних геометричних рішень, що може допомогти знизити шумове навантаження на прилеглі території, встановлення звукоізоляційних бар'єрів.

Досить ефективним засобом боротьби з шумовим навантаженням від автомобільної дороги є встановлення шумозахисних екранів вздовж автомобільної дороги. Вони можуть бути з різних матеріалів, різні в конструктивному та геометричному ракурсі.

Досліджено, що найефективнішим способом захисту сільських територій від шуму транспорту є спорудження будинків-екранів вздовж транспортних магістралей. За даними, рівень шуму позаду таких будинків зменшується до 23 дБА порівняно з рівнем шуму на самій транспортній магістралі.

Для визначення шумового стану на забудованих територіях в цілому і на окремих ділянках мікрорайонів використовують карту шуму, що представляє собою графічне зображення кривих рівнів звукового тиску, що нанесені на планову схему. Ці карти дозволяють оцінити зменшення рівня шуму з віддаленням від транспортної магістралі.

Ключові слова: шумове навантаження, шумопоглинаючі конструкції, акустичне проектування, шумозахисні принципи, геометрія дороги, транспортні засоби.

Вступ. Автомобільні дороги є важливою складовою інфраструктури в будь-якій країні, забезпечуючи ефективну транспортну систему для переміщення людей та товарів. Проте, розвиток

автомобільного транспорту також вносить певні негативні наслідки, зокрема шумове забруднення, яке може впливати на життя людей, що проживають поблизу автомобільних трас.

У цій статті ми розглянемо шумозахисні принципи, що використовуються під час будівництва автомобільних доріг. Ми проаналізуємо різні техніки, що використовуються для зниження рівня шуму від автомобілів і будемо пропонувати рекомендації для зменшення шкідливого впливу шуму на мешканців навколишніх територій.

Проблема та її актуальність. Проблема шуму, пов'язаного з автомобільними дорогами, є актуальною у багатьох населених районах по всьому світу. Зростання автомобільного транспорту, розширення дорожньої мережі і збільшення швидкостей руху призводять до збільшення шумового навантаження на прилеглі території, особливо в житлових районах, школах та медичних установах.

Шум від автомобільних доріг має негативний вплив на якість життя людей. Він може спричиняти проблеми зі сном, збудження, погіршення концентрації, стрес, погіршення психологічного і фізичного здоров'я, а також зменшення продуктивності і якості роботи. Більш того, тривала експозиція до високого рівня шуму може призвести до серйозних проблем зі слухом.

Актуальність шумозахисних принципів будівництва автомобільних доріг полягає в необхідності зменшення шумового забруднення та забезпечення комфортного середовища для мешканців. Це стає особливо важливим в урбанізованих районах, де простір обмежений, а люди проживають поруч з автомобільними трасами.

Розробка та впровадження шумозахисних принципів будівництва автомобільних доріг є важливим завданням для забезпечення здоров'я та благополуччя населення. Це включає в себе використання наукових досліджень, технологічних інновацій, урахування географічних особливостей та співпрацю між урядовими органами, інженерами, архітекторами та громадськістю.

Використання шумозахисних принципів у будівництві автомобільних доріг дозволить зменшити шумове забруднення, підвищити якість життя мешканців та створити більш комфортне та здорове середовище для всіх людей, які використовують дороги та проживають поруч з ними.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Після аналізу науково-дослідних робіт [2–8] було встановлено, що для вимірювання шумових характеристик транспортних потоків і локальних внутрішньоквартальних джерел використовуються два показники: еквівалентний рівень шуму $L_{Аекв}$ та максимальний рівень шуму $L_{Амакс}$, які виражені у децибелах (дБА). Ці вимірювання проводяться на відстані 7,5 м від осі найближчої до краю смуги руху транспорту з боку розрахункової точки.

Дослідження, які були проведені в роботі [1], досліджували вплив фізико-механічних параметрів матеріалів на шумопоглинаючі властивості шумозахисних екранів. За результатами роботи [3] було встановлено, що геометрична конструкція протектора шин автомобільних транспортних засобів має вплив на рівень шуму.

Дослідження також показали, що погодні умови мають вплив на рівень шуму, змінюючи його на величину від 6 до 10 дБ. В роботі [4] було встановлено, що зі збільшенням температури навколишнього середовища збільшується рівень шуму.

У роботі [6] було проведено дослідження впливу конструкцій дорожнього одягу на рівень шумового навантаження. Гладке дорожнє покриття знижує рівень шуму [8]. Тонкий гладкий шар бітуму зменшує рівень шуму на 4-5 дБА порівняно з дорогами звичайного асфальтового покриття.

У роботі [7] порушується питання оптимальної форми шумозахисних екранів та їх впливу на візуальне сприйняття учасниками дорожнього руху. Також зазначається необхідність гармонізації форм і розмірів екранів з прилеглими житловими забудовами.

Проте, при розробці дорожнього одягу зі зниженими параметрами шумового навантаження, слід враховувати безпеку дорожнього руху.

Для зменшення шумового навантаження від транспортних засобів при посадці зелених смуг важливо забезпечити щільне примикання крон дерев між собою та заповнення простору між кронами чагарниками. Звичайні смуги зелених насаджень із розрідженою посадкою дерев і чагарників не враховуються при розрахунку рівнів шуму. При посадці необхідно використовувати породи, які пристосовані до умов повітряного середовища в містах та інших населених пунктах.

Мета дослідження полягає в вивченні та розробці шумозахисних принципів для будівництва автомобільних доріг. Це дослідження спрямоване на зниження рівня шуму, що виникає внаслідок транспортного руху, та створення комфортних умов для мешканців населених пунктів, які знаходяться поблизу автомобільних доріг.

Виклад основного матеріалу досліджень. Перед тим, як розглядати шумозахисні принципи будівництва автомобільних доріг, слід розуміти, яким чином автомобілі виробляють шум. Зазвичай, шум утворюється внаслідок руху автомобілів, їх двигунів та дорожнього покриття. Шум може мати негативний вплив на здоров'я людей, призводячи до стресу, проблем зі сном, погіршення зосередженості та інших проблем з фізичним і психологічним здоров'ям.

Шумозахисні принципи під час будівництва доріг.

Вибір місця будівництва: Один з найважливіших шумозахисних принципів - це обрання відповідного місця для будівництва автомобільної дороги. Слід уникати будівництва трас поруч з житловими районами, школами та іншими чутливими до шуму об'єктами. Крім того, слід враховувати природні перешкоди, які можуть фільтрувати шум, такі як природні долини або річки.

Геометрія дороги: Використання спеціальних геометричних рішень може допомогти знизити шумове навантаження на прилеглі території. Наприклад, впровадження спеціальних кривих радіусів і відрізків дороги може знизити швидкість руху автомобілів і, відповідно, шум, який вони генерують.

Одним з ефективних способів зменшення шуму є впровадження спеціальних кривих радіусів і відрізків дороги. Завдяки цьому, автомобілі будуть змушені зменшити швидкість руху, що сприятиме зниженню шуму, що вони створюють. Наприклад, менші радіуси поворотів або відрізки дороги з вузьким профілем можуть змусити водіїв повільніше рухатись, що в свою чергу знижує шумове навантаження на прилеглі території.

Крім того, ефективним геометричним рішенням є використання зелених насаджень, які можуть служити природними шумовими бар'єрами. Посадка дерев і чагарників вздовж доріг може знизити рівень шуму, оскільки рослини поглинають і розсіюють звукові хвилі, а також створюють природний екран, що відокремлює дорогу від прилеглих територій.

При проектуванні доріг також варто враховувати інші геометричні параметри, такі як відстань між автомобілями, розміщення розділювальних смуг, пристосування дороги до місцевих умов тощо. Всі ці фактори можуть впливати на швидкість руху автомобілів і, відповідно, на рівень шуму, що вони створюють.

Таким чином, використання спеціальних геометричних рішень у проектуванні доріг може сприяти зниженню шумового навантаження на прилеглі території. Це може створити більш комфортну та тиху середу для мешканців і допомогти забезпечити якість життя в околицях автомобільних доріг.

Звукоізоляційні бар'єри: Встановлення звукоізоляційних бар'єрів поруч з автомобільною трасою може значно знизити рівень шуму, що досягає навколишніх населених пунктів. Ці бар'єри можуть бути зроблені з різних матеріалів, таких як бетон, шумоізоляційні панелі або зелені насадження.

Бетонні звукоізоляційні бар'єри є одним з найпоширеніших варіантів. Вони складаються з масивних стін, які здатні поглинати та відбивати звукові хвилі. Такі бар'єри можуть бути високі та широкі, що дозволяє забезпечити ефективну звукоізоляцію.

Шумоізоляційні панелі є ще одним варіантом звукоізоляційних бар'єрів. Вони зазвичай виготовляються зі спеціальних матеріалів, які мають високу звукоізоляційну ефективність. Ці панелі можуть мати різні конструкції, що дозволяє їх використовувати на різних типах доріг та умовах.

Зелені насадження також можуть виступати як звукоізоляційні бар'єри. Посадка дерев та чагарників поруч з трасою може виграти роль природного звукоізоляційного екрана. Рослини поглинають звукові хвилі та розсіюють шум, що допомагає знизити його рівень в межах прилеглих населених пунктів.

При виборі звукоізоляційних бар'єрів важливо враховувати різні фактори, такі як висота бар'єру, розташування від траси, тип дороги та особливості місцевості. Оптимальне поєднання різних типів бар'єрів та їх розташування може максимально знизити рівень шуму та створити комфортне середовище для мешканців навколишніх населених пунктів.

Загалом, використання звукоізоляційних бар'єрів є важливим аспектом при проектуванні та будівництві автомобільних трас. Вони можуть знижувати шумове забруднення та сприяти створенню тихого та комфортного середовища для населення, що проживає поруч з дорогами.

Будинки-екрани є одним із методів зниження рівня шуму, що походить від автомобільних доріг. Це будівлі, розташовані вздовж траси, які виступають у ролі природних або штучних звукоізоляційних бар'єрів.

Будинки-екрани можуть мати різні форми та конструкції. Наприклад, це можуть бути високі стіни або перегородки, що забезпечують фізичну перешкоду для звукових хвиль. Вони можуть бути виготовлені з різних матеріалів, таких як бетон, цегла, метал або спеціальні шумоізоляційні матеріали.

Головна функція будинків-екранів полягає в тому, щоб перекрити шлях для поширення звуку і захистити прилеглі населені пункти від шуму, що генерується автотранспортом. Вони допомагають відбивати або поглинати звукові хвилі, перешкоджаючи їх поширенню в сторону житлових районів.

При проектуванні будинків-екранів необхідно враховувати ряд факторів, таких як висота, розміщення від траси, конструкція та матеріали, використані для їх будівництва. Також важливо враховувати естетичний аспект, оскільки будинки-екрани мають бути вписані в місцевий ландшафт та архітектурні вимоги.

Будинки-екрани можуть ефективно знижувати шумове навантаження на прилеглі території та створювати більш комфортне середовище для мешканців. Вони сприяють зменшенню шумового забруднення та можуть бути використані як додатковий захисний захід для житлових районів, розташованих поруч з автомобільними трасами.

Акустичне проектування дорожнього покриття: Використання спеціальних матеріалів для дорожнього покриття може значно знизити шум, що виникає під час руху автомобілів. Наприклад, застосування гумових асфальтобетонів або пористого асфальту може значно зменшити шумове навантаження.

Одним з ефективних рішень є застосування гумових асфальтобетонів або пористого асфальту. Гумові асфальтобетони містять гранульовану гуму, яка додається до асфальтної суміші. Це дозволяє покращити акустичні властивості покриття шляхом поглинання та розсіювання звукової енергії. Гумовий асфальтобетон зменшує рівень шуму, що випромінюється автомобілями, і сприяє створенню більш тихого оточення для оточуючих.

Пористий асфальт (або асфальт з відкритими порами) також є ефективним матеріалом для зниження шумового навантаження. Цей тип асфальту має спеціальну структуру, що дозволяє поглинати і розсіювати звукову енергію. Відкриті пори в асфальті допомагають розсіювати звукові хвилі, що зменшує їх інтенсивність і сприяє зниженню рівня шуму.

Крім вищезгаданих матеріалів, існують й інші спеціальні типи дорожніх покриттів, призначених для шумозахисту. Наприклад, використання резинових покриттів або спеціальних шумопоглинаючих шарів може додатково знизити шум, що генерується під час руху автомобілів.

Правильне управління швидкістю: Швидкість руху автомобілів має безпосередній вплив на рівень шуму. Застосування обмежень швидкості та засобів контролю швидкості на автомобільних дорогах може знизити шумове забруднення в прилеглих районах.

Застосування обмежень швидкості на автомобільних дорогах є ефективним способом контролювати шумове навантаження. Обмеження швидкості допомагають зменшити шум, що випромінюється автомобілями під час руху. Чим нижча швидкість руху, тим менше шуму генерується, оскільки шумові емісії зазвичай залежать від швидкості автомобілів.

Крім того, засоби контролю швидкості, такі як швидкісні камери, радари і дисплеї з відображенням швидкості, допомагають контролювати дотримання обмежень швидкості. Це сприяє зниженню швидкості руху транспорту і, відповідно, зменшенню шумового забруднення. Засоби контролю швидкості можуть бути встановлені на ділянках доріг з високим рівнем шуму або в проживальних районах, де необхідно забезпечити спокій та комфорт для мешканців.

Важливо враховувати місцеві умови, потоки транспорту та специфіку конкретного району при встановленні обмежень швидкості та засобів контролю. Правильне управління швидкістю сприяє

зниженню шумового навантаження і впливає на створення більш сприятливого середовища для проживання мешканців і активного відпочинку.

Висновки. Шумозахисні принципи під час будівництва автомобільних доріг є важливим елементом вирішення проблем шумового забруднення. Правильне вибір місця будівництва, геометрія дороги, використання звукоізоляційних бар'єрів, акустичне проектування дорожнього покриття та управління швидкістю - усі ці заходи сприяють зниженню шумового навантаження на прилеглі території та поліпшенню якості життя людей.

Далі потрібно розширити та деталізувати кожен з принципів, навести приклади успішних реалізацій, а також обговорити важливість співпраці між інженерами, архітекторами, владою та громадою при плануванні та будівництві автомобільних доріг з урахуванням шумозахисних принципів.

Перелік посилань

[1] Summary of Noise Barriers Constructed By December 31, 2010. - Washington, DC: U.S. Department of Transportation, July 2012.

[2] Ahmed A., Fahim M. A., & Seddeq H. S. (2010). Noise prediction for outdoor cooling systems; case study. Journal of American Science, 6(11), 899–905.

[3] Fleming G., Gregg E., Rickley (1994). Performance Evaluation of Experimental Highway Noise Barriers. Report No. DOT-VNTSC-FHWA-94-16 and FHWA-RD-94-093. Cambridge MA: John A. Volpe National Transportation Systems Center.

[4] Fleming, Gregg G., Rickley E. (1990). Parallel Barrier Effectiveness: Dulles Noise Barrier Project. Report No. FHWA-RD-90-105and DOT-TSC-FHWA-90-1. Cambridge MA: U.S. Department of Transportation, John A. Volpe National Transportation Systems Center, Acoustics Facility.

[5] Highway Noise Barriers: Performance, Maintenance and Safety (Video). Cambridge, MA: John A. Volpe National Transportation Systems Center, 1996. - October.

[6] Gordon C. G., Galloway W. J., Kugler B. A., Nelson D. L. (1971). *NCHRP Report 117*: Highway Noise: A Design Guide for Highway Engineers. HRB, National Research Council, Washington, D.C., 1971.

[7] Highway Noise Barrier Design Handbook. Prepared by Gregg G. Fleming, Harvey S. Knauer , Cynthia S.Y. Lee, Soren Pedersen. 2000.

[8] Banerjee D. Ambient Noise Level around an integrated Iron & Steel works, Bulletin of National Institute of Ecology, 2006. – 32(4). – pp.144–146.

NOISE PROTECTION PRINCIPLES OF HIGHWAY CONSTRUCTION

Ilchenko Volodymyr V., associate professor znpbud@gmail.com, ORCID: 0000-0003-0346-8218 Department "Department of Highways, Geodesy, Land Management and Rural Buildings" *Poltava National Technical University named after Yury Kondratyuk* Pershotravnevy prospect, 24, Poltava, Poltava region, 36000

Dorozhko Evgeny V., associate professor evgeniy.dorozhko@gmail.com, ORCID: 0000-0003-2894-2131 department "road design, geodesy and land management" *Kharkiv National Automobile and Road University* 25 Yaroslav Mudry Street, Kharkiv, Kharkiv region, 61002

Abstract. According to the results of scientific research, it was established that the noise generated by vehicles has a negative impact on people's health, therefore, effective solutions in the field of construction and planning are needed to reduce the noise load on residential areas.

Usually, noise is produced by the movement of cars, their engines and road surfaces. Noise can have a negative impact on people's health, leading to stress, sleep problems, impaired concentration and other physical and psychological health problems.

The most important noise protection principles are the selection of a suitable place for the construction of a road, the use of special geometric solutions that can help reduce the noise load on the surrounding areas, and the installation of soundproof barriers.

A fairly effective means of combating the noise load from the highway is the installation of noise protection screens along the highway. They can be made of different materials, different in structural and geometric perspective.

It has been studied that the most effective way to protect rural areas from traffic noise is the construction of screen houses along transport highways. According to the data, the noise level behind such buildings decreases to 23 dBA compared to the noise level on the transport highway itself.

A noise map is used to determine the noise level in built-up areas as a whole and in individual sections of microdistricts, which is a graphical representation of sound pressure level curves plotted on a plan diagram. These maps make it possible to estimate the reduction of the noise level with distance from the transport highway.

Key words: noise load, noise-absorbing structures, acoustic design, noise protection principles, road geometry, vehicles.

References

[1] Summary of Noise Barriers Constructed By December 31, 2010. – Washington, DC: U.S. Department of Transportation, July 2012.

[2] A. Ahmed, M. A. Fahim, & H. S. Seddeq. Noise prediction for outdoor cooling systems; case study. *Journal of American Science*, 6(11), 899–905.

[3] G. Fleming, E. Gregg, Rickley. Performance Evaluation of Experimental Highway Noise Barriers. *Report No. DOT-VNTSC-FHWA-94-16 and FHWA-RD-94-093*. Cambridge MA: John A. Volpe National Transportation Systems Center.

[4] Fleming, G. Gregg, E. Rickley. Parallel Barrier Effectiveness: Dulles Noise Barrier Project. Report No. FHWA-RD-90-105and DOT-TSC-FHWA-90-1. Cambridge MA: U.S. Department of Transportation, John A. Volpe National Transportation Systems Center, Acoustics Facility.

[5] Highway Noise Barriers: Performance, Maintenance and Safety (Video). Cambridge, MA: John A. Volpe National Transportation Systems Center, 1996.

[6] C. G. Gordon, W. J. Galloway, B. A. Kugler, D. L. Nelson. *NCHRP Report 117*: Highway Noise: A Design Guide for Highway Engineers. HRB, National Research Council, Washington, D.C., 1971.

[7] Highway Noise Barrier Design Handbook. Prepared by Gregg G. Fleming, Harvey S. Knauer , Cynthia S.Y. Lee, Soren Pedersen. 2000.

[8] D. Banerjee Ambient Noise Level around an integrated Iron & Steel works, Bulletin of National Institute of Ecology, 2006, 32(4), pp.144–146.

УДК 539.3
UDC 539.3

DOI: 10.33744/0365-8171-203-113.2-045-054

СТРУКТУРА ОБЧИСЛЮВАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ РОЗРАХУНКУ НА МІЦНІСТЬ ПРИЗМАТИЧНИХ ТІЛ НА ОСНОВІ НАПІВАНАЛІТИЧНОГО МЕТОДУ СКІНЧЕНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

STRUCTURE OF THE COMPUTER COMPLEX FOR CALCULATING THE STRENGTH OF PRISMATIC BODIES BASED ON THE SEMI-ANALYTIC METHOD OF FINITE ELEMENTS



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

https://orcid.org/0009-0001-1841-694X



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

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



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

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



Степаненко Тетяна Степанівна, *доцент кафедри комп'ютерної, інженерної графіки та дизайну, Національний транспортний університет, Київ, Україна,*

https://orcid.org/0009-0009-2304-9783

Анотація. Одним з головних і відповідальних етапів створення апарату чисельного аналізу конструкцій методом скінченних елементів є його реалізація у вигляді комплексу програм. Принципи побудови комплексу мають враховувати сучасні вимоги, що виставляються до програмного

забезпечення розрахунку міцності в сучасних розрахункових комплексах. До їх числа в першу чергу відноситься автоматизація основних етапів обчислювального процесу, раціональне використання ресурсів операційної та зовнішньої пам'яті запам'ятовуючих пристроїв, не замкнутість у відношенні до класів задач, що вирішуються, алгоритми завдання вхідних даних, методом дискретизації та вирішення систем рівнянь і т.д. Крім того структура програм повинні враховувати специфіку напіваналітичного методу скінченних елементів, для якого ще не накопичений такий великий досвід створення розвинутих систем математичного забезпечення вишукувань просторових конструкцій, як при використанні традиційного варіанту МСЕ. Значний досвід скінченоелеметного розв'язання задач механіки, накопичений впродовж останніх десятиріч, знайшов відображення у низці промислових комерційних програмних комплексів, вітчизняного (ЛИРА, SCAD) та іноземного (ANSYS, Nastran, ABAQUS) виробництва. Розвинена скінченноелементна база цих програмних комплексів дозволяє отримувати розв'язки широкого кола задач механіки деформівного твердого тіла для об'єктів різної вимірності, в тому числі для масивних просторових тіл, а зручні засоби введення-виведення інформації і обробки отриманих результатів роблять їх вельми доступними для широкого кола користувачів та дозволяють з максимальним ступенем наочності відображати отримані результати. Також існують об'єктно орієнтовані комплекси, які створені на виробничих підприємствах та науково-дослідних інститутах наприклад в Інституті проблем міцності НАН України, у Дніпропетровському національному університеті.

Проведений дослідження визначить найбільш оптимальні з точки зору обчислювальних витрат і складності реалізації шляхи розв'язання перелічених задач, а також окреслить коло нерозв'язаних питань.

Ключові слова. Метод скінчених елементів (МСЕ), напіваналітичний метод скінчених елементів (НМСЕ), ряди Фур'є, масивні, тонкостінні призматичні тіла, вектор вузлових реакцій, коефіцієнти матриці жорсткості.

Постановка проблеми

Значне число досліджень, пов'язаних з розробкою і застосуванням НМСЕ [3-5, 7, 9-11, 24,], як правило, використовуються співвідношення тонких оболонок [12]. Розглянуті різні задачі, пов'язані з урахуванням розгалужених і складових систем [13-15, 25], визначенням напружено-деформованого стану оболонок змінної товщини при термосилового навантаження [16, 20, 23].

В роботах, що відображають застосу-вання напіваналітичного методу скінченних елементів до розрахунку тіл обертання [1, 2, 6, 8, 17-19, 21, 22], використана ціла бібліотека СЕ яка складається з базових і спеціальних скінчені елементи.

Завдання обробка і друк вихідної інформації

Перетворення вхідної інформації в оперативну про геометричні зв'язки, перешкоджаючи переміщенням вузлів сіткової області по всій довжині призматичного тіла, виконує підпрограма

$$ZAKP\ (I1, J1, I2, J2, MN, F, HMS)$$

де MN – умовне число, що визначається в залежності від наявності переміщення по направленню або рівність їх нулю (див. табл.1.).

Після звернення до програми ZAKP в масиві для вузлів N(I,J), що задовольняє умови:

$$I1 \le I \le I2\ ,\ J1\ \le J \le J2 \qquad (1)$$

значення кодів у чарунках F(N) зменшується на величину числа MN.

При відсутності кріплень на торцях тіла в усі чарунки масиву $FTP(HMS)$ заноситься число 77. Вхідна інформація про наявність геометричних зв'язків у вузлах $N(I,J)$ на торцях тіла перетворюється в оперативну підпрограму

$$ZAKREP(I1, J1, I2, J2, LN, FTP, HMS)$$

де десятки $L(x^3 = -1)$ та одиниці $N(x^3 = 1)$ числа LN підбираються аналогічно умовному числу MN.

Таблиця – 1
Table – 1

MN	Z^1	Z^2	Z^3
1	0	U_2	U_3
2	U_1	0	U_3
3	0	0	U_3
4	U_1	U_2	0
5	0	U_2	0
6	U_1	0	0
7	0	0	0

Обчислення координат вузлів дискретної моделі та оформлення їх в масив $Z(2,HMS)$ виконує підпрограма,

$$K\Phi\Phi RD\ (N1,\ldots,NN,I1,\ldots,IN,Z,HMS)$$

що складається в термінах мови ФОРТРАН. У процесі роботи підпрограма $K\Phi\Phi RD$ використовує модулі типу $INTERL$, $INTERP$ і т.д., що дозволяють задавати вхідну інформацію укрупненими блоками, межі яких визначені значенням сіткових координат $(N1,\ldots,NN)$ та $(I1,\ldots,IN)$.

Визначення сіткових координат вузла з номером N в напрямку K виконує блок

$$SETK\Phi R\ (N,K)$$

Заповнення масивів $FI(NUL,KZZ)$ та $FI3(NUL,KZZ)$, значенням координатних функцій та їх похідних по x^3, обчисленими в точках інтегрування, при розкладі переміщення по поліномам відбувається в результаті роботи підпрограми

$$FUNKP\ (F1,FI3,NUL,KZZ)$$

Цю операцію для рядів Фур'є виконує підпрограма

$$FUNKF(F1,FI3,NUL,KZZ)$$

Розглянемо варіанти опису вихідних даних в програмі $DAN\Phi$ на прикладі конструкції. Для зручності заданя вхідної введемо у розгляд сітку мінімальної густоти, відображаючу основні геометричні, фізичні та кінематичні особливості об'єкта, яку будемо називати опорною. Вузли опорної сітки на рис. 3.3 та 3.4 відмічені подвійними кругами, а сіткові координати цих вузлів представляють сукупність чисел $(I,M1,L1)$ по першому напрямку і $(I,K1,K2,M2)$ по другому. В цьому випадку текстовий модуль вхідної інформації має вигляд:

$$M1=5\ \langle\rangle M2=9\ \langle\rangle NUL=5\ \langle\rangle KZZ=9$$

$$HMS=M1\times M2$$

$$L1=3$$

$$K1=3\ \langle\rangle\ K2=7$$

$$CALL\ TEL\Phi(1,1,M1,M2,F,HMS)$$

$$CALL\ P\Phi L\Phi S(L1,K1,M1,K2,F,HMS)$$

$$CALL\ ZAKR(1,1,1,(M2+1)/2,2,F,HMS)$$

$$CALL\ ZAKREP\left(1,1,M1,M2,47,FTP,HMS\right)$$

$$CALL\ K\Phi\Phi RD\left(L1,K1,K2,Z,HMS\right)$$

$$CALL\ FUNKP\left(FI,FI3,NUL,KZZ\right)$$

$$G1=E/\left(1+V\right)\ \langle\rangle\ G2=V/\left(1.2.\times V\right)$$

Крім того в програмі $DAN\Phi$ задається кількість кроків за навантаженням IT; параметр EPS, визначаючий точність вирішення систем лінійних рівнянь; логічна константа $K\Phi R$, негативному значенню якої відповідає рішення в лінійній постановці, додатному – в пружно – пластичній.

Обчислення вектору зовнішнього впливу $\{Q\}$ походить виходячи з вираження варіації роботи зовнішніх сил, записаного для вузла з номером N:

$$\delta\mathrm{A}=\int_{x^3=-1}^{x^3=1}P^k\delta U_k\sqrt{g_{33}}\,dx^3 \tag{2}$$

де P^k – інтенсивність зовнішнього навантаження у вузлі вздовж координати x^3.

Виражаючи переміщення поліномами, отримуємо:

$$\delta\mathrm{A}=\sum_{l=0}^{L}q_{(l)}^k\delta U_k^{(l)} \tag{3}$$

де

$$q_{(l)}^k=\int_{x^3=-1}^{x^3=1}\varphi^{(l)}P^k\sqrt{g_{33}}\,dx^3 \tag{4}$$

Елементи вектора $\{Q_l\}$ обчислюючи на основі чисельного інтегрування за формулою:

$$q_{(l)}^k=\sum_{m=1}^{M}(\varphi^{(l)}P^k\sqrt{g_{33}}Hm)_{\left(x_m^3\right)} \tag{5}$$

та заносяться у масив $Q(3,HMS)$. У змінних $Q(K,N)$ значення індексів K та N мають той же зміст, що і при описанні поля координат. Аналогічно визначаються елементи вектора $\{Q_l\}$ та при використанні тригонометричних рядів.

Задання інтенсивності компонентів вузлових значень зовнішнього навантаження P^k в точці інтегрування m для лінії, що проходить через вузол з номером N, виконується програмою:

$$QRA\Phi N\left(K,N,MI,X,HMS\right)$$

де параметр MI змінюється від I до M.

Компактність представлення та надійність засобів перетворення вхідної інформації в оперативну значно зменшує кількість помилок у вихідних даних. Контроль зводиться до перевірки несуперечності інформації, що задається та візуальному спостереженню за допомогою роздруківки масивів оперативної інформації.

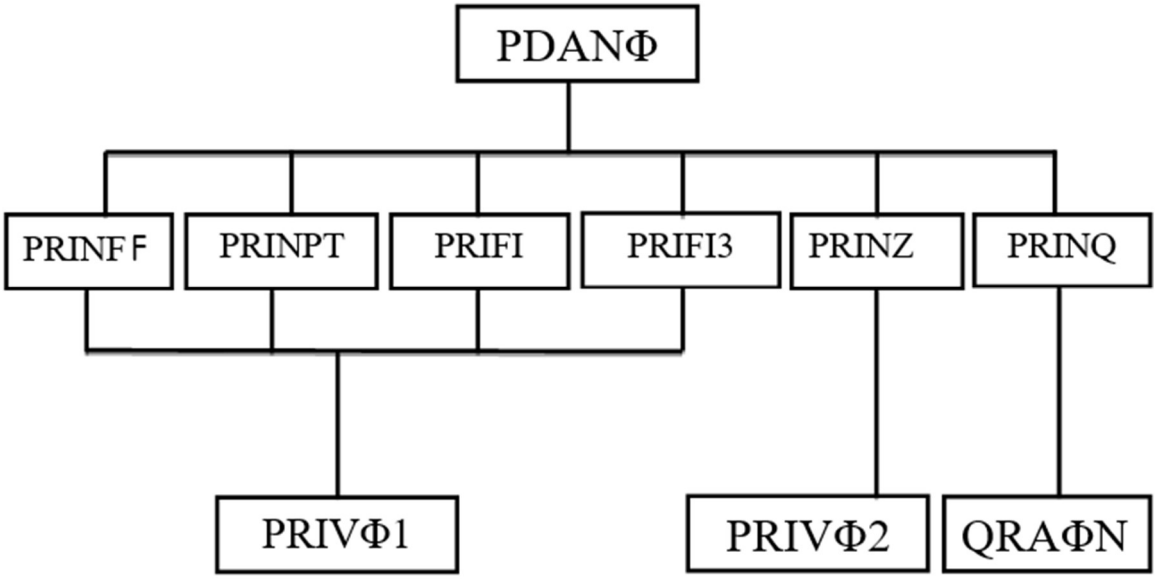


Рисунок 1 – Функціональна схема підпрограми PDANФ
Figure 1 – Functional scheme of the program PDANФ

Друк на *АЦПУ* топологічних, геометричних і т.п. даних здійснює гілка підпрограми *PDANФ*, функціональна схема яка представлена на рис. 1. Друк масивів оперативної інформації $FTP(HMS)$, $F(HMS)$, $FI(NUL,KZZ)$, $FI3(NUL,KZZ)$, $Z(2,HMS)$ та значення інтенсивності навантажень в точках інтегрування здійснюється програмами *PRINF, PRINPT, PRIFI, PRIFI3, PRINZ, PRINQ* у формі таблиці за допомогою модулів *PRIVФ1* та *PRIVФ2*. Передбачено відключення друку тих чи інших масивів за набором логічних констант, що задаються в підпрограмі *DANФ*.

Кінцевим результатом вирішення задачі є масиви інформації, відображаючі стан дискретної моделі в різні моменти часу, які зберігаються на зовнішніх запам'ятовуючих пристроях. Їх читає, обробляє та видає гілка програми *VISHФ*, функціональна схема якої представлена на рис. 2.

При вирішені лінійних задач звернення до програми *VISHФ* відбувається один раз після вирішення системи лінійних рівнянь. Зчитування масивів вузлових переміщень та напружень, обчислених в точках інтегрування, здійснюється за допомогою програми *RLENTA*, їх друк виконується блоками *PRINU* та *PRISIG* відповідно.

Перетворення вихідних величин напружень, отриманих в місцевій системі координат, здійснюють модулі *PRIM, PRIB* та *PRIG* в залежності від структури об'єкта та конкретних цілей вишукування. Наприклад, при розрахунку тонкостінних конструкцій напруження краще уявляти в місцевій криволінійній системі координат та видавати на друк фізичні величини, що визначаються за формулою:

$$\square^{ij} = \sigma^{ij}\sqrt{g_{(ii)}g_{(jj)}} \qquad (6)$$

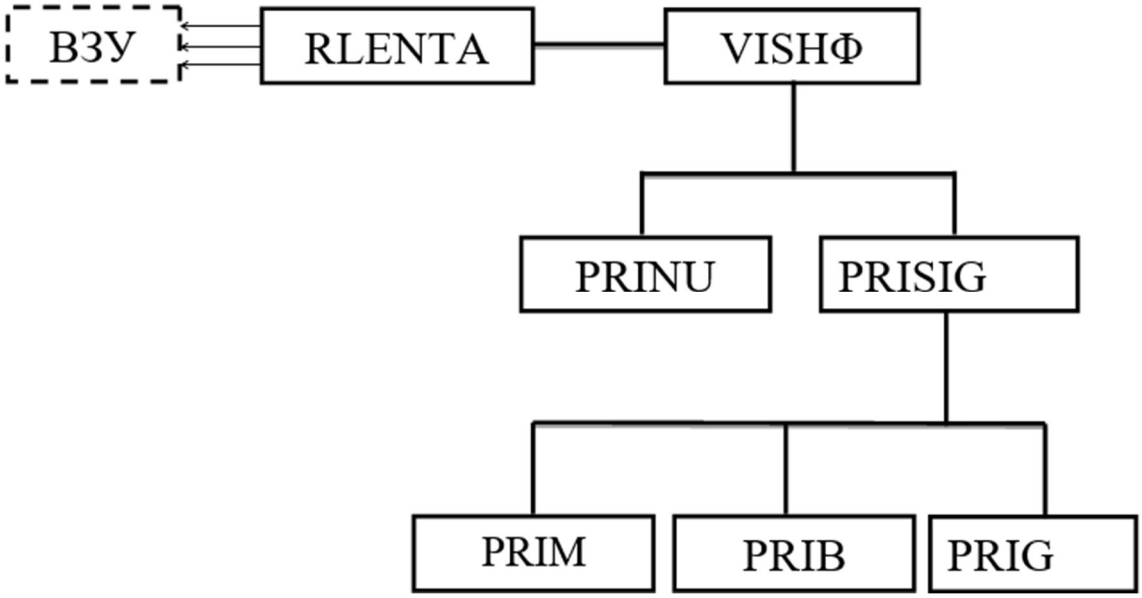


Рисунок 2 – Функціональна схема підпрограми VISHФ
Figure 2 – Functional scheme of the program VISHФ

Для масивних тіл іноді виникає необхідність надрукувати напруження в глобальній системі координат. Перетворення компонент тензора напружень в цьому випадку виконується за формулою:

$$\sigma^{(m'n')} = \sigma^{ij} Z_{(,i)}^{(m')} Z_{(,j)}^{(n')} \tag{7}$$

Крім того для характеристики напруженого стану конструкції складної форми більше значення мають головні напруження:

$$\sigma^{\alpha} = \frac{\sigma^{1'1'} + \sigma^{2'2'}}{2} \pm \sqrt{\frac{\sigma^{1'1'} + \sigma^{2'2'}}{2} + (\sigma^{1'2'})^2} \tag{8}$$

Направлення площин, на які діють головні напруження, характеризуються кутом α:

$$tg2\alpha = \frac{2\sigma^{1'2'}}{\sigma^{1'1'} - \sigma^{2'2'}} \tag{9}$$

Висновки

При вирішенні лінійних задач звернення до *VISHФ* здійснюється на кожному кроці навантаження. На друк видаються такі величини: номер кроку, число ітерації, переміщення вузлів сіткової області, компоненти тензора напружень, інтенсивність дотичних напружень та інтенсивність пластичних деформацій.

Перелік посилань

1. Алгоритм розв'язання вісесиметричних задач нестаціонарної теплопровідності / О.І. Гуляр, С.О. Пискунов, Ю.В. Максим'юк [та ін.] // Опір матеріалів і теорія споруд. – 2015. – Вип. 95. – С. 11–20.

2. Андрієвський В.П. Методика розв'язання вісесиметричних задач стаціонарної теплопровідності та термопружності на основі МССЕ / В.П. Андрієвський, Ю.В Максим'юк // Опір матеріалів і теорія споруд. – 2014. – Вип. 93. – С. 64–72.

3. Баженов В.А. Алгоритм розв'язання просторової задачі термов'язко-пружнопластичності призматичних тіл з урахуванням пошкодженості / Баженов В.А., Гуляр О.І., Пискунов С.О., Андрієвський В.П. // Опір матеріалів і теорія споруд, № 78, 2006. – С.3-17.

4. Баженов В.А. Дослідження континуального, дискретного та дисперсного руйнування просторових тіл на основі напіваналітичного методу скінченних елементів / Баженов В.А., Гуляр О.І., Пискунов С.О., Сахаров О.С., Ільченко О.М, Рутковський В.А. // "Опір матеріалів і теорія споруд", 2002. – №70. – С.3-32.

5. Баженов В.А. Ефективність розв'язання просторових задач теорії повзучості / Баженов В.А., Гуляр О.І., Пискунов С.О., Рутковський В.А. // Опір матеріалів і теорія споруд № 74, 2004 С.3–13.

6. Баженов В.А. Напружено-деформований стан і формозмінення в тілах обертання складної структури / В.А. Баженов, Ю.В Максим'юк // Опір матеріалів і теорія споруд – 2019. – Вип. 102. – С. 3–12.

7. Баженов В.А. Решение пространственных задач термовязкопластичности на основе ПМКЭ / Баженов В.А., Гуляр А.И., Пискунов С.О., Андриевский В.П. // Прикладная механика, 2009. – С.60-75.

8. Баженов В.А. Розрахункові співвідношення НМСЕ просторової задачі термов'язкопружнопластичності для неоднорідних тіл обертання / Баженов В.А., Гуляр О.І., Пискунов С.О., Остапенко Р.М // Опір матеріалів і теорія споруд № 82, 2008. – С.3-29.

9. Баженов В.А. Чисельне моделювання нелінійного деформування, континуального і дискретного руйнування методом скінченних елементів /Баженов В.А., Гуляр О.І., Пискунов С.О., Сахаров О.С. // "Технологические системы" №2(13) 2002. –С.30-33.

10.Баженов В. А. Напіваналітичний метод скінчених елементів в задачах руйнування просторових тіл: Монографія /В.А. Баженов, О.І. Гуляр, С.О. Пискунов, О.С. Сахаров – К. : КНУБА, 2005. – 298 с.

11.Баженов В. А. Напіваналітичний метод скінченних елементів в задачах континуального руйнування просторових тіл: Монографія /В.А. Баженов, О.І. Гуляр, С.О. Пискунов, О.С. Сахаров – К. : «Каравела», 2014. – 236 с.

12.Баженов В. А. Нелінійне деформування та стійкість пружних оболонок неоднорідної структури / В. А. Баженов, О. П. Кривенко, М. О. Соловей.– К. : ЗАТ «Віпол», 2010. – 315 с.

13.Гуляр О. Універсальний призматичний скінчений елемент загального типу для фізично і геометрично нелінійних задач деформування призматичних тіл / О. Гуляр, Ю. Максим'юк, А. Козак, О. Максим'юк // Будівельні конструкції теорія і практика – 2020. – Вип. 6. – С. 72–84. DOI

14.Іванченко Г.М. Побудова розв'язувальних рівнянь напіваналітичного методу скінченних елементів для призматичних тіл складної форми / Г.М. Іванченко, Ю.В. Максим'юк, А.А. Козак, І.Ю. Мартинюк // Управління розвитком складних систем: Наук.-техн. збірн. – К.: КНУБА, 2021 – Вип.46 – С. 55-62.

15.Максим'юк Ю. Особливості виведення формул для обчислення вузлових реакцій і коефіцієнтів матриці жорсткості скінченого елемента з усередненими механічними і геометричними параметрами / Ю. Максим'юк, А. Козак, І. Мартинюк, О. Максим'юк // Будівельні конструкції теорія і практика. – 2021. – Вип. 8. – С. 97–108. DOI

16.Максим'юк Ю. Розв'язувальні співвідношення моментної схеми скінчених елементів в задачах термов'язкопружнопластичного деформування / Ю. Максим'юк, А. Козак, О. Максим'юк // Будівельні конструкції теорія і практика – 2019. – Вип. 4. – С. 10–20. DOI

17.Максим'юк Ю.В. Алгоритм розв'язку задач нелінійного деформування та стійкості пружнопластичних вісесиметричних оболонок середньої товщини / Ю.В Максим'юк // Опір матеріалів і теорія споруд – 2014. – Вип. 92. – С. 148–156.

18.Максим'юк Ю.В. Розрахункові співвідношення універсального скінченого елемента на основі моментної схеми скінчених елементів / Ю.В Максим'юк // Опір матеріалів і теорія споруд – 2015. – Вип. 94. – С. 244–251.

19.Максим'юк Ю.В. Скінчений елемент загального типу для розв'язку вісесиметричної задачі нестаціонарної теплопровідності / Ю.В Максим'юк // Опір матеріалів і теорія споруд – 2016. – Вип. 96. – С. 148–157.

20.Метод скінченних елементів у задачах деформування та руйнування тіл обертання при термосиловому навантаженні / [Баженов В.А., Пискунов С.О., Максим'юк Ю.В.] – Київ: Вид-во "Каравела", 2018. – 316с.

21.Особливості використання моментної схеми скінчених елементів (МССЕ) при лінійних розрахунках оболонок і пластин / С.О. Пискунов, І.І. Солодей, Ю.В Максим'юк, А.Д. Солоденко // Опір матеріалів і теорія споруд. – 2013. – Вип. 91. – С. 59–75.

22.Особливості використання моментної схеми скінчених елементів (МССЕ) при нелінійних розрахунках оболонок і пластин / В.А. Баженов, О.С. Сахаров, О.І. Гуляр [та ін.] // Опір матеріалів і теорія споруд. – 2014. – Вип. 92. – С. 3–16.

23.Пискунов С.О. Визначення напружено-деформованого стану тіл обертання із використанням кругового скінченого елемента змінної площі поперечного перерізу / Пискунов С.О., Мицюк С.В., Шкриль О.О. // Геотехническая механика. – Днепропетровск, 2007. – Вып. 71. – С. 198-203.

24.Пискунов С.О. Призматичний скінчений елемент змінної геометрії / Пискунов С.О., Рутковский В.А., Шкриль О.О. // Опір матеріалів і теорія споруд. Наук.- техн. збірник – К.: КНУБА, 2005.- Вип.. 76, 2005. – С.83–90. Розгалуження

*25.*Maksimyuk Yu.V. Basic relations for physically and geometrically nonlinear problems of deformation of prismatic bodies/ Yu.V. Maksimyuk, S.O. Pyskunov, A.A. Shkril', O.V. Maksimyuk // Опір матеріалів і теорія споруд– 2020. – Вип. 104. – С. 255–264.

STRUCTURE OF THE COMPUTER COMPLEX FOR CALCULATING THE STRENGTH OF PRISMATIC BODIES BASED ON THE SEMI-ANALYTIC METHOD OF FINITE ELEMENTS

Kuz′minets′ Mykola P., doktor tekhnichnykh nauk, profesor, zaviduvach kafedroyu komp'yuternoyi, inzhenernoyi hrafiky ta dyzaynu, Natsional′nyy transportnyy universytet, Kyyiv, Ukrayina, e-mail: kuzminecmp@ukr.net, tel. +*380983600812*, Ukrayina, 01103, m. Kyyiv, vul. M. Boychuka, 40A. https://orcid.org/0009-0001-1841-694X

Maksym″yuk Yuriy V., doktor tekhnichnykh nauk, profesor, profesor kafedry budivel′noyi mekhaniky, Kyyivs′kyy natsional′nyy universytet budivnytstva i arkhitektury, Kyyiv. https://orcid.org/0000-0002-5814-6227

Martynyuk Ivan YU., kandydat tekhnichnykh nauk, doktorant kafedry budivel′noyi mekhaniky, Kyyivs′kyy natsional′nyy universytet budivnytstva i arkhitektury, Kyyiv. https://orcid.org/0000-0001-7957-2068 **Stepanenko Tetyana S**., dotsent kafedry komp'yuternoyi, inzhenernoyi hrafiky ta dyzaynu, Natsional′nyy transportnyy universytet, Kyyiv, Ukrayina. *https://orcid.org/0009-0009-2304-9783*

Abstract. One of the main and responsible stages of creating an apparatus for numerical analysis of structures using the finite element method is its implementation in the form of a set of programs. The principles of complex construction should take into account modern requirements for strength calculation software in modern calculation complexes. Among them, first of all, automation of the main stages of the computing process, rational use of the resources of the operating and external memory of storage devices, non-closedness in relation to the classes of problems to be solved, algorithms for the task of input data, the method of discretization and solution of systems of equations and etc. In addition, the structure of the programs should take into account the specifics of the semi-analytical method of finite elements, for which such a large experience of creating developed systems of mathematical support for the search of spatial structures has not yet been accumulated, as when using the traditional version of FEM. Considerable experience in solving finite element mechanics problems, accumulated over the past decades, has been reflected in a number of industrial commercial software complexes of domestic (LIRA, SCAD) and foreign (ANSYS, Nastran, ABAQUS) production. The developed finite element base of these software complexes allows you to obtain solutions to a wide range of problems of the mechanics of a deformable rigid body for objects of different dimensions.

including for massive spatial bodies, and convenient means of input-output of information and processing of the obtained results make them very accessible to a wide circles of users and allow to display the obtained results with the maximum degree of visibility. There are also object-oriented complexes created at manufacturing enterprises and research institutes, for example at the Institute of Strength Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine, at the Dnipropetrovsk National University.
The conducted research will determine the most optimal ways of solving the listed problems from the point of view of computing costs and complexity of implementation, as well as outline the circle of unsolved issues.
Keywords. Finite element method (FEM), semi-analytic finite element method (SFEM),Fourier series, massive, thin-walled prismatic bodies, vector of nodal reactions, coefficients of the stiffness matrix.

References

1. Alhorytm rozviazannia visesymetrychnykh zadach nestatsionarnoi teploprovidnosti / O.I. Huliar, S.O. Pyskunov, Yu.V. Maksymiuk [ta in.] // Opir materialiv i teoriia sporud. – 2015. – Vyp. 95. – S. 11–20.
2. Andriievskyi V.P. Metodyka rozviazannia visesymetrychnykh zadach statsionarnoi teploprovidnosti ta termopruzhnosti na osnovi MSSE / V.P. Andriievskyi, Yu.V Maksymiuk // Opir materialiv i teoriia sporud. – 2014. – Vyp. 93. – S. 64–72.
3. Bazhenov V.A. Alhorytm rozviazannia prostorovoi zadachi termoviazko-pruzhnoplastychnosti pryzmatychnykh til z urakhuvanniam poshkodzhenosti / Bazhenov V.A., Huliar O.I., Pyskunov S.O., Andriievskyi V.P. // Opir materialiv i teoriia sporud, № 78, 2006. – S.3-17.
4. Bazhenov V.A. Doslidzhennia kontynualnoho, dyskretnoho ta dyspersnoho ruinuvannia prostorovykh til na osnovi napivanalitychnoho metodu skinchennykh elementiv / Bazhenov V.A., Huliar O.I., Pyskunov S.O., Sakharov O.S., Ilchenko O.M, Rutkovskyi V.A. // "Opir materialiv i teoriia sporud", 2002. – №70. – S.3-32.
5. Bazhenov V.A. Efektyvnist rozviazannia prostorovykh zadach teorii povzuchosti / Bazhenov V.A., Huliar O.I., Pyskunov S.O., Rutkovskyi V.A. // Opir materialiv i teoriia sporud № 74, 2004 S.3–13.
6. Bazhenov V.A. Napruzheno-deformovanyi stan i formozminennia v tilakh obertannia skladnoi struktury / V.A. Bazhenov, Yu.V Maksymiuk // Opir materialiv i teoriia sporud – 2019. – Vyp. 102. – S. 3–12.
7. Bazhenov V.A. Reshenye prostranstvennыkh zadach termoviazkoplastychnosty na osnove PMKЭ / Bazhenov V.A., Huliar A.Y., Pyskunov S.O., Andryevskyi V.P. // Prykladnaia mekhanyka, 2009. – S.60-75.
8. Bazhenov V.A. Rozrakhunkovi spivvidnoshennia NMSE prostorovoi zadachi termoviazkopruzhnoplastychnosti dlia neodnoridnykh til obertannia / Bazhenov V.A., Huliar O.I., Pyskunov S.O., Ostapenko R.M // Opir materialiv i teoriia sporud № 82, 2008. – S.3-29.
9. Bazhenov V.A. Chyselne modeliuvannia neliniinoho deformuvannia, kontynualnoho i dyskretnoho ruinuvannia metodom skinchennykh elementiv /Bazhenov V.A., Huliar O.I., Pyskunov S.O., Sakharov O.S. // "Tekhnolohycheskye systemы" №2(13) 2002. –S.30-33.
10. Bazhenov V. A. Napivanalitychnyi metod skinchenykh elementiv v zadachakh ruinuvannia prostorovykh til: Monohrafiia /V.A. Bazhenov, O.I. Huliar, S.O. Pyskunov, O.S. Sakharov – K. : KNUBA, 2005. – 298 s.
11. Bazhenov V. A. Napivanalitychnyi metod skinchennykh elementiv v zadachakh kontynualnoho ruinuvannia prostorovykh til: Monohrafiia /V.A. Bazhenov, O.I. Huliar, S.O. Pyskunov, O.S. Sakharov – K. : «Karavela», 2014. – 236 s.
12. Bazhenov V. A. Neliniine deformuvannia ta stiikist pruzhnykh obolonok neodnoridnoi struktury / V. A. Bazhenov, O. P. Kryvenko, M. O. Solovei.– K. : ZAT «Vipol», 2010. – 315 s.
13. Huliar O. Universalnyi pryzmatychnyi skinchenyi element zahalnoho typu dlia fizychno i heometrychno neliniinykh zadach deformuvannia pryzmatychnykh til / O. Huliar, Yu. Maksymiuk, A. Kozak, O. Maksymiuk // Budivelni konstruktsii teoriia i praktyka – 2020. – Vyp. 6. – S. 72–84. DOI
14. Ivanchenko H.M. Pobudova rozviazuvalnykh rivnian napivanalitychnoho metodu skinchennykh elementiv dlia pryzmatychnykh til skladnoi formy / H.M. Ivanchenko, Yu.V. Maksymiuk, A.A. Kozak, I.Iu. Martyniuk // Upravlinnia rozvytkom skladnykh system: Nauk.-tekhn. zbirn. – K.: KNUBA, 2021 – Vyp.46 – S. 55-62.

15.Maksymiuk Yu. Osoblyvosti vyvedennia formul dlia obchyslennia vuzlovykh reaktsii i koefitsiientiv matrytsi zhorstkosti skinchenoho elementa z userednenymy mekhanichnymy i heometrychnymy parametramy / Yu. Maksymiuk, A. Kozak, I. Martyniuk, O. Maksymiuk // Budivelni konstruktsii teoriia i praktyka. – 2021. – Vyp. 8. – S. 97–108. DOI

16.Maksymiuk Yu. Rozviazuvalni spivvidnoshennia momentnoi skhemy skinchenykh elementiv v zadachakh termoviazkopruzhnoplastychnoho deformuvannia / Yu. Maksymiuk, A. Kozak, O. Maksymiuk // Budivelni konstruktsii teoriia i praktyka – 2019. – Vyp. 4. – S. 10–20. DOI

17.Maksymiuk Yu.V. Alhorytm rozviazku zadach neliniinoho deformuvannia ta stiikosti pruzhnoplastychnykh visesymetrychnykh obolonok serednoi tovshchyny / Yu.V Maksymiuk // Opir materialiv i teoriia sporud – 2014. – Vyp. 92. – S. 148–156.

18.Maksymiuk Yu.V. Rozrakhunkovi spivvidnoshennia universalnoho skinchenoho elementa na osnovi momentnoi skhemy skinchenykh elementiv / Yu.V Maksymiuk // Opir materialiv i teoriia sporud – 2015. – Vyp. 94. – S. 244–251.

19.Maksymiuk Yu.V. Skinchenyi element zahalnoho typu dlia rozviazku visesymetrychnoi zadachi nestatsionarnoi teploprovidnosti / Yu.V Maksymiuk // Opir materialiv i teoriia sporud – 2016. – Vyp. 96. – S. 148–157.

20.Metod skinchennykh elementiv u zadachakh deformuvannia ta ruinuvannia til obertannia pry termosylovomu navantazhenni / [Bazhenov V.A., Pyskunov S.O., Maksymiuk Yu.V.] – Kyiv: Vyd-vo “Karavela”, 2018. – 316s.

21.Osoblyvosti vykorystannia momentnoi skhemy skinchenykh elementiv (MSSE) pry liniinykh rozrakhunkakh obolonok i plastyn / S.O. Pyskunov, I.I. Solodei, Yu.V Maksymiuk, A.D. Solodenko // Opir materialiv i teoriia sporud. – 2013. – Vyp. 91. – S. 59–75.

22.Osoblyvosti vykorystannia momentnoi skhemy skinchenykh elementiv (MSSE) pry neliniinykh rozrakhunkakh obolonok i plastyn / V.A. Bazhenov, O.S. Sakharov, O.I. Huliar [ta in.] // Opir materialiv i teoriia sporud. – 2014. – Vyp. 92. – S. 3–16.

23.Pyskunov S.O. Vyznachennia napruzheno-deformovanoho stanu til obertannia iz vykorystanniam kruhovoho skinchenoho elementa zminnoi ploshchi poperechnoho pererizu / Pyskunov S.O., Mytsiuk S.V., Shkryl O.O. // Heotekhnycheskaia mekhanyka. – Dnepropetrovsk, 2007. – Vыp. 71. – S. 198-203.

24.Pyskunov S.O. Pryzmatychnyi skinchenyi element zminnoi heometrii / Pyskunov S.O., Rutkovskyi V.A., Shkryl O.O. // Opir materialiv i teoriia sporud. Nauk.- tekhn. zbirnyk – K.: KNUBA, 2005.- Vyp.. 76, 2005. – S.83–90. Rozghaluzhennia.

25.Maksimyuk Yu.V. Basic relations for physically and geometrically nonlinear problems of deformation of prismatic bodies/ Yu.V. Maksimyuk, S.O. Pyskunov, A.A. Shkril, O.V. Maksimyuk // Opir materialiv i teoriia sporud– 2020. – Vyp. 104. – S. 255–264.

УДК 658.012.7
UDC 658.012.7
DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-055-060

ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В ТЕХНІЧНИХ РЕСУРСАХ ДЛЯ РЕМОНТІВ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

RESOURCES REQUIRED IN TECHNICAL RESOURCES FOR REPAIRS OF AUTOMOBILE ROADS



Лихоступ Микола Миколайович, *кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету,* ***e-mail:*** *lychostup5n5@gmail.com, тел. +380442807338, +380442803942, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 138.*

https://orcid.org/0000-0001-8139-1768



Варфоломєєв Юрій Михайлович, *кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інженерії машин транспортного будівництва Національного транспортного університету, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 121.*

https://orcid.org/0000-0001-5388-6624

Анотація. В статті розглянуті напрямки визначення потреби в ресурсах для проведення ремонтів автомобільних доріг з акцентом на заснування потреби в технічних ресурсах. При цьому базовим елементом в системі визначення потреби в ресурсах прийняті можливі планові обсяги ремонтних робіт для різних виконавців. Так для окремих підприємств вихідною інформацією служать можливі обсяги виконання всіх видів ремонтних робіт, що можуть бути отримані в результаті проведення конкурсних торгів. А в якості моделі для визначення потреби в ресурсах прийнята система заснування можливої виробничої потужності підприємства. Визначення потреби в ресурсах для проведення ремонтів автомобільних доріг в рамках окремих регіонів (областей) рекомендується на основі комплексного сполучення системи управління станом покриттів (СУСП) та системи визначення вартості будівництва. І, на кінець, визначення необхідних обсягів ресурсів для виконання ремонтів автомобільних доріг на мережі всієї країни ґрунтується на використанні експертно – аналітичних підходів до вирішення такої задачі. В процесі визначення потреби в технічних ресурсах рекомендовано реалізувати експертно – аналітичні процедури по встановленню технологічних залежностей цих ресурсів та інших ресурсів, а саме – трудових та матеріальних.

Ключові слова: ремонти автомобільних доріг, учасники діяльності, потреби в ресурсах, моделі заснування, комплексна оцінка потреби в ресурсах.

Вступ

В системі розвитку дорожнього господарства країни важливу роль відіграє оцінка можливої потреби в ресурсах, в тому числі і технічних ресурсах. В процесі вирішення такої задачі, яка відноситься до функції планування, слід виділити різні аспекти. Це, по-перше, виділення рівня вирішення такої задачі, що може бути визначено учасниками виконання програм робіт з ремонтів

автомобільних доріг. В такому випадку рекомендується визначення потреби в ресурсах для окремих дорожніх підприємств, для сукупності виконавців програми робіт в окремих регіонах, а також для всіх учасників виконання ремонтних робіт на мережі доріг країни. По-друге, це виділення терміну, в межах якого раціонально розглядати виконання програм робіт окремими виконавцями. Так, для окремих дорожніх підприємств є очевидна зацікавленість у виконання річних договорів і контрактів. А якщо мова йде про визначення регіональних потреб в ресурсах, то мова вже йде про річні та перспективні програми робіт. Сполучення таких аспектів визначає різні моделі по визначенню потреби в ресурсах, розпочинаючи з аналітичних моделей та закінчуючи експертними підходами до вирішення такої задачі. Окрім цього важливим моментом в системі визначення потреби в ресурсах для виконання програм робіт на мережах доріг регіонів чи в рамках окремих локальних програм робіт є проведення комплексного аналізу по визначенню гармонійного технологічного відношення між обсягами потреби між всіма ресурсами – трудовими, технічними та матеріальними. Всі створені та рекомендовані для визначення потреби ресурсів для проведення ремонтів автомобільних доріг потребують використання значних обсягів вихідної інформації, розпочинаючи із даних про стан доріг, оцінки пакетів пропозицій на конкурсних торгах, нормативних даних про питомі витати ресурсів, що вимагає для вимагає у більшості випадків створення нових та використання існуючих програмних комплексів.

Виклад основного матеріалу

Інформація про необхідні обсяги продукції для успішного функціонування будь – якої продуктової системи є результатом вирішення конкретних задач з планування виробництва за участю визначених учасників відповідного виробничого процесу за певний час. Однією із складних галузей (продуктової системи) народного господарства є дорожня галузь. В структурі програми робіт цієї галузі основне місце займають обсяги виробництва з ремонтів автомобільних доріг. Таке положення можливо пояснити тим, що в принципі мережа автомобільних доріг в країні вже склалась, а її підтримання вимагає проведення ремонтних робіт з метою приведення до нормативного транспортно – експлуатаційного стану дорожніх споруд. Сьогодні, в принципі, в країні не виконуються дорожньо – будівельні роботи по будівництву нових автомобільних доріг,а проведення серйозної перебудови існуючих здійснюється в рамках капітальних ремонтів.

В свою чергу проведення комплексів робіт з капітальних ремонтів вимагає значних ресурсів. Звичайно, постає при цьому питання, а які саме ресурси (трудові, матеріальні, технічні, фінансові, енергетичні, інформаційні та інші) є важливим в тому комплексі ресурсів, що використовуються для проведення робіт з капітальних ремонтів автомобільних доріг. В останні десятиріччя в країні фігурує бачення того, що фінансові ресурси є головним критерієм вирішення проблем реалізації будь – якого проекту або розвитку галузі в цілому. Це значить, що коли зненацька з'являться гроші, наприклад, подарунок спонсорів галузі або кредити партнерів, то звідкись появиться кваліфікована робоча сила та новенькі технічні засоби. Так як цього ніколи не відбудеться, то це значить, що тільки наявні ресурси (трудові, технічні та матеріальні) зможуть скласти основу для виконання необхідних програм робіт, а фінансові ресурси при цьому можуть виступати як еквівалент проміжних розрахунків та урегулювання відносин в процесах використання всіх інших видів ресурсів. Але, з іншого боку, неможливо визначити інший вид ресурсу як домінантний в процесах вирішення задачі по встановленню необхідних обсягів ресурсів взагалі, так як використання будь - якого виду ресурсу вимагає використання інших, технологічно пов'язаних з ним ресурсів. З урахуванням такого підходу до вирішення задачі по встановленню необхідних обсягів ресурсів для виконання програм робіт, все ж таки алгоритм її вирішення полягає в можливості реалізації двох моделей:

- перша: всі ресурси пов'язані технологічними відносинами та мають однакову рівновагу:
- друга: один із ресурсів приймається як домінантний (має першочергову увагу при вирішення задачі), а після отримання даних про його потребу здійснюється перерахунок в потребі інших ресурсів.

В принципі вирішення задачі в потребі ресурсів для виконання програм робіт з ремонтів автомобільних доріг може бути розвинуте за сукупністю визначаючих ознак. Насамперед мова йде про відповідального виконавця програми робіт – окремого підприємства, сукупності виконавців в регіоні (області) або виконавців, що зайняті таким видом ремонтів на всій території країни. З іншого боку,

визначення обсягів ресурсів може бути встановлено для певного часового періоду проведення ремонтних заходів. Найбільш реальними та практично доцільними відрізками часу є періоди, що складають один рік або визначаються перспективною (5 років) чи довгостроковим. терміном (20 років). Таким чином задача по визначенню необхідних обсягів ресурсів, в тому числі і технічних, визначається за трьома напрямками: перший – визначення потреби в ресурсах для виконання річних програм робіт окремими дорожніми підприємствами, другий – визначення потреби в ресурсах для виконання робіт з ремонтів регіональної мережі доріг на протязі року або в межах перспективного періоду; третій – визначення потреби в ресурсах для виконання перспективних або дострокових програм робіт на мережі доріг країни.

Вирішення задачі у визначенні необхідних обсягів ресурсів, в тому числі і технічних, для виконання річних програм робіт окремого виконавця передбачає використання принципу рівномірних технологічних пропорцій у використанні різних ресурсів для виконання певних програм робіт встановленої структури. Це значить, що структура робіт з ремонтів доріг практично стабільна на протязі року, а базовою інформацією є дані про наявність у Виконавця трудових та технічних ресурсів, їх технологічні характеристики та нормативні дані про витрати ресурсів на одиницю виміру ремонтних робіт. Вирішення такої задачі пропонується на основі моделі про визначення виробничої потужності підприємства [1], коли всі ресурси – технічні,трудові та матеріальні, що використовуються в процесі виконання можливих річних контрактів на проведення ремонтів автомобільних доріг мають однакову технологічну цінність та повинні бути використані у відповідності до чітких технологічних

В результаті розрахунку можливої технологічно допустимої виробничої потужності (допустимої річної програми робіт по виконанню ремонтних робіт) можливо отримати інформацію про потреби у всіх видах ресурсів (в тому числі і технічних) у кількісному виразі. Слід зауважити, що такі розрахунки є найбільш зваженими та достовірними з точки зору визначення збалансованої кількості всіх видів ресурсів для виконання програми робіт. Але з точки зору визначення потреби в технічних ресурсах цікавість в таких розрахунків полягає в тому, що за вихідною інформацією можливо виконати додаткові процедури що до ефективності та перспектив використання технічних ресурсів. По-перше, це виконання порівняльного аналізу наявної кількості технічних ресурсів конкретного Виконавця програми ремонтних робіт та розрахункової кількості, тобто кількості ресурсів, що технологічними умовами повинні бути використані для виконання програми робіт підприємства. По-друге, наявність інформації про виробничу потужність, тобто максимальну річну програму робіт підприємства, дає змогу розрахувати сумарний кошторисний прибуток. Дані про кошторисний прибуток дають змогу розрахувати значення фонду розвитку підприємства, тобто визначити можливі витрати коштів на придбання чи модернізацію технічних ресурсів.

Для визначення потреби в ресурсах, що використовуються для виконання регіональних програм робіт рекомендується використання комплексного методу, який складається з таких етапів. Перший із них – це визначення необхідних обсягів ремонтно – відновлювальних заходів на мережі доріг регіону на певний період. Реалізація такого етапу можлива із використанням спеціальної системи довгострокового планування – СУСП [2], яка орієнтована на визначення обсягів робіт на проведення різних типів ремонтів автомобільних доріг на основі інформації про поточний транспортно – експлуатаційний стан їх елементів. Слід відзначити, що головною метою використання системи СУСП є визначення видів ремонтно – відновлювальних заходів, виконання яких дозволить досягти на кожній автомобільній дорозі нормативного транспортно – експлуатаційного стану. В якості вихідних даних для цього використовується інформація про поточний стан елементів автомобільних доріг, а кінцевими результатами обробки цієї інформації за спеціальними алгоритмами є визначення суми коштів на проведення ремонтно – відновлювальних заходів на окремих дорогах, групах доріг, мережі доріг окремих регіонів.

З метою отримання інформації про витрати інших ресурсів – трудових, технічних та матеріальних – була виконана модернізація системи СУСП в такій послідовності. В перших версіях цієї системи визначеним ремонтно – відновлювальних заходів надавались тільки шифри відповідно до типів ремонтів. Наприклад, *К7 – улаштування шару асфальтобетону 5 см*, що відповідало певному заходу в переліку заходів по капітальному ремонту покриття. В послідуючій версії системи було

розширено технологічний склад, тобто перелік робіт, кожного заходу. Для цього було використано лексико – графічні принципи кодування кожного заходу [2], а саме: *[порядковий номер заходу] – [назва роботи, що входить до заходу] – [опис технології виконання роботи]*. Розкриття технології кожного заходу та наявність інформації про геометрично- просторові параметри (товщина шару, довжина ділянки дороги, ширина полоси та інші дані) дал змогу в останній версії системи отримувати інформацію не тільки про вартість виконання ремонтно – відновлювальних заходів, але і обсяги виконання робіт у фізичному виразі.

Для того, щоб отримати дані про витрати ресурсів для виконання ремонтно – відновлювальних заходів були виконані послідуючі роботи. По – перше, до програмного комплексу СУСП необхідно було «приєднати» роботу програмного комплексу по визначенню витрат ресурсів. Таким програмним комплексом є системи по визначенню вартості дорожніх робіт. З метою виконання такого комплексу робіт було створено спеціальне програмне забезпечення під назвою АРМ – СК [3], що повністю відповідає вимогам визначення вартості будівництва [4]. Перевагою програмного комплексу АРМ – СК перед іншими є те, що:

- його створено в рамках однієї СУБД, що і СУСП,
- комплекс має споріднений із СУСП інтерфейс;
- комплекс створено на платформі єдиної бази даних, яка заснована та затверджена Укравтодором в 2004 році;
- він дає можність опрацьовувати в якості вихідних даних не тільки окремі роботи, але і технологічні процеси в цілому, наприклад, окремі ремонтно – відновлювальні заходи.

На основі інформації про обсяги наявних основних ресурсів, які за даними Служби автомобільних доріг у Житомирській області володіють та мають доступ обласні дорожні формування, та розрахункових даних про потреби ресурсів для виконання програми робіт ремонтних заходів у 2018 році, виконано порівняльний аналіз їх балансу. Результати такого аналізу наведені в табл.1.

Таблиця 1 - Результати порівняльного аналізу балансу ресурсів.
Table 1 - The results of the analysis of the balance of resources.

Коди ресурсів	Найменування Ресурсів	Витрати ресурсів (за розрахунками)		Наявна кількість ресурсів	Баланс ресурсів
		в од. вим.	Кіл-ть		
1	Витрати праці робітників	455700	630	470	- 160
2	Витрати праці механізаторів	741100	1030	520	- 530
212-0906	Котки дорожні, 8 т	34339	48	36	- 12
212-0907	Котки дорожні, 13т	116358	162	53	- 109
212-2000	Укладальники асфальтобет.	36742	51	24	- 27
171-0193	Щебінь чорний, т	246075	246075	160000	- 86075
171-0691	Асфальтобетон, т	675127	675127	300000	- 375127

Інформація табл.1 дає змогу виконати різносторонній аналіз потреби в технічних ресурсах не тільки за певними типами будівельних машин, але і виконати порівняльний аналіз їх кількості по відношенню до інших ресурсів, що дає змогу виконати аналіз технологічної відповідності ресурсів, що зайняті при виконанні програми ремонтних заходів в регіоні. До речі, в період 1996 – 2000 років службою головного механіка Житомирського облавтодору проводились подібні роботи. Вихідною інформацією, що слугувала таким дослідженням, були річні дані діяльності дорожньої організації,

обсяги робіт по окремим видам діяльності, кількість ресурсів, відпрацьований час на виробництві та інші. Це давало змогу встановити так звані укрупнені нормативи технологічної відповідності та потреби в технічних ресурсів для окремих видів діяльності. Що стосується даних табл.1, то вони свідчать про загальну недостатню кількість не тільки технічних, але і інших видів ресурсів, і можуть бути використані в подальших дослідженнях для встановлення раціональних технологічних відносин між різними видами ресурсів..

Визначення потреби в технічних ресурсах для потреби всього дорожнього господарства країни уявляє собою не тільки значну галузеву задачу, але і народно – господарче та політичне підґрунтя. Сьогодні можливо визначити три основні напрямки, які дають змогу вирішити таку задачу. Перший – це використання інформації про потребу в ресурсах по кожному регіону (області), яка складається у вигляді подібно до табл.1. Це цікавий, але досить витратний метод, який вимагає створення спеціальної служби та груп виконавців такого проекту як в окремих обласних службах, так і в Укравтодорі. Другий напрямок базується на ідеї використання сукупних оцінок основних виробничих фондів, як довгострокових активів, у підтриманні в надійному експлуатаційному стані транспортних споруд в межах нормативних строків їх експлуатації [5]. Третій напрямок полягає у розробці стратегічних моделей розвитку дорожнього господарства [6], коли кількість технічних ресурсів виступає в якості сукупної залишкової та можливої перспективної вартості основних виробничих фондів. Мабуть можливі і інші підходи до створення моделей у поточній та перспективній потребі в технічних ресурсах для дорожньої галузі. Такі дослідження та практичні роботи можливі при достатньому їх забезпеченні та зацікавленості в результатах зі сторони Замовника.

Висновки

Наведені в статті підходи по визначенню потреби в технічних ресурсах освітлюють три рівня – це потреби в ресурсах для окремого підприємства, потреби в ресурсах для окремого регіону, а також потреби в технічних ресурсах для підприємств дорожньої галузі в цілому. Для кожного умовно виділеного рівня виконавців програми робіт з ремонтів автомобільних доріг створені специфічні моделі та програмне забезпечення. В послідуючих дослідженнях потреби в технічних ресурсах для виконання програм робіт з ремонтів автомобільних доріг можливо розглянути проблеми інтегрування використання ресурсів між окремими групами виконавців. Для цього потрібно створити специфічні моделі, що використовують ідеї оперативного використання ресурсів в рамках споріднених контрактів, програм робіт і стратегічних принципів управління виробничою спроможністю технічного потенціалу та його обслуговування.

Перелік посилань

1. Лихоступ М.М., Варфоломєєв Ю.М. Визначення раціонального рівня механізації дорожнього виробництва. Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 109. – Київ, 2021. – С. 198– 204.

2. Кизима С.С., Лихоступ М.М. Розвиток системи довгострокового планування дорожнього господарства. Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 97. – Київ, 2016. – С.103 – 113.

3. Лихоступ М.М., Осяєв Ю.М. Кошторисна справа у дорожньому виробництві //Навчальний посібник Міносвіти//. НТУ. – Київ, 2014. – 122 с.

4. ДСТУ Б Д.1.1-1:2013. Привила визначення вартості будівництва // Мінрегіон України. – К, 2013. – 88 с.

5. Лихоступ М.М. Довгострокове планування дорожнього господарства за оцінками дорожніх активів. Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 94. – Київ, 2015. – С.135 – 149.

6. Лихоступ М.М., Усиченко О.Ю. Концепція стратегічного планування дорожнього господарства Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 111. – Київ, 2022. – С.284 –288.

7. Бондаренко Є.В., Яценко І.В., Варфоломеєв Ю.М. Антикризове управління підприємствами підрядного будівництва. Зб. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 102. – Київ, 2017. – С.69 – 80.

8. Полянський С.К. Технічна експлуатація будівельно-дорожніх машин та автомобілів : підручник у 3-х частинах. Частина 1. Загальні відомості. Теоретичні і організаційні основи / С.К. Полянський, М.О. Білякович. - К. : Видавничий дім «Слово», 2010. – 384 с.

CONCEPTION OF STRATEGIC PLANNING OF TRAVELLING ECONOMY

Lykhostup Mykola M., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Department of Transportation Construction and Property Management, National Transport University. Number ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8139-1768
Varfolomeev Yuriy M., PhD, Candidate of Technical Sciences, *Associate Professor, Associate Professor,* of the Department of Engineering of Transportation Machines of the National Transport University, Ukraine, 01010, m. Kiev, vul. M. Omelyanovich-Pavlenka, 1, room 121. Number ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7482-8420

Annotation. In the article, we look at the direct consumption in resources for the repair of automobile roads with an emphasis on filling the consumption in technical resources. When the basic element in the system is the designation of consumption in resources, it is possible to make planned commitments for repair work for various workers. So for other enterprises, external information can serve as an obligation to complete all types of repair work, which can be canceled as a result of competitive bidding. And in the capacity of the model for the allocation of resources, a system of sussing out the possible strain of undertaking has been adopted. Designated consumption in resources for carrying out repairs of motor roads within the framework of four regions (oblasts) is recommended on the basis of an integrated system for managing the roofing mill (SUSP) and a system for designing the cost of life. I, at the end, the assignment of the necessary resources for the repair of automobile roads on the borders of the entire country is based on the selection of expert-analytical approaches to the accomplishment of such tasks. In the process of identifying consumption in technical resources, it is recommended to implement expert-analytical procedures for the establishment of technological deposits of these resources and other resources, as well as labor and material ones.

Key words: repair of motor roads, participants of the activity, consumption in resources, models of backfilling, complex assessment of consumption in resources.

References

1. Lykhostup M.M., Varfolomyeyev YU.M. Vyznachennya ratsional′noho rivnya mekhanizatsiyi dorozhn′oho vyrobnytstva. Zb. Avtomobil′ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo. Vyp. 109. – Kyyiv, 2021. – S. 198– 204.

2. Kyzyma S.S., Lykhostup M.M. Rozvytok systemy dovhostrokovoho planuvannya dorozhn′oho hospodarstva. Zb. Avtomobil′ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo. Vyp. 97. – Kyyiv, 2016. – S.103 – 113.

3. Lykhostup M.M., Osyayev YU.M. Koshtorysna sprava u dorozhn′omu vyrobnytstvi //Navchal′nyy posibnyk Minosvity//. NTU. – Kyyiv, 2014. – 122 s.

4. DSTU B D.1.1-1:2013. Pryvyla vyznachennya vartosti budivnytstva // Minrehion Ukrayiny. – K, 2013. – 88 s.

5. Lykhostup M.M. Dovhostrokove planuvannya dorozhn′oho hospodarstva za otsinkamy dorozhnikh aktyviv. Zb. Avtomobil′ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo. Vyp. 94. – Kyyiv, 2015. – S.135 – 149.

6. Lykhostup M.M., Usychenko O.YU. Kontseptsiya stratehichnoho planuvannya dorozhn′oho hospodarstva Zb. Avtomobil′ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo. Vyp. 111. – Kyyiv, 2022. – S.284 –288.

7. Bondarenko YE.V., Yatsenko I.V., Varfolomeyev YU.M. Antykryzove upravlinnya pidpryyemstvamy pidryadnoho budivnytstva. Zb. Avtomobil′ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo. Vyp. 102. – Kyyiv, 2017. – S.69 – 80.

8. Polyans′kyy S.K. Tekhnichna ekspluatatsiya budivel′no-dorozhnikh mashyn ta avtomobiliv : pidruchnyk u 3-kh chastynakh. Chastyna 1. Zahal′ni vidomosti. Teoretychni i orhanizatsiyni osnovy / S.K. Polyans′kyy, M.O. Bilyakovych. - K. : Vydavnychyy dim «Slovo», 2010. – 384 s.

УДК 656.13 **DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-061-069**
UDC 656.13

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ІНТЕРВАЛІВ РУХУ В ТРАНСПОРТНОМУ ПОТОЦІ

THE METHOD OF EXPERIMENTAL STUDY OF THE DISTRIBUTION OF TRAFFIC INTERVALS IN THE TRANSPORT FLOW



Неізвестний Сергій Валерійович, *Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П.Шульгіна» (ДП «ДержДорНДІ»), м. Київ, Україна, neizvestniyjony@ukr.net, +380957970172*

https://orcid.org/0000-0002-8888-313X



Пальчик Анатолій Миколайович кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, кафедра проектування доріг, геодезії та землеустрою, доцент, *pamproekt@gmail.com, +30973090913*

https://orcid.org/0000-0003-2544-5359

Анотація. Викладена методика експериментального визначення розподілу інтервалів руху між автомобілями в транспортному потоці на ділянках перегонів між простими розв'язками в одному рівні з інтенсивністю руху від 300 до 600 авт/год на одну смугу, а також встановлений вплив розв'язок в одному рівні на часовий інтервал та на зміну інтенсивності руху для встановлення залежності наявності та кількості вільних інтервалів руху в транспортному потоці. Для цього були вирішені наступні задачі: розроблена методика експериментальних досліджень зміни інтервалів руху в транспортному потоці; встановлена необхідна кількість даних для забезпечення необхідної достовірності результатів; проведена експериментальна частина (збір статистичних даних про інтенсивності та інтервали руху та інших характеристик на різних категоріях автомобільних доріг); виконана обробка експериментальних даних з використанням методів математичної статистики; уточнена функція розподілу часових інтервалів; проаналізований характер зміни часових інтервалів між транспортними засобами в «пакеті» та між «пакетами» при русі по розв'язках в одному рівні; встановлена залежність кількості транспортних засобів заданого інтервалу руху від часового інтервалу між транспортними засобами.

Ключові слова: емпірико-стохастичний підхід, розподіл ймовірностей, інтервал руху, інтенсивність руху, вільний інтервал руху.

Вступ. Для моделювання транспортних потоків створено багато математичних моделей, які дають змогу дослідити різні параметри руху транспортних потоків.

Всі моделі транспортного потоку можна поділити на три класі [1]:

1) моделі-аналоги;
2) моделі слідування за лідером;
3) імовірнісні моделі.

В моделях-аналогах транспортний потік розглядається як рух транспортного засобу в фізичному потоці із використанням законів гідро - й газодинаміки (моделі Гриншилдса, Лайтхила-Уизема, Гріньерга, моделі ударних хвиль у транспортному потоці та гідродинамічні моделі першого і другого порядку). Цей клас моделей прийнято називати макроскопічними моделями. Транспортний потік

розглядається як потік із специфічними властивостями, що утворюють в русі (при цьому рух окремих автомобілів не розглядається). [2]. До основних характеристик транспортного потоку, якими оперують моделі цієї групи, є:

- густина (кількість автомобілів на одиницю довжини дороги);
- потік (кількість автомобілів, що проходять через деякий перетин дороги за одиницю часу);
- середня швидкість автомобілів у потоці (відрізняється на різних ділянках дороги).

У моделях слідування за лідером в основі підходів лежить концепція «дотримування при русі безпечної дистанції до лідера». Цей клас моделей називають мікроскопічними. Особливістю цієї моделі є те, що в ній відображені закономірності комплексу «водій – автомобіль – дорога – середовище», зокрема, психологічний аспект управління автомобілями. Він полягає в тому, що під час руху в щільному транспортному потоці дії водія обумовлені змінами швидкості лідируючого автомобіля і дистанції до нього.

У моделях слідування за лідером рух керованого транспортного засобу певним чином пов'язаний із переміщенням головного автомобіля. На даний час розроблені лінійну і нелінійна моделі слідування за лідером. Вони дуже детальні для аналізу руху у великих транспортирних системах, їх використовують для аналізу характеристик потоку на перетинах, регульованих перехрестях тощо. [3].

В імовірнісних моделях транспортний потік розглядається як результат взаємодії (має стохастичний характер) окремих транспортних засобів на елементах транспортної мережі [4].В стохастичних моделях транспортний потік розглядається як імовірнісний процес із застосуванням відповідного математичного апарату [5].

При емпірико-стохастичному підході транспортний потік представляється у вигляді рухомих «пакетів» автомобілів. [6].

Характеристики потоку в цьому випадку:

- кількість автомобілів в пакеті;
- відстань між пакетами;
- габарит пакета.

Перелічені характеристики потоку носять випадковий характер і при моделюванні руху потоку можуть призначатися будь-яким розподілом імовірності. Розподіл імовірності по кожному параметру належить експериментальному встановленню шляхом обстеження реальних умов транспортних потоків на мережі автомобільних доріг. При цьому слід врахувати, що закон розподілу і розташування дисперсії по осі абсцис перелічених параметрів залежать від інтенсивності руху потоку. Інтенсивність руху транспортних потоків підлягає визначенню при моніторингу транспортних потоків на мережі автомобільних доріг.

Точність вирішення задачі встановлення розподілу транспортних потоків на мережі автомобільних доріг залежить від правильності вибору закону розподілу часових інтервалів руху між автомобілями в транспортному потоці. Спостереженнями за загальним розподілом інтервалів виконували Біруля А.К., Чижевський Ю.С., Крилов Ю.С., Кероглу Л.А., Філіпов В.В., Лобанов Е.М., Брайловський І.О., Грановський Б.І., Петров В.В., Капітанов В.Т., також зарубіжні вчені – Д. Робертсон, Д. Уізем, І. Віндольф, І. Бертольд та інші.

В теперішній час ще не створена модель, яка повністю дозволяє описати потік будь-якої інтенсивності руху в різних дорожніх умовах. Область практичного використання окремих моделей транспортного потоку залишається досить вузькою із-за їх недоліків та із-за недостатніх експериментальних робіт на основі яких можливо було б обґрунтувати раціональну сферу їх використання.

Оскільки, вирішення практичних задач на основі цих моделей з використанням чисто теоретичного підходу неможливий, тому, тільки при наявності експериментальних даних про закономірність транспортних потоків можливо їх ефективне використання.

Мета і методи. В роботах Бабкова В.Ф. [7] та Дрю Д. [8] рекомендовано описувати розподіл швидкості і інтервалів руху між автомобілями в потоці з інтенсивністю руху близької до 600 авт/год на смугу нормальним розподілом випадкової величини. Це обумовлено впливом на вихідну характеристику великої кількості випадкових мало важливих факторів. Виходячи з вище сказаного,

була розроблена методика експериментального визначення розподілу інтервалів руху між автомобілями в транспортному потоці на ділянках перегонів між простими розв'язками в одному рівні з інтенсивністю руху від 300 до 600 авт/год на одну смугу, а також встановлений вплив розв'язок в одному рівні на часовий інтервал та на зміну інтенсивності руху для встановлення залежності наявності та кількості вільних інтервалів руху в транспортному потоці.

Для цього були вирішені ряд задач: розроблена методика експериментальних досліджень зміни інтервалів руху в транспортному потоці; встановлена необхідна кількість даних для забезпечення необхідної достовірності результатів; проведена експериментальна частина; виконана обробка експериментальних даних з використанням методів математичної статистики; уточнена функція розподілу часових інтервалів; проаналізований характер зміни часових інтервалів між транспортними засобами в «пакеті» та між «пакетами» при русі по розв'язках в одному рівні; встановлена залежність кількості транспортних засобів заданого інтервалу руху від часового інтервалу між транспортними засобами.

Результати і пояснення. Для виконання поставлених задач, була розроблена методика проведення експериментальних досліджень інтервалів руху, яка включає чотири основні етапи:

В першу чергу була проведена обробка наявних статистичних даних про інтенсивність руху для складання приблизної картини про досліджуваних показниках нерівномірності транспортного потоку. На першому етапі основного експерименту проводилося визначення місця проведення вимірювання інтервалів руху в транспортному потоці. Для експерименту нас цікавили автомобільні дороги II-IV категорій. Потім проводилося відсіювання невідповідних для вимірювання ділянок відповідно до вимог експерименту. З решти ділянок для вимірювання вибиралися найбільш підходящі по умовам руху і зручності проведення натурних обстежень.

Другий етап - збір необхідних статистичних даних про зміну інтервалів руху в транспортному потоці відповідно до заданих умов проведення експериментальних досліджень.

Третій етап полягає в обробці результатів дослідження.

Четвертий етап передбачає аналіз статистичних даних і встановлення залежності між інтервалами та інтенсивністю руху для різних умов руху за допомогою методів статистичного аналізу.

В плануванні експерименту одним з найбільш важливих етапів є етап підготовки вихідних даних, в який входить виміри характеристик транспортного потоку. До цих характеристик можна віднести інтенсивність і швидкість руху, інтервали руху між транспортними засобами тощо.

Для проведення вимірів параметрів транспортних потоків можуть бути використані такі технічні засоби, як відеокамери або різного роду детектори руху транспорту. Залежно від розв'язуваної задачі обирають той технічний засіб, який може забезпечувати найбільшу ефективність.

Основні умови вимірювань характеристик транспортного потоку на автомобільних дорогах можна сформулювати наступним чином:

1) одночасна фіксація характеристик транспортного потоку на смузі одного напрямку в умовах великої кількості транспортних засобів;

2) спостереження за рухом автомобілів при різній інтенсивності руху та складу транспортного потоку;

3) спостереження за всіма автомобілями, що утворює транспортний потік в групах, тобто суцільне спостереження;

4) спостереження на різних ділянках автомобільних доріг в різними дорожніми умовами (кількість смуг, ширина проїзної частини).

Таким чином, при дослідженні закономірностей транспортного потоку необхідно описати рух великої кількості автомобілів для отримання достовірних статистичних даних. Тому для всебічного і повного дослідження характеристик транспортного потоку необхідне використання якомога більшу кількість даних з різних точок мережі автомобільних доріг.

В ході експериментального дослідження розподілу інтервалів руху в транспортному потоці, яке виконувалося за допомогою відеозйомки на перегонах між необладнаними транспортними розв'язками в одному рівні протягом заздалегідь заданого проміжку часу (60 хвилин) встановлювалися наступні параметри:

- загальної кількості транспортних засобів, що проїхали за час аналізу;
- кількості транспортних засобів кожного типу;
- середньої швидкості руху всіх транспортних засобів по смузі;
- кількості автомобілів у пакеті;
- кількість пакетів;
- часовий інтервал між пакетами;
- часовий динамічний габарит автомобіля в пакеті;
- часовий інтервал габариту пакета.

Обробка відеозапису на комп'ютері виконувалась наступним чином:

1) спочатку встановлюється загальна кількість автомобілів, які пройшли контрольну межу на автомобільній дорозі, і підраховується інтенсивність руху за годину. Розподіл імовірності параметрів руху потоку встановлюються для автомобільних доріг з інтенсивністю руху від 300 до 600 авт/год, щоб потім встановити зміну розподілу в залежності від інтенсивності руху;

2) потім відеозображення руху транспортного потоку зміщують на моніторі з кроком $\Delta t = 0{,}25$ с. Для відтворення відеофайлів використовувався відеоплеєр «KMPlayer». Далі визначається кількість кроків між перетинанням контрольної межі переднім бампером попереднього автомобіля і переднім бампером наступного автомобіля і підраховується часовий динамічний габарит:

$$t_{дi} = m_{дi}\Delta t, \tag{1}$$

де $m_{дi}$ – кількість підрахованих кроків.

Аналогічно підраховується інтервал руху між пакетами автомобілів:

$$t_{т.п.} = m_{т.п.}\Delta t, \tag{2}$$

де $m_{т.п.}$ – кількість кроків між перетинанням контрольної межі заднім бампером останнього автомобіля в і-му пакеті і попереднім бампером першого автомобіля в і+1 пакеті.

Одночасно при покроковому зміщенні відеозображення руху транспортного потоку підраховується кількість автомобілів в кожному потоці.

Далі визначаються значення $t_{дi}$ та $t_{т.п.}$ і розносяться по графам таблиць з кроком 0,5 с. А кількість пакетів n_i – з кроком 1. По даним таблиць для кожного інтервалу інтенсивності руху будуються гістограми розподілу імовірностей значень кожного з параметрів, які в подальшому апроксимується розподілом імовірностей.

Графічна ілюстрація гістограми розподілу часових інтервалі між транспортними засобами представлена на рисунку 1.

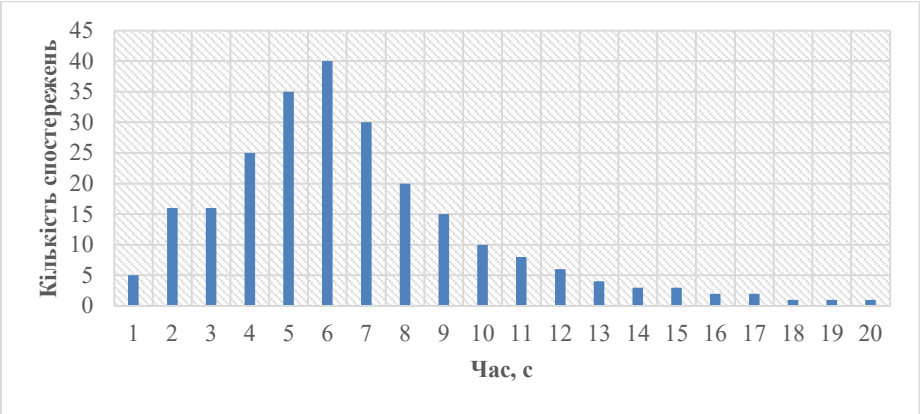


Рисунок 1 – Гістограма розподілу часових інтервалів
Figure 1 – Histogram of the distribution of time intervals

Таке детальне відеоспостереження характеристик транспортного потоку дозволяє врахувати різні фактори, що впливають на рух транспорту (склад транспортного потоку, кількість смуг руху, ширина проїзної частини, погодні умови тощо).

В роботі була припущено, що досліджувана випадкова величина має стандартний логарифмічний нормальний розподіл. Спостереження здійснювалося для встановлення виду функції щільності розподілу часового інтервалу руху між «пакетами» транспортних засобів. Послідовність обробки даних вимірів така:

1) за даними спостережень будують емпіричну криву;

2) визначають параметри емпіричного розподілу;

3) висувають одну або кілька гіпотез про функцію, щільність розподілу часового інтервалу руху між «пакетами» виходячи із зовнішнього вигляду експериментальної кривої, значень її параметрів, що впливають на її вид;

4) вирівнюють емпіричну криву за однією або кількома прийнятими теоретичними кривими;

5) порівнюють за одними з критеріїв згоди емпіричну та теоретичну криві;

6) добирають функцію, яка дає найбільшу узгодженість.

Експериментальні дані по визначенню мінімального часового інтервалу руху між «пакетами» транспортних засобів для різної інтенсивності руху вирівнюються за логарифмічним нормальним законом (3) з заданою щільністю (4) [7, 8]:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{x} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \mu}{\sigma^2}\right)^2} dx \quad , \qquad (3)$$

де x – випадкова величина, має функцію щільності ймовірності;

σ – середньоквадратичне відхилення випадкової величини ln$x$;

μ – математичне імовірність випадкової змінної ln$x$.

В якості показника часового інтервалу руху було вибрано середнє лінійне відхилення часових інтервалів руху, які спостерігалися протягом шістдесяти хвилин від середнього часового інтервалу руху. Узагальнені результатами, які виконувалися згідно прийнятої методики експериментальних досліджень приведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Значення мінімального часового інтервалу руху між транспортними засобами в пакеті для різної годинної інтенсивності руху

Table 1 – The value of the minimum time interval of traffic between vehicles in a package for different hourly traffic intensities

Годинна інтенсивність по смузі руху, авт/год	Мінімальний часовий інтервал руху між тр.засобами в пакеті, с
300	3,51
400	3,27
500	3,16
600	2,79

Аналіз графіку (рис. 2) з розміщеними на ньому точками з таблиці 1 показав, що залежність, яка встановлюється може бути апроксимована лінійним рівнянням.

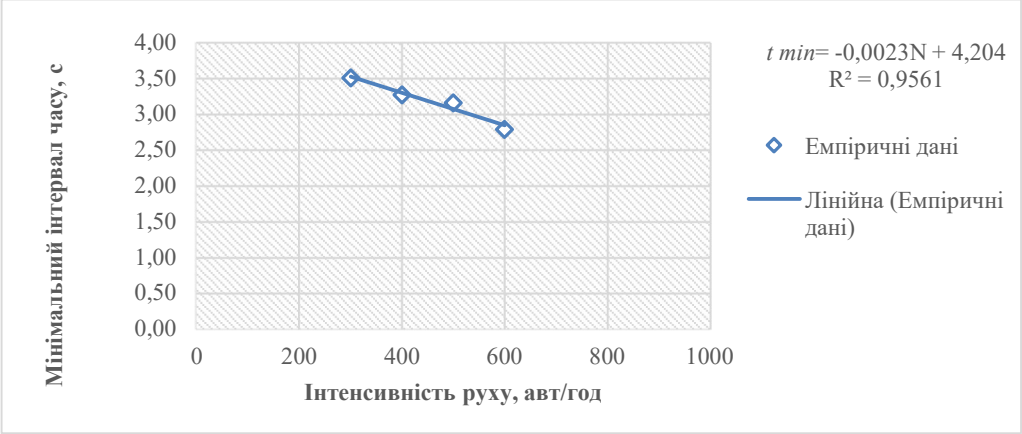


Рисунок 2 – Графік прямого лінійного прогнозу: вид залежності мінімальної величини часового інтервалу руху між транспортними засобами в пакеті від годинної інтенсивності руху

Figure 2 – Graph of a direct linear forecast: type of dependence of the minimum value of the time interval of traffic between vehicles in the package on the hourly traffic intensity

Отже, при збільшенні годинної інтенсивності руху на 100 авт/год мінімальний часовий інтервал руху між транспортними засобами в пакеті зменшується на 0,23 с (розраховуючи на одну смугу руху).

Для встановлення залежності часового інтервалу між пакетами та одиничним транспортними засобами від годинної інтенсивності з отриманих даних визначались часові інтервали між автомобілями та пакетами з відповідним складом транспортного потоку.

Виходячи з припущень про вид залежності та візуального оцінювання (рис. 3) кореляційного поля між змінними, встановлено, що найбільш підходящою функцією для апроксимації аналізованої залежності будуть степенева функція, яка має вигляд:

$$n_t = k \cdot t_д^{-a}, \quad (4)$$

де n_t - кількості транспортних одиниць заданої величини інтервалу руху, авт/год;
k – коефіцієнт, який відповідає інтервалу руху tд;
$t_д$ – часовий інтервал між транспортними засобами, с;
a – вільний член рівняння.

Для встановлення функціональної залежності кількості транспортних засобів заданої величини інтервалу руху та часового інтервалу між транспортними засобами від для будь-якої інтенсивності руху необхідно встановити залежність між годинною інтенсивністю руху та коефіцієнтами рівняння k та a відповідно. Відповідно до цього були визначені коефіцієнти для рівнянь виду і отримана двохфакторна залежність кількості транспортних засобів заданого інтервалу руху від часового інтервалу між транспортними засобами:

$$n_i = (-0{,}8843N^2 + 901{,}26N - 180013)t_{д\,i}^{(2\cdot10^{-5}N^2-0{,}0142N\quad,1836)}. \quad (5)$$

Незважаючи на те, що розглянута модель має недостатню інформативність її можна рекомендувати до використання за відсутності статистичних даних про інші фактори, що впливають на транспортних потік.

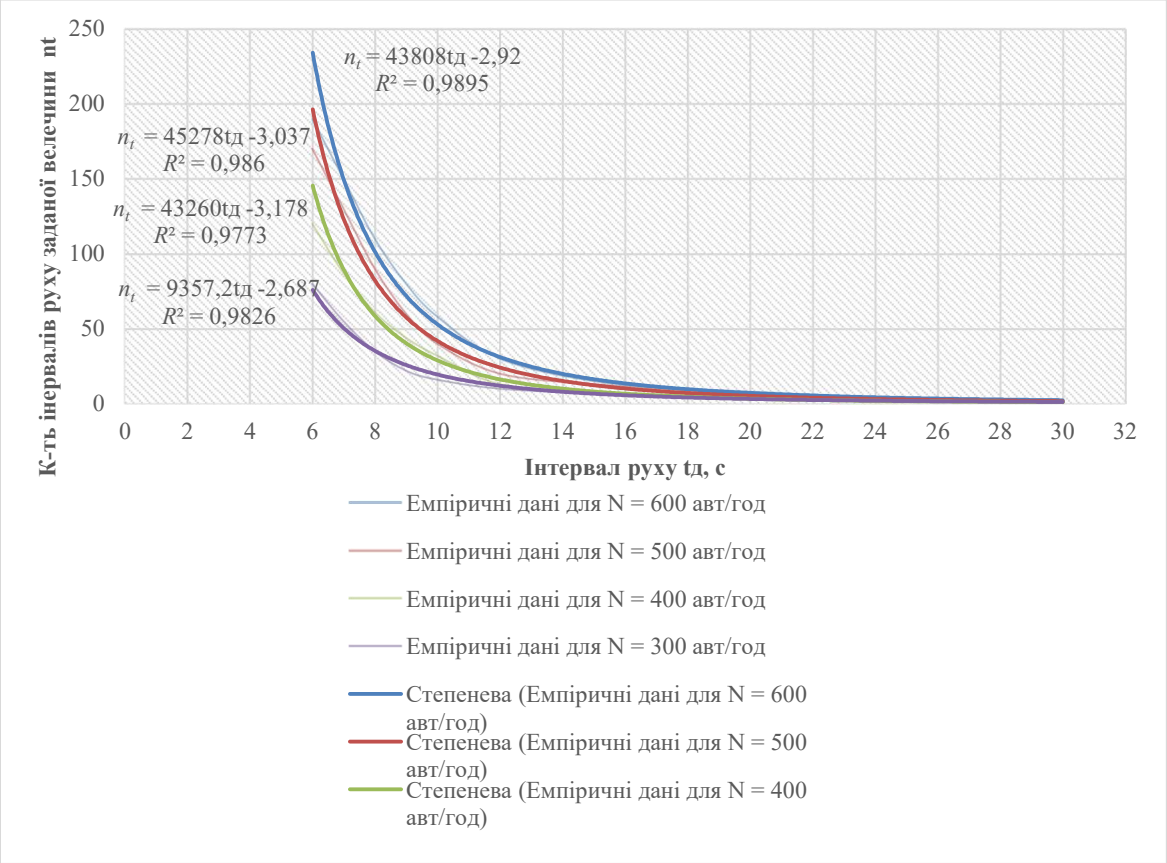


Рисунок 3 – Графіки залежності кількості транспортних одиниць заданої величини інтервалу руху від часового інтервалу між транспортними засобами для різної годинної інтенсивності руху

Figure 3 – Graphs of the dependence of the number of transport units of the given value of the traffic interval on the time interval between vehicles for different hourly traffic intensities

Висновки

1. Розроблена методика проведення експериментального дослідження часового інтервалу між транспортними засобами для інтенсивності руху від 300 до 600 авт/год по одній смузі.

2. На основі отриманих статистичних даних методом регресивного аналізу були виведені рівняння залежності зміни часового інтервалу між транспортними засобами в пакеті та між пакетами і одиночними автомобілями від годинної інтенсивності руху на перегонах між необлаштованими транспортними розв’язками в одному рівні.

Перелік посилань

1. Брайловский Н.О. Моделирование транспортных систем/ Н.О.Брайловский, Б.И. Грановский - М.: Транспорт, 1978 - 125 с.

2. Гасников А.В. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: учеб. пособие / А.В.Гасников, С.Л.Кленов, Е.А.Нурминский, Я.А.Холодов, Н.Б Шамрай; Под ред. А.В. Гасникова – М.: МФТИ, 2010. – 361 с. 2. Швецов, В. И. Математическое моделирование транспортных потоков / В. И. Швецов // Автоматика и телемеханика. — 2003. — № 11. — С. 3—46.

3. Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. — М.: Транспорт, 1977. 303 с. 2. Лобанов Е.М., Сильянов В.В. Продолжительность реакции

водителей в реальних дорожних условиях // Проектирование дорог и безопасность движения. – Москва: Изд. МАДИ, 1974. – с.155 – 160. 3. Лобанов Е.М. Время реакции водителя. – Москва: Труди МАДИ, 1975. – Вып. 95. – с. 84 – 109.

4. Wiedemann R. Modelingof RTI-Elementsonmulti-laneroads. Advanced Telematicsin Road Transportedited by the Commission of the European Community. DG XIII. Brussels. 1991.

5. Математическое моделирование динамики транспортных потоков мегаполиса / В. В. Семенов // Математические методы в синергетике. – Режим доступу: http://www.uran. donetsk.ua/~master/2005/kita/shapovalova/library/semenov.pdf.

6. Гецович Е.М. Эмпирико-стохастический подход к моделированию транспортных потоков: Труды / Е.М. Гецович, В.Т. Лазурик, Н.А. Семченко, В.Ю. Король // Компьютерное моделирование в наукоемких технологиях (КМНТ-2010)%: науч.-техн. конф. с междунар. Участием, 18-21 мая 2010г.: - Х., 2010. – Ч.1. – С. 101-104.

7. Дрогомирецька Х. Т. Теорія ймовірностей та математична статистика : навч. посіб. Львів, 2019. 415 с.

8. Медведєв. М. Г. Теорія ймовірностей та математична статистика : підручник / М. Г. Медведєв, І. О. Пащенко. – К.: Ліра-К, 2008. – 536 с.

9. Гецович Е. М., Семченко Н. А. Методика экспериментального определения распределения параметров транспортных потоков. Восточноевропейский журнал передовых технологий. Харків, 2011. №6/2(54). С. 67 – 68.

10. Гецович, Е. М., Семченко Н. А., Голота В. А. Экспериментальные исследования распределения временных интервалов в транспортном потоке. Восточно-европейский журнал передовых технологий. Харків, 2012. №2/3(56). С. 57 – 61.

THE METHOD OF EXPERIMENTAL STUDY OF THE DISTRIBUTION OF TRAFFIC INTERVALS IN THE TRANSPORT FLOW

Neizvestnyi Sergey V., M.P. Shulgin State Road Research Institute State Enterprise – DerzhdorNDI SE, Kyiv, Ukraine, neizvestniyjony@ukr.net, +380957970172, https://orcid.org/0000-0002-8888-313X

Palchyk Anatoly M., National Transport University, Department of Road Designing, Geodesy and Land Management, PhD in technical science, Associate Professor, pamproekt@gmail.com, +30973090913, https://orcid.org/0000-0003-2544-5359

Neizvestnyi Sergey V., Palchyk Anatoly M.

Summary: The method of experimental determination of the distribution of traffic intervals between cars in the traffic flow on the sections of races between simple interchanges on the same level with a traffic intensity of 300 to 600 vehicles per hour per lane is described, as well as the influence of interchanges on the same level on the time interval is established and on the change in traffic intensity to determine the dependence of the availability and number of free traffic intervals in the traffic flow. For this purpose, the following tasks were solved: a method of experimental research on changing traffic intervals in the traffic flow was developed; the necessary amount of data is established to ensure the necessary reliability of the results; the experimental part was carried out (collection of statistical data on traffic intensities and intervals and other characteristics on different categories of highways); processing of experimental data using methods of mathematical statistics; specified time interval distribution function; analyzed the nature of the change in time intervals between vehicles in a "package" and between "packages" when moving through intersections at the same level; the dependence of the number of vehicles of a given traffic interval on the time interval between vehicles is established.

Keywords: empirical stochastic approach, probability distribution, movement interval, movement intensity, free movement interval.

References

1. Brailovskyi N.O. Modelyrovanye transportnыkh system/ N.O.Brailovskyi, B.Y. Hranovskyi - M.: Transport, 1978 - 125 s.

2. Hasnykov A.V. Vvedenye v matematycheskoe modelyrovanye transportnыkh potokov: ucheb. posobye / A.V.Hasnykov, S.L.Klenov, E.A.Nurmynskyi, Ya.A.Kholodov, N.B Shamrai; Pod red. A.V. Hasnykova – M.: MFTY, 2010. – 361 s. 2. Shvetsov, V. Y. Matematycheskoe modelyrovanye transportnыkh potokov / V. Y. Shvetsov // Avtomatyka y telemekhanyka. — 2003. — № 11. — S. 3—46.

3. Sylianov V. V. Teoryia transportnыkh potokov v proektyrovanyy doroh y orhanyzatsyy dvyzhenyia. — M.: Transport, 1977. 303 s. 2. Lobanov E.M., Sylianov V.V. Prodolzhytelnost reaktsyy vodytelei v realnykh dorozhnykh uslovyiakh // Proektyrovanye doroh y bezopasnost dvyzhenyia. – Moskva: Yzd. MADY, 1974. – s.155 – 160. 3. Lobanov E.M. Vremia reaktsyy vodytelia. – Moskva: Trudy MADY, 1975. – Vыp. 95. – s. 84 – 109.

4. Wiedemann R. Modelingof RTI-Elementsonmulti-laneroads. Advanced Telematicsin Road Transportedited by the Commission of the European Community. DG XIII. Brussels. 1991.

5. Matematycheskoe modelyrovanye dynamyky transportnыkh potokov mehapolysa / V. V. Semenov // Matematycheskye metodы v synerhetyke. – Rezhym dostupu: http://www.uran. donetsk.ua/~master/2005/kita/shapovalova/library/semenov.pdf.

6. Hetsovych E.M. Эmpyryko-stokhastycheskyi podkhod k modelyrovanyiu transportnыkh potokov: Trudы / E.M. Hetsovych, V.T. Lazuryk, N.A. Semchenko, V.Yu. Korol // Kompiuternoe modelyrovanye v naukoemkykh tekhnolohyiakh (KMNT-2010)%: nauch.-tekhn. konf. s mezhdunar. Uchastyem, 18-21 maia 2010h.: - Kh., 2010. – Ch.1. – S. 101-104.

7. Drohomyretska Kh. T. Teoriia ymovirnostei ta matematychna statystyka : navch. posib. Lviv, 2019. 415 s.

8. Medvediev. M. H. Teoriia ymovirnostei ta matematychna statystyka : pidruchnyk / M. H. Medvediev, I. O. Pashchenko. – K.: Lira-K, 2008. – 536 s.

9. Hetsovych E. M., Semchenko N. A. Metodyka эksperymentalnoho opredelenyia raspredelenyia parametrov transportnыkh potokov. Vostochnoevropeiskyi zhurnal peredovыkh tekhnolohyi. Kharkiv, 2011. №6/2(54). S. 67 – 68.

10. Hetsovych, E. M., Semchenko N. A., Holota V. A. Эksperymentalnыe yssledovanyia raspredelenyia vremennыkh yntervalov v transportnom potoke. Vostochno-evropeiskyi zhurnal peredovыkh tekhnolohyi. Kharkiv, 2012. №2/3(56). S. 57 – 61.

УДК 625.7/.8
UDC 625.7/.8
DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-070-081

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИМОГ ДО БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ РЕМОНТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ ШАРАМИ ЦЕМЕНТОБЕТОННУ

JUSTIFICATION FOR THE BUILDING MATERIALS REQUIREMENTS IN THE ASPHALT PAVEMENT REPAIR BY THE CEMENT CONCRETE LAYERS



Савенко В'ячеслав Якович, *Заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри транспортного будівництва та управління майном Національно транспортного університету, E-mail: svi1310@ukr.net, тел. +380506572008.*

https://orcid.org/0000-0001-8174-7728.



Биковець Микола Миколайович *— аспірант кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету. E-mail: mbykovec@gmail.com, тел. +380662373208.*

https://orcid.org/0000-0002-7490-7479

Анотація. У даному науковому тексті розглядаються основні вимоги до складу цементобетонних сумішей для шарів покриття. Зокрема, зазначається, що для отримання високоміцного цементобетону слід застосовувати портландцемент типу I і II з вмістом трьохкальцієвого алюмінату (C3A) в кількості не більше 8% за масою. Для підвищення міцності бетону рекомендується додавати сталеву або поліпропіленову фібру. Крупним заповнювачем високоміцного модифікованого цементобетону може бути щебінь з щільних гірських порід. Для отримання високоміцного цементобетону також необхідно враховувати вимоги до пісків, повітровтягувальних добавок та розраховувати склад бетону відповідно до методології для дорожнього цементобетону. Забезпечення необхідної морозостійкості досягається за допомогою підбору оптимального складу бетонної суміші та використання високоактивних цементів. Крім того, в тексті наведено вимоги до транспортування бетонної суміші, осадки конуса, обсягу залученого повітря та збереженості властивостей бетону. Остаточні технологічні властивості бетонної суміші оцінюються на стадії проектування суміші.

Ключові слова: покриття, цементобетонна суміш, бетон, портландцемент, заповнювач, щебінь, пластифікуючі добавки, морозостійкість.

Основна частина

Для шарів покриття при ремонті дорожнього одягу асфальтобетонного покриття шарами цементобетону в якості в'яжучого застосовують портландцемент відповідно вимогам ДСТУ Б.В.2.7 – 43, ДСТУ Б.В.2.7 – 176, ДСТУ Б.В.2.7 – 46.

Для приготування цементобетонних сумішей для шарів покриття необхідно застосовувати портландцемент типу I і II, на основі клінкеру нормованого складу, згідно з ДСТУ Б В.2.7-46, з вмістом трьохкальцієвого алюмінату (C_3A) в кількості не більше ніж 8 % за масою, а в Європі і США – 5 %. В європейському стандарті такий цемент відсутній, але при вирішенні задачі вибору цементу для виробництва відповідальних конструкцій може бути використаний цемент EN 197-1 CEM I 42,5R-SR5. В Україні даний цемент не випускають, тому необхідно налагодити його виробництво на декількох цементних заводах для забезпечення задовільної логістики.

Загальний зміст лужних оксидів у цементі для бетону в шарах покриттяу перерахуванні на Na_2O не повинен перевищувати 0,8 % за масою, згідно з ДСТУ Б.В.2.7-46.

Початок тужавіння цементу повинно бути не раніше ніж за 2 години, а закінчення – не пізніше 6 годин. Слід відмітити, що в EN 197-1 відсутні вимоги до міцності на розтяг при згині цементів.

Найбільш суттєва відмінність європейського стандарту від національного ДСТУ Б В.2.7-46, це те що у стандарті EN 197-1 введено статистичний критерій відповідності, який конкретизує міру постійності механічних, фізичних та хімічних властивостей цементу. У Технічному Регламенті ЄС № 305/2011 від 09.03.2011 за статтею 29 законодавчо закріплено, що в обов'язки виробника входить забезпечення стабільності технічних характеристик будівельних матеріалів.

Для приготування цементобетонних сумішей як крупний заповнювач слід використовувати щебінь з природного каменю, гравій, щебінь з гравію, щебінь з шлаків, а також щебінь із вміщуючих гірських порід та відходів сухого магнітного збагачення залізистих кварцитів згідно з ДСТУ Б В.2.7-43, ДСТУ Б В.2.7-176, ДСТУ Б В.2.7-75, ДСТУ Б В.2.7-34, ДСТУ Б В.2.7-39.

Найбільша крупність заповнювача для одношарових покриттів автомобільних доріг повинна становити 40 мм, а для верхнього шару двошарових покриттів – 20 мм.

Крупний заповнювач для бетону шару підсилення слід оцінювати за зерновим складом, щільності, міцності, вмісту зерен слабких порід, зерен пластинчастої (лещадної) і голчастої форми, водопоглинанню, морозостійкості, вмістом пиловидних, глинистих і мулистих часток, глини в грудках, мінерало-петрографічним складом, змісту шкідливих компонентів і домішок, в тому числі, за вмістом реакційно-здатних порід і мінералів, згідно з ДСТУ Б В.2.7-43.

Вміст в крупному заповнювачі зерен пластинчастої (лещадної) і голчастої форми не повинно перевищувати 25% за масою.

Фізико-механічні випробування крупного заповнювачу для бетону проводять згідно з ДСТУ Б В.2.7-71-98 (ГОСТ 8269.0-97).

У бетоні шару підсилення слід застосовувати щебінь фракцій 5-10 мм і 10-20 мм, який дозується окремо.

Оптимальне співвідношення між фракціями щебеню (в межах ДСТУ Б В.2.7-43-96) визначають при підборі складу бетону.

Допускається застосування щебеню у вигляді однієї фракції 5-20 мм при фактичному співвідношенні складових його фракцій 5-10 мм і 10-20 мм в межах вимог ДСТУ Б В.2.7-43.

Для приготування цементобетонних сумішей для шарів дорожнього покриття в якості дрібного заповнювача слід використовувати пісок природній, пісок подрібнений і пісок із відсівів дроблення виверженних гірських порід згідно з ДСТУ Б В.2.7-43, ДСТУ Б В.2.7-176, які відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-32, ДСТУ Б В.2.7-210 за зерновим складом, вмістом пилуватих і глинистих частинок, модулем крупності, показником водопоглинання.

При можливості, перевагу слід віддавати природним кварцево-польовошпатовим піскам першого класу з модулем крупності Мкр, рівним 1,8 - 2,2, в силу їх сприятливого впливу на повітровтягування бетонної суміші і на обробку (обробку поверхні) свіжеукладеного цементобетону.

Вода для замішування бетонної суміші і приготування розчинів хімічних добавок повинна відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-273, ДСТУБ В.2.7-43, ДСТУ Б В.2.7-176 (ГОСТ 23732).

Для приготовування цементобетонних сумішей слід використовувати хімічні добавки згідно з ДСТУ Б В.2.7-43, ДСТУ-Н Б В.2.7-175, ДСТУ Б В.2.7-171 та мінеральні добавки згідно з ДСТУ Б В.2.7-128.

Пластифікуючі добавки і суперпластифікатори слід застосовувати для зниження водопотреби бетонної суміші при збереженні її технологічних властивостей.

Повітровтягувальні або газоутворюючі добавки слід застосовувати для отримання необхідного обсягу залученого повітря або газу в бетонній суміші у вигляді відповідних дрібнодисперсних, рівномірно розподілених пухирців (діаметром до 0,3 мм).

Застосування повітровтягувальної або газоутворюючої добавки є необхідною умовою досягнення високої морозостійкості бетону і є обов'язковим для бетону шару підсилення (ДСТУ Б В.2.7-43-96).

Оптимальний вміст хімічних добавок повинен бути визначений при підборі складу цементобетонної суміші з урахуванням властивостей конкретних матеріалів і прийнятої технології проведення робіт та забезпечення необхідних властивостей суміші на місці бетонування. Рекомендується використовувати добавки типу «ШАГ», яка є сумішшю (комплексами) органічних та неорганічних речовин. Характеристика таких добавок наведена в табл.1.

Таблиця 1 – Характеристики добавок для цементобетонну типу «ШАГ»
Table 1 - Characteristics of additives for “SHAG” type cement concrete

ч/ч	Назва показника	Значення показника для добавки типу	
		ШАГ ПА SP-1M	ШАГ ПА SR-3M
1	2	3	4
2	Однорідність	Однорідна рідина без сторонніх включень, допустимий осад	Однорідна рідина без сторонніх включень, допустимий осад
3	Колір	Від світло-коричневого до темно-коричневого	Від світло-коричневого до темно-коричневого
4	Запах	Слабко виражений (поліакрилату)	Слабко виражений (поліакрилату)
5	Ефективний компонент	Поліакрилат	Поліакрилат
6	Відносна густина	1,09 ± 0,05	1,1 ± 0,05
7	Вміст сухої речовини,% за масою	32,0 ± 0,5	27,0 ± 0,5
8	Водневий показник, pH	7,0 ± 1,0	7,0 ± 1,0
9	Розчинний у воді хлорид (Cl^-), % за масою	Не вище 0,1	Не вище 0,1
10	Вміст лугу (Na_2O еквівалент), % за масою	Не вище 2,0	Не вище 2,0

Для виготовлення добавок слід використовувати сировинні матеріали, які наведені у ТУ У В.2.7-20.5-38564866-001, за наявності документа про якість і санітарно-гігієнічного висновку.

Для збільшення міцності бетону на розтяг при згині, зниження усадочних деформацій, підвищення тріщиностійкості, ударної міцності, міцності на осьовий розтяг до складу бетонної суміші рекомендується вводити сталеву або поліпропіленову фібру.

Як крупний заповнювач високоміцного модифікованого цементобетону застосовують щебінь з щільних гірських порід згідно з ДСТУ Б В.2.7-75-98 кубовидної форми, марки по подрібнюваності не нижче 1200.

Для високоміцного модифікованого цементобетону застосовують піски природні середні з модулем крупності Мк від 2,0 до 2,5 і великі з модулем крупності Мк від 2,5 до 3,0, а також піски з відсіву дроблення згідно з ДСТУ Б В.2.7-32-95. Не допускається наявність в піску органічних домішок, а зміст пилувато-глинистих частинок не повинен перевищувати 3 %.

Для високоміцного модифікованого бетону застосовують модифікатор бетону (наприклад, МБ 10-01), який являє собою тонкодисперсний порошок мікрокремнезему, частинки якого покриті затверділої плівкою з молекул суперпластифікатора С-3. Кількість суперпластифікатора С-3 у складі модифікатора бетону становить 10% від маси мікрокремнезему. Модифікатор бетону вводять в бетонну суміш в кількості від 10% до 15% від маси цементу.

Для забезпечення високої морозостійкості бетону в бетонну суміш вводять повітровтягувальну добавку (наприклад, СНО) в кількості від 0,015% до 0,03% від маси цементу разом з водою замішування.

Для приготування цементобетонних сумішей слід використовувати хімічні добавки згідно з ДСТУ-Н Б В.2.7-175, ДСТУ Б В.2.7-171, та мінеральні добавки згідно з ДСТУ Б В.2.7-128.

Для влаштування шарів посилення рекомендується застосовувати високоміцні швидкотверднучі бетони відповідно до класифікації ДСТУ Б В.2.7-221:2009, які володіють високою морозостійкістю і забезпечують великий опір розтягу при згині. Мінімальні вимоги до високоміцного модифікованого бетону наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Вимоги до високоміцного модифікованого бетону
Table 2 – Requirements for high-strength modified concrete

Показник	Величина показника	Примітка
1	2	3
Марка бетону по морозостійкості	F 150	Випробування бетону по 3-му методу згідно з ДСТУ Б В.2.7-48-96 та ДСТУ Б В.2.7-47-96
Клас (Марка) бетону по міцності на стиск	В 60 (М 800)	Випробування і контроль міцності згідно з ДСТУ Б В.2.7-214:2009, ДСТУ Б В.2.7-224:2009, ДСТУ Б В.2.7-223:2009. Визначає зносостійкість покриття, стійкість проти продавлювання, сколювання, час нарізки швів

Продовження таблиці 2
Continuation of table 2

Показник	Величина показника	Примітка
1	2	3
Клас (Марка) бетону по міцності на розтяг при згині	Btb 6,4 (Ptb 80)	Випробування і контроль міцності згідно з ДСТУ Б В.2.7-214:2009, ДСТУ Б В.2.7-224:2009, ДСТУ Б В.2.7-223:2009. Визначає товщину покриття і міцність конструкції
Водо-цементне відношення	Не більше 0,4	Визначає міцність і морозостійкість бетону
Наявність повітровтягувальних добавок, кількість %	Так	Вимога до повітровтягувальної добавки СНВ зазначено в ДСТУ Б В.2.7-43-96, Хімічні добавки згідно з ДСТУ-Н Б В.2.7-175, ДСТУ Б В.2.7-171.
Об'єм залученого в бетонну суміш повітря, %	5-6	Вимога зазначена в ДСТУ Б В.2.7-43-96, ДБН 2.3.4-5
Наявність пластифікуючих добавок	Так	Вимога зазначена в ДСТУ-Н Б В.2.7-175, ДСТУ Б В.2.7-171.
Марка за легкоукладальністю, рухливість бетонної суміші, см	П1-П2	Вимога зазначена в ДСТУ Б В.2.7-96.
Наявність модифікуючих добавок	Так	Кількість модифікаторів і їх тип визначають у лабораторних умовах в залежності від вимог проекту

Високоміцний модифікований бетон володіє раннім набором міцності. У віці 1 добу міцність бетону на розтяг при згині досягає 5,5 МПа, яке відповідає класу бетону B_{tb} 4,0, а міцність при стиску – 52 МПа (клас бетону В40). У віці 28 діб міцність бетону на розтяг при згині становить від 8,0 до 9,0 МПа, а міцність при стиску – від 80 до 100 МПа.

Проектування складу високоміцного дорожнього цементобетону виконується відповідно до методології, аналогічної для дорожнього цементобетону звичайної міцності.

При підборі складу високоміцного цементобетону при однаковій марці цементу М500 вирішальне значення має марка цементу на розтяг при згині R_u^u ($R_u^u \geq 6{,}0$ Н/мм^2 (МПа).

При проектуванні складу цементобетону потрібно враховувати, що високоміцні дорожні цементобетони можуть бути одержані за рахунок підвищення міцності цементного каменя.

Для отримання високоміцного дорожнього цементобетону необхідно:

- здійснити підбір оптимального складу цементобетонної суміші;
- застосування високоактивних (на розтяг при згині $R_u^u \geq 6{,}0$ Н/мм^2) цементів;
- шляхом підбору досягати зменшення В/Ц;
- шляхом підбору досягати зменшення капілярної пористості до 1,5 %;
- застосування ефективних комплексів суперпластифікаторів з повітровтягуючими та/або газовиділяючими добавками з водоредукуючим ефектом більше 25 %, збереженням легкоукладальності цементобетонної суміші не менше ніж (60 – 120) хв. при збереженні кількості залученого повітря;
- досягати оптимального коефіцієнта розсунення зерен (κ_p).

На даний час поширення набули два методи підбору складу цементобетону.

Згідно нормативного методу (ДСТУ Б В.2.7-215, ДСТУ-Н Б В.2.7-299) орієнтовне значення В/Ц для отримання середнього рівня міцності цементобетону на розтяг при згині визначають по наступній залежності:

$$B/Ц = \frac{0,34 \cdot R_ц}{R_b + 0,034 \cdot R_ц}, \quad (1)$$

де: $R_ц$ – границя міцності цементу на розтяг при згині, яка визначається експериментально, Н/мм^2;

R_b – середній рівень міцності на розтяг при згині цементобетону $R_б \geq 5,5$ Н/мм^2 (МПа).

Середній об'єм залученого повітря для розрахунку приймається 50 л/м^3.

При застосуванні хімічної добавки вміст води визначають за формулою:

$$B = \frac{K_{Н.Г.} \cdot k_д^2 \cdot Ц \cdot H_Г + B_п \cdot \gamma^п (V_p^1 - Ц / \gamma^ц) + B_щ}{1 + 0,001 \cdot B_П \cdot \gamma^п} \quad (2)$$

де: $k_д = \frac{H_г^1}{H_г}$ – коефіцієнт ефективності добавки;

$H_г^1$ – нормальна густота цементного тіста із застосуванням хімічної добавки;

$H_г$ – нормальна густота цементного тіста без застосування хімічної добавки.

Уточнену кількість води необхідно обчислювати за формулою:

$$B = B + \frac{B_д}{\gamma_д} - B_щ, \quad (3)$$

де: $\gamma_д$ – щільність добавки, кг/м^3;

$B_щ$ – потреба води на змочування поверхні зерен щебеню, визначається по формулі:

$$B_щ = 0,014 \cdot Щ_{2-5} + 0,008 \cdot Щ_{5-10} + 0,005 \cdot Щ_{10-20} + 0,003 \cdot Щ_{20-40}, \quad (4)$$

де: $Щ_{2-5}$, $Щ_{5-10}$, $Щ_{10-20}$, $Щ_{20-40}$ – вагова витрата щебеню відповідно фр. 2 - 5 мм, фр. 5 - 10 мм, фр.10 - 20 мм, фр.20 - 40 мм на 1 м^3 віброущільненого цементобетону, кг.

З умов отримання матеріалу з максимальною міцністю на розтяг при згині повинно визначатися в залежності від щільності щебеню у віброваному стані, яке залежить від вмісту голчастих та лещадних фракцій.

Найбільш щільна упаковка залежить також від модуля крупності піску та його щільності у віброваному стані з урахуванням фракції 0,315 – 0, 63. Після встановлення оптимального співвідношення Щ/П в контрольному складі підбирається витрата добавки із урахуванням повітря (газо) втягувальних компонентів. Це дає раціональну структуру пір (розподіл втягнутого повітря (газу) в основному в об’ємі розчинної частини. Що надає зменшення дефектів в цементному камені (мінімальний вміст повітря навколо крупного заповнювача).

Все це збільшує однорідність і відповідно морозостійкість бетону, а разом зі збільшенням міцності на розтяг при згині та зменшенням модуля пружності забезпечує довговічність цементобетону в покритті.

Структура, в’язкість добавки і правильний підбір складу (упаковка) бетонної суміші дають змогу розподілити бульбашки повітря (газу) в розчинній частині бетонної суміші і укладеного цементобетону і зводить до мінімуму розподіл бульбашок повітря біля крупного заповнювача, тобто зменшується

структура дефектів (рис. 1). Зменшення структури дефектів призводить до збільшення міцності на розтяг при згині, морозостійкості і водонепроникливості, зменшення капілярної пористості ≤ 1,5 %. Це дає можливість зменшити кількість повітря при застосуванні повітровтягуючих добавок до 4,0 – 4,5 % або газоутворюючих – 2,8 – 3,5 % при морозостійкості F300 (при випробуванні за ІІ-м прискореним методом ДСТУ Б В.2.7-47).

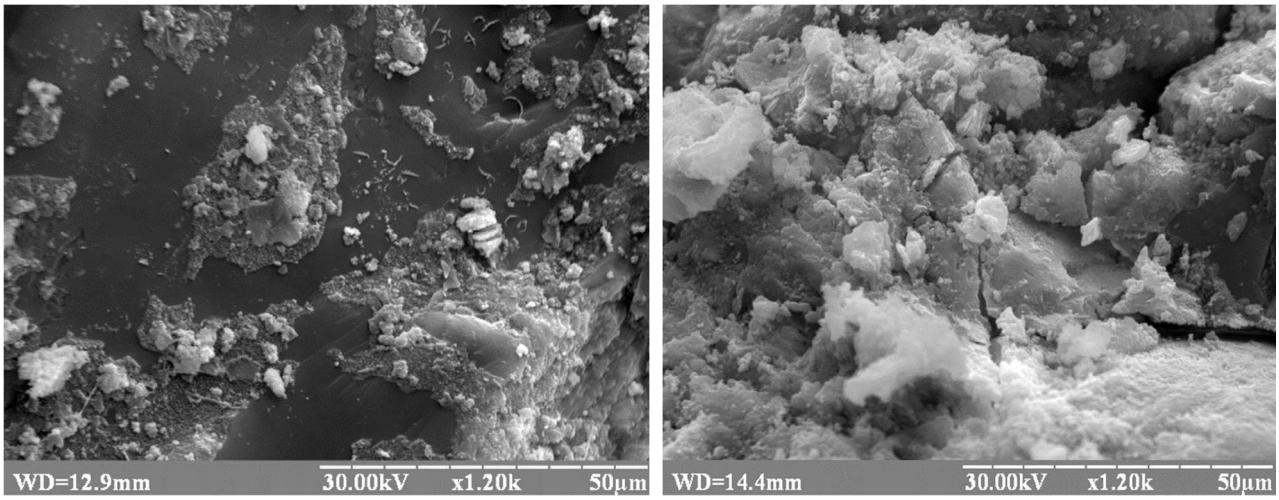


Рисунок 1 – Електронні мікрофотографії поверхні сколку штучного каменю контрольного складу (а) та з добавкою ШАГ в кількості 1,1 % (б) на 28 добу твердіння в нормальних умовах. Збільшення х1200.

Figure 1 – Electron microphotographs of the surface of the control composition artificial stone chip (a) and with the addition of 1.1% “SHAG” (b) on the 28th day of hardening under normal conditions. Magnification x1200.

Нормативні марки за морозостійкістю повинні використовуватися тільки при підборі складу цементобетону, контролі його якості в процесі будівництва і прийманні цементобетонного покриття в експлуатацію.

При випробуванні дорожнього цементобетону на морозостійкість найкращі результати отримано при вмісту піску r = 0,37 – 0,42.

У табл. 3 та 4 наведено склади малорухливих та пластичних цементобетонних сумішей для влаштування цементобетонних покриттів при технології ковзної опалубки та ущільнення віброрейкою.

Таблиця 3 – Склади малорухливих цементобетонних сумішей для влаштування цементобетонних покриттів при технології ковзної опалубки.

Table 3 – Compositions of low-mobility cement-concrete mixtures for the cement-concrete pavements installation with sliding formwork technology

Найменування	П1 В40 F200 W6	П1 В45 F200 W6	П1 В50 F200 W6
1	2	3	4
Цемент, кг	340	365	390

Найменування	П1 В40 F200 W6	П1 В45 F200 W6	П1 В50 F200 W6
1	2	3	4
Пісок річковий, кг	180	170	165
Пісок кар'єру Вознесенський, кг	530	520	495
Щебінь 10-20, кг	615	615	618
Щебінь 5-10 / Щебінь 2-5, кг	410 / 205	410 / 205	410 / 208
Вода, л	128	129	130
Добавка пластифікатор, % / кг	1,03 / 3,5 кг.	1,03 / 3,8 кг.	1,03 / 4,0 кг.
Кількість залученого повітря, %	5,7	5,4	5,1
Міцність на стиск, МПа			
3 доба	30,2	34,2	38,1
7 доба	42,5	47,7	53,0
28 доба	54,9	61,0	66,3

Таблиця 4 – Склади пластичних цементобетонних сумішей для влаштування цементобетонних покриттів при технології ущільнення віброрейкою.

Table 4 – Compositions of plastic cement-concrete mixtures for the cement-concrete pavements installation with the vibro-rail compaction technology

Найменування	П4 В40 F200 W6	П4 В45 F200 W6	П4 В50 F200 W6	П4 В55 F200 W6
1	2	3	4	5
Цемент, кг	365	390	415	440
Пісок річковий, кг	170	160	155	150
Пісок Вознесенський, кг	510	490	475	460
Щебінь 10-20, кг	600	600	600	600
Щебінь 5-10 / Щебінь 2-5, кг	400 / 200	400 / 200	400 / 200	400 / 200
Вода, л	143	145	146	146
Добавка пластифікатор,%	0,8 / 2,9	0,8 / 3,1	0,8 / 3,3	0,8 / 3,5
Кількість залученого повітря,%	5,9	5,5	5,2	4,9
Міцність на стиск, МПа				
3 доба	22,5	26,0	28,7	32,3
7 доба	37,2	43,1	48,0	52,8
28 доба	53,9	61,2	66,7	73,6

Бетонна суміш повинна мати підібраний зерновий склад, достатню легкоукладальність, які забезпечують одержання рівної і замкненої поверхні покриття при заданій рухомості або жорсткості. Вона не повинна розшаровуватись під час транспортування і при розподіленні по основі.

Легкоукладальність бетонної суміші залежить від обраного устаткування для її приготування, комплекту бетоноукладального обладнання, та обраної технології транспортування, укладання і ущільнення. Марка за рухомістю чи жорсткістю бетонної суміші повинна відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-96 і цих Методичних рекомендацій.

Для влаштування шару підсилення з цементобетону забезпечуються належні прийнятої технології бетонних робіт властивості суміші на місці бетонування (з урахуванням часу транспортування бетонної суміші і необхідних технологічних перерв).

При рухомості 3-5 см або жорсткості 3-5 с як вказано в ДСТУ Б В.2.7-96 неможливо ущільнити бетонну суміш без застосування машин.

Бетонні суміші, які укладаються із використанням віброущільнення, повинні мати рухомість на місці укладання (ОК) від 1 см до 4 см і жорсткість (Ж) від 3 с до 8 с.

Бетонна суміш для шару підсилення асфальтобетонних покриттів, яка влаштовується в ковзній опалубці, повинна характеризуватися маркою П1-П-2 по легкоукладальності згідно з ДСТУ Б В.2.7-96 і потрібним обсягом залученого повітря згідно з ДСТУ Б В.2.7-43-96.

Показники легкоукладальності бетонної суміші (осідання стандартного конуса, ОК) і обсяг залученого повітря визначають згідно з ДСТУ Б В.2.7-114. Бетонна суміш марки П1 характеризується величиною ОК = 1-4 см.

Бетонна суміш для шару підсилення повинна відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-96 за показниками розшаровуваності (по водовідділенню) і розчиновідділенню згідно з ДСТУ Б В.2.7-114-2002 і забезпечувати можливість механізованої обробки поверхні свіжеукладеного покриття.

При використанні цементобетонних сумішей з сучасними хімічними та мінеральними добавками і засобів малої механізації (віброрейки, площадкові вібратори, глибинні вібратори) дозволяється застосовувати рухомі суміші з ОК = (5 - 9) см та високорухомі та литі суміші з ОК = (16 – 22) см згідно з ДСТУ Б В.2.7-96.

Вказані обмеження не стосуються без вібраційного укладання бетонної суміші, зокрема при використанні литих цементобетонних сумішей (ОК більше ніж 16 см). Для досягнення необхідного осідання конусу слід використовувати суперпластифікатори, які забезпечують збільшення рухомості бетонної суміші основного складу відносно показника рухомості контрольної суміші від Р1 до (Р4 - Р5) згідно з ДСТУ Б В.2.7-96-2000 або S1 -S4 ДСТУ EN 206-1:2000, EN 12350-2.

Для забезпечення необхідної морозостійкості дорожнього цементобетону до бетонних сумішей висувають вимоги, які регламентують їх водоцементне відношення (В/Ц) і вміст втягненого повітря ($V_п$).

Час транспортування бетонної суміші в автомобілі-самоскиді не повинно перевищувати 30 хвилин при температурі повітря від плюс 20 ^{0}С до плюс 30^{0}С і 1 годину при температурі повітря менше плюс 20 ^{0}С (ДБН Б В 2.3-4). При застосуванні модифікаторів і пластифікуючих добавок час транспортування може варіюватися в більш широкому діапазоні.

З урахуванням втрати легкоукладальності бетонної суміші під час транспортування і технологічних перерв, на цементобетонному заводі величина осадки конуса повинна бути більшою, ніж на укладанні на 1-3см.

З урахуванням втрати залученого повітря бетонної суміші під час транспортування і технологічних перерв, величина її обсягу на цементобетонному заводі повинна бути більшою, ніж потрібно на укладанні на 1-2 %.

Показники збереженості властивостей бетонної суміші в часі (ДСТУ Б В.2.7-96) слід визначати для конкретного складу бетону покриття на стадії його підбору.

Величина щільності бетонної суміші на цементобетонному заводі повинна відповідати даним підбору складу бетону з урахуванням фактичного обсягу залученого повітря в суміші і її зберігання.

Остаточно технологічні властивості бетонної суміші оцінюють на стадії пробного бетонування.

Для влаштування цементобетонних шарів посилення застосовують важкий бетон, фібробетон і високоміцний модифікований бетон. Для методу «нарощування» застосовують бетони і фібробетони. Для методу «зрощування» - високоміцні модифіковані бетони та фібробетони.

Важкий цементобетон дорожнього покриття та основи повинен задовольняти вимогам ДБН Б В 2.3-4, ДСТУ Б В.2.7-43, а також згідно з ДСТУ Б В.2.7-176.

Для конкретного об'єкту вимоги до цементобетону встановлюються проектом в залежності від призначення та умов роботи.

Порівняння норм до цементобетону для дорожнього покриття (І категорія) в Україні та європейських країн наведено в табл. 5.

Мінімальна міцність бетону на стиск повинна становити В = 30 МПа (М = 400), а мінімальна міцність бетону на розтяг при згині B_{tb} = 4,0 МПа (Ptb = 50) згідно ДБН В .2.3-4.

Морозостійкість бетону покриття повинна відповідати F 100-150 в залежності від температури повітря найхолоднішого місяця. Але така марка морозостійкості недостатня, щоб забезпечити довговічність дорожнього цементобетону, тому мінімальна марка за морозостійкістю для регіонів України повинна бути не менше ніж F200. Слід відмітити про відсутність в нормативних документах ЕС і США вимоги щодо морозостійкості цементобетону для покриття доріг. Проте в EN 206-1 введено показник якості цементобетону в залежності від середовища експлуатації і виду корозії – XD3, XF3-XF4.

Марку бетону шару підсилення по морозостійкості слід призначати не менше F200 при випробуванні по другому базовому методу ДСТУ Б В.2.7-49 для всіх кліматичних умов району будівництва і для автомобільних доріг всіх категорій.

Необхідна морозостійкість цементобетону забезпечується обов'язковим застосуванням повітровтягуючих добавок, а також пластифікуючих, або пластифікуючо-повітровтягуючих добавок, застосуванням заповнювачів згідно з ДСТУ Б В.2.7-43, проектуванням складу бетонної суміші згідно з ДСТУ Б В.2.7-215, дотриманням правил приготування, транспортування, розподілення та ущільнення суміші, а також своєчасним і ефективним доглядом за бетоном протягом строку його твердіння.

Випробування бетону на міцність, морозостійкість, а також, при необхідності на стираність і водонепроникність, проводяться до початку будівництва під час підбору складу бетону на матеріалах, які будуть використовуватись при будівництві.

Для підвищення міцності, морозо- і корозійної стійкості бетону, у тому числі проти спільної дії розчинів хлористих солей, які застосовуються для боротьби із зимовою слизькістю, а також для покращення технологічних властивостей бетонної суміші повинні застосовуватись добавки згідно з ДСТУ Б В.2.7-171, ДСТУ-Н Б В.2.7-175 та інструкцій щодо їх застосування у відповідності з вказівками нормативних документів.

Таблиця 5 – Порівняння вітчизняних і європейських вимог до цементобетону для покриття доріг.

Table 5 – Comparison of domestic and European cement-concrete materials for road pavements requirements.

Показники	Вимоги	
	ДБН В.2.3-4	EN 206-1
1	2	3
Марка цементу	М 500	ЦЕМ І 52,5 Н
Водоцементне співвідношення	≤ 0,5	≤ 0,4
Вміст залученого повітря в суміші, %	≤ 7 %	4 - 7
Клас міцності при стиску	В35	52,5 Н
Клас міцності розтягу при згині	4,4	6,5
Морозостійкість	≥ F 200	-
Стирання, г/см^3	≤ 0,7	-

На момент відкриття руху будівельного транспорту по цементобетонному шарі посилення міцність бетону повинна складати не менше 70% величини його необхідної міцності (величини $R_т$ за ГОСТ 53231, визначеної при підборі складу бетону). Для визначення міцності цементобетону у готовому покритті або шарі основи відбирають не менше ніж три керни з одного погонного кілометра та випробовують їх згідно з ДСТУ Б.В.2.6-7.

Визначення міцності цементобетону у готовому покритті не руйнівним ультразвуковим методом слід проводити згідно ДСТУ Б В 2.7-226. Цим методом дозволяється випробовувати цементобетонні покриття будь-якої довжини, але не менше ніж 1 км.

Марку цементобетону за морозостійкістю для дорожнього покриття необхідно визначати при заморожуванні та відтаванні в 5 %-му розчині хлористого натру згідно з ДСТУ Б.В.2.7-47 і ДСТУ Б.В.2.7-49. Марки цементобетону для дорожніх покриттів та основ за морозостійкістю наведені у таблиці А.2 ГБН В.2.3-37641918-557.

Перелік посилань

1. Шургая А.Г., Чиженко Н.П. Высокопрочный бетон в дорожном строительстве (теоретические аспекты) // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво: Науково-технічний збірник. Вип. 96. – К.: НТУ, 2016. – С. 43 - 49.

2. Саканделидзе А.А. Новый способ рационального проектирования высокопрочных бетонов марок 500-1000. – Тбилиси, 1978.

3. Радовский Б.С. Строительство дорог с цементобетонными покрытиями в США : новые тенденции / Б. С. Радовский // Дорожная техника : каталог-справочник. – СПб. : ООО «Славутич», 2010. – С. 62–70.

4. Богданович С. В. Бетон : дороже, но дешевле : [о строительстве второй Минской кольцевой автодороги : беседа со специалистами БелдорНИИ] / С. В. Богданович, В. В. Киселев // Транспортный вестник. –Минск, 2014. – № 39. – С. 8–9.

5. Методические рекомендации по ремонту цементобетонных покрытий автомобильных дорог: ДМД 02191.2.005-2006. – Минск, 2006. – 59с.

6. Guide to Concrete Overlays, Sustainable Solutions for Resurfacing and Rehabilitating Existing Pavements. Third Edition, May 2014. Natiomal Concrete Pavement Technology Center, Dale Harrington, Gary Fick, 145 p.

JUSTIFICATION FOR THE BUILDING MATERIALS REQUIREMENTS IN THE ASPHALT PAVEMENT REPAIR BY THE CEMENT CONCRETE LAYERS

Savenko Vyacheslav Ya., Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Transport Construction and Property Management of the National Transport University, E-mail: svi1310@ukr.net, tel. +380506572008.
https://orcid.org/0000-0001-8174-7728.
Bykovets Mykola M., Graduate student of the Transport Construction and Property Management Department of the National Transport University. E-mail: mbykovec@gmail.com, tel. +380662373208. *https://orcid.org/0000-0002-7490-7479*

Abstract. This scientific text examines the main requirements for the composition of cement-concrete mixtures for pavement layers. In particular, it is noted that to obtain high-strength cement concrete, type I and II Portland cement should be used with the content of tricalcium aluminate (C3A) in an amount of no more than 8% by weight. To increase the strength of concrete, it is recommended to add steel or polypropylene fiber. Coarse aggregate of high-strength modified cement concrete can be crushed stone from dense rocks. To obtain high-strength cement concrete, it is also necessary to take into account the requirements for sand, and entraining additives and calculate the composition of concrete in accordance with the methodology for road cement concrete. Ensuring the necessary frost resistance is achieved by selecting the optimal composition of the concrete mixture and using highly active cement. In addition, the text specifies the requirements for the

transportation of the concrete mixture, the slump of the cone, the volume of entrained air, and the preservation of concrete properties. The final technological properties of the concrete mixture are evaluated at the design stage.

Key words: pavement, cement-concrete mixture, concrete, Portland cement, aggregate, crushed stone, plasticizing additives, frost resistance.

References

1. Shurhaya A.H., Chyzhenko N.P. Vysokoprochnyy beton v dorozhnom stroytel′stve (teoretycheskye aspekty) // Avtomobil′ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo: Naukovo-tekhnichnyy zbirnyk. Vyp. 96. – K.: NTU, 2016. – S. 43 - 49.

2. Sakandelidze A.A. Novyy sposob ratsional'nogo proyektirovaniya vysokoprochnykh betonov marok 500-1000. – Tbilisi, 1978.

3. Radovskiy B.S. Stroitel'stvo dorog s tsementobetonnymi pokrytiyami v SSHA : novyye tendentsii / B. S. Radovskiy // Dorozhnaya tekhnika : katalog-spravochnik. – SPb. : OOO «Slavutich», 2010. – S. 62–70.

4. Bogdanovich S. V. Beton : dorozhe, no deshevle : [o stroitel'stve vtoroy Minskoy kol'tsevoy avtodorogi : beseda so spetsialistami BeldorNII] / S. V. Bogdanovich, V. V. Kiselev // Transportnyy vestnik. –Minsk, 2014. – № 39. – S. 8–9.

5. Metodicheskiye rekomendatsii po remontu tsementobetonnykh pokrytiy avtomobil'nykh dorog: DMD 02191.2.005-2006. – Minsk, 2006. – 59s.

6. Guide to Concrete Overlays, Sustainable Solutions for Resurfacing and Rehabilitating Existing Pavements. Third Edition, May 2014. Natiomal Concrete Pavement Technology Center, Dale Harrington, Gary Fick, 145 p.

УДК 625.168 **DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-082-089**
UDC 625.168

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗОЛ-ВИНОСУ РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ НА ВІДПОВІДНІСТЬ НАЦІОНАЛЬНИМ ВИМОГАМ

STUDY OF THE PROPERTIES OF ASH-REMOVAL OF DIFFERENT ORIGIN TO COMPLY WITH NATIONAL REQUIREMENTS



Соколов Олексій Владиславович, *аспірант кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету, e-mail: bitumen_lab@ukr.net,*

https://orcid.org/0000-0002-4694-9647

Анотація. *Вступ.* В Україні близько 30% всієї електроенергії виробляється від спалювання твердого палива - вугілля, сланцю, торфу. В нашій країні налічується близько 15 діючих ТЕС на яких вторинним продуктом утворюється близько 5-6 млн. тон золошлакових відходів в рік. Таким чином, відходи паливно-енергетичного комплексу, що утворюються в топках теплових електростанцій, являють собою величезні скупчення золи у вигляді пилоподібних залишків і кускового шламу, а також різні золо-шлакові суміші. Ці продукти високотемпературної обробки (1200-1700 ºС) мінеральної частини палива, знайшли широке застосування в багатьох країнах світу і враховуючи світову тенденцію, до збільшення частки вторинного ринку використання відходів, слід прогнозувати підвищення темпів їх переробки і в Україні.

Проблематика. В Україні як наповнювач використовують переважно матеріал, отриманий подрібненням карбонатних гірських порід, що установлено в ДСТУ Б В.2.7-121. В той же час на електрогенеруючих підприємствах України в результаті спалювання вугілля утворюються мільйони тон пилоподібних відходів - золи-виносу. Даний матеріал за зерновим складом наближається до вимог до наповнювача згідно з ДСТУ Б В.2.7-121 та може бути використаний для виробництва асфальтобетонних сумішей.

Мета роботи полягає у встановленні можливості використання золи-виносу різного походження для виробництва асфальтобетонних сумішей.

Матеріали і методи. Під час досліджень використовували золи-виносу різного походження.

Результати. Встановлено, що дані матеріали за всіма визначеними показниками відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-121 відповідно до неактивованого мінерального порошку марки І.

Висновки. Проведені дослідження з визначення зернового складу, пористості, набрякання та структуруючої здатності показали, що досліджувана зола-винесення відповідає вимогам таблиці 5 ДСТУ Б В.2.7-121, а показники є наближеними до вапнякового мінерального порошку.

Ключові слова. мінеральний порошок, зола-винесення, екологія, пористість, густина, структуруюча здатність.

Вступ

Утилізація вторинних матеріалів виробництва призначена для збереження природних ресурсів і скорочення обсягу відходів, які необхідно утилізувати в спеціальних місцях поховання. Утилізація заохочується багатьма країнами Європейського Союзу, в якому є відповідні положення у всіх директивах, що стосуються управління відходами. Ключовим елементом у заохоченні до переробки відходів є принцип «забруднювач платить», який був включений до всіх директив Співтовариства щодо поводження з безпечними та небезпечними відходами [1]. З метою заохочення до переробки

багато держав-членів прийняли специфічне екологічне законодавство, зокрема, сплату податку за утилізацію відходів.

В Україні близько 30% всієї електроенергії виробляється від спалювання твердого палива - вугілля, сланцю, торфу. В нашій країні налічується близько 15 діючих ТЕС на яких вторинним продуктом утворюється близько 5-6 млн. т золошлакових відходів в рік. Таким чином, відходи паливно-енергетичного комплексу, що утворюються в топках теплових електростанцій, являють собою величезні скупчення золи у вигляді пилоподібних залишків і кускового шламу, а також різні золо-шлакові суміші. Ці продукти високотемпературної обробки (1200-1700 ºС) мінеральної частини палива знайшли широке застосування в багатьох країнах світу і враховуючи світову тенденцію до збільшення частки вторинного ринку використання відходів, слід прогнозувати підвищення темпів їх переробки і в Україні.

Зола-виносу ТЕС - є вторинним продуктом промисловості, що утворюється з мінеральної частини твердого палива, що спалюється в пилоподібному стані і зібраний золо-уловлювальними пристроями з димових газів теплових електростанцій. Залежно від типу золо-уловлювальних пристроїв зола-винесення може виловлюватися у вологому або сухому стані. Механізм утворення відходів залежить від ряду факторів, таких як вид палива, спосіб спалювання та температура спалювання.

Розмір варується від часток мікрона до 0,315 мм., тобто є тонкодисперсним матеріалом, що виноситься з димовими газами і осідає в золовловлювачах з подальшим накопиченням в силосних баштах.

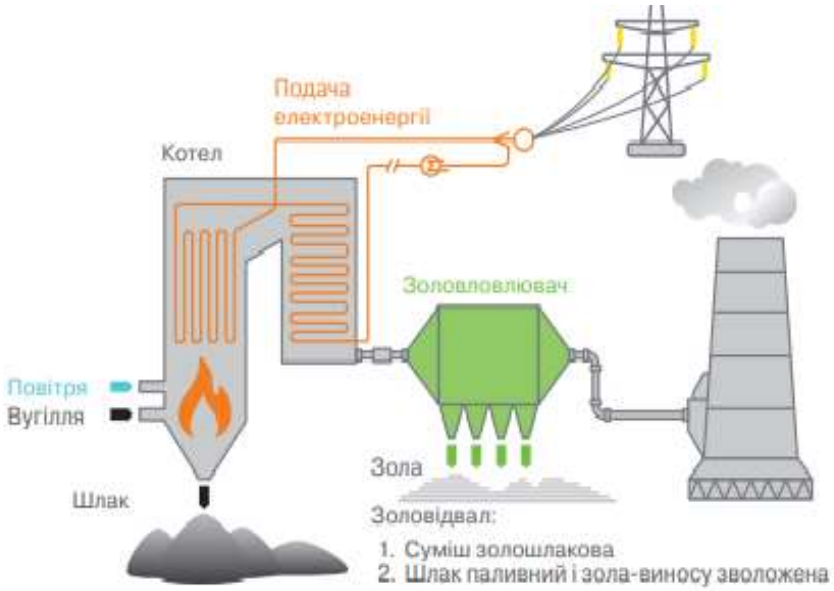


Рисунок 1 – Отримання золи-виносу з ТЕС

Figure 1 – Receiving fly ash from TPP

Основна частина

В даний час немає певної загальновизнаної класифікації золи-винесення. Наявні на сьогоднішній день класифікації не узгоджуються між собою і залежать від зручності використання при різних цілях. Для золи-винесення, отриманих спалюванням вугілля кожного родовища, встановлюється зразкові вимоги щодо хімічного складу, питомої поверхні після електрофільтра або батарейного циклону. Однак ці нормативи настільки широкі, що можуть використовуватися тільки як інформаційно-довідковий матеріал, але не керівництво при практичному використанні.

Хімічний склад золи виносу безпосередньо відноситься до хімії мінералів що спалюються. Було проведено безліч досліджень по уточненню хімічного складу. Серед яких треба відзначити дослідження Джамії Мілії та Джамії Нагар, які в своїй роботі визначили досить точні діапазони

хімічних сполук в золі-виносу та якісні фізичні характеристики [2]. За цими дослідженнями було встановлено хімічний склад золи-винесення, який наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад золи-винесення

Table 1 – Chemical composition of fly ash

Оксиди		CaO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	TiO_2	Інші
Відсотковий вміст в золі		0,37-27,68	27,88-59,40	5,23-33,99	1,21-29,63	0,42-8,79	0,42-8,79	0,20-6,90	0,64-6,68	0,24-1,73	4,0-6,0

(CaO - Оксид кальцію; SiO_2 - Діоксид кремнію; Al_2O_3 - Оксид алюмінію; Fe_2O_3 - Оксид заліза; MgO - Оксид магнію; SO_3 - Триоксид сірки; Na_2O - Карбонат натрію; K_2O - Оксид калію; TiO_2 - Діоксид титану). Зольні відходи містять слідові домішки, такі як цинк, свинець, хром, марганець, кобальт, нікель, ртуть, миш'як, сурма, ванадій, стронцій, германій, бор, берилій, фтор тощо [3].

Були проведені випробування на відповідність стандартним властивостям золи-виносу як мінерального порошку. Результати випробування наповнювачів наведено в таблиці 3.

Результати випробування показали, що за зерновим складом досліджуваний вапняковий мінеральний порошок, зола-виносу Бурштинської ТЕС, зола-виносу Дарницької ТЕС та зола-виносу Трипільської ТЕС відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-121 [4] відповідно до неактивованого мінерального порошку марки І (рисунок 2). При цьому, через сито з розміром отворів 0,071 мм проходить 87,6 % вапнякового мінерального порошку, 86,3 % золи виносу Бурштинської ТЕС, 85,7 % золи виносу Дарницької ТЕС та 83,1 % золи виносу Трипільської ТЕС.

Таблиця 2 – Результати випробування наповнювачів

Table 2 – Test results of fillers

Ч. ч.	Найменування показників, одиниця вимірювання	Вимоги ДСТУ Б В.2.7-121	Результати випробування			
			Вапнякового МП	Зола-виносу		
				Бурштинська ТЕС	Дарницька ТЕС	Трипільська ТЕС
1	Зерновий склад — вміст частинок, відсоток за масою:					
	— дрібніше ніж 0,071 мм	80, не менше	87,6	86,3	85,7	83,1
	— дрібніше ніж 0,315 мм	90, не менше	99,7	99,8	99,9	99,9
	— дрібніше ніж 1,25 мм	100, не менше	100	100	100	100
2	Дійсна густина, г/см^3	-	2,63	2,60	2,59	2,61
3	Середня густина, г/см^3	-	1,85	1,78	1,73	1,78
4	Пористість у разі ущільнення 40 МПа, відсоток за об’ємом	35, не більше	29,7	33,2	34,8	31,8
5	Набрякання зразків із суміші порошку з бітумом, відсоток за об’ємом	2,5, не більше	0,4	1,2	1,8	1,6
6	Структуруюча здатність, °С	від 10 до 20 включно	12,4	13,4	12,9	13,5

Найбільша дійсна густина характерна для мінерального порошку і становить 2,63 г/см^3, найменша — у золи виносу Дарницької ТЕС (рисунок 3).

Найбільша середня густина також характерна для вапнякового мінерального порошку і становить 1,85 г/см^3, найменша — для золи виносу Дарницької ТЕС (рисунок 3). Середня густина зола виносу Бурштинської ТЕС та зола виносу Трипільської ТЕС становить 1,78 г/см^3 та наближається до середньої густини вапнякового мінерального порошку.

Суттєві відмінності в значеннях середньої та дійсної густини досліджуваних матеріалів відображається на їх пористості при ущільненні 40 МПа (рисунок 5). Пористість золи виносу є близькою до максимального нормованого значення, але всі матеріали знаходяться в нормативних мажах .

Найбільш вид наповнювача впливає на набрякання зразків із суміші порошку з бітумом (рисунок 6). Якщо набрякання для вапнякового мінерального порошку становить всього 0,4 % за об'ємом, то для золи виносу Бурштинської ТЕС цей показник становить 1,2 % за об'ємом, а золи виносу Дарницької ТЕС та золи виносу Трипільської ТЕС відповідно 1,8 % за об'ємом та 1,6 % за об'ємом. Тобто показник набрякання золи винесення знаходиться в межах норми.

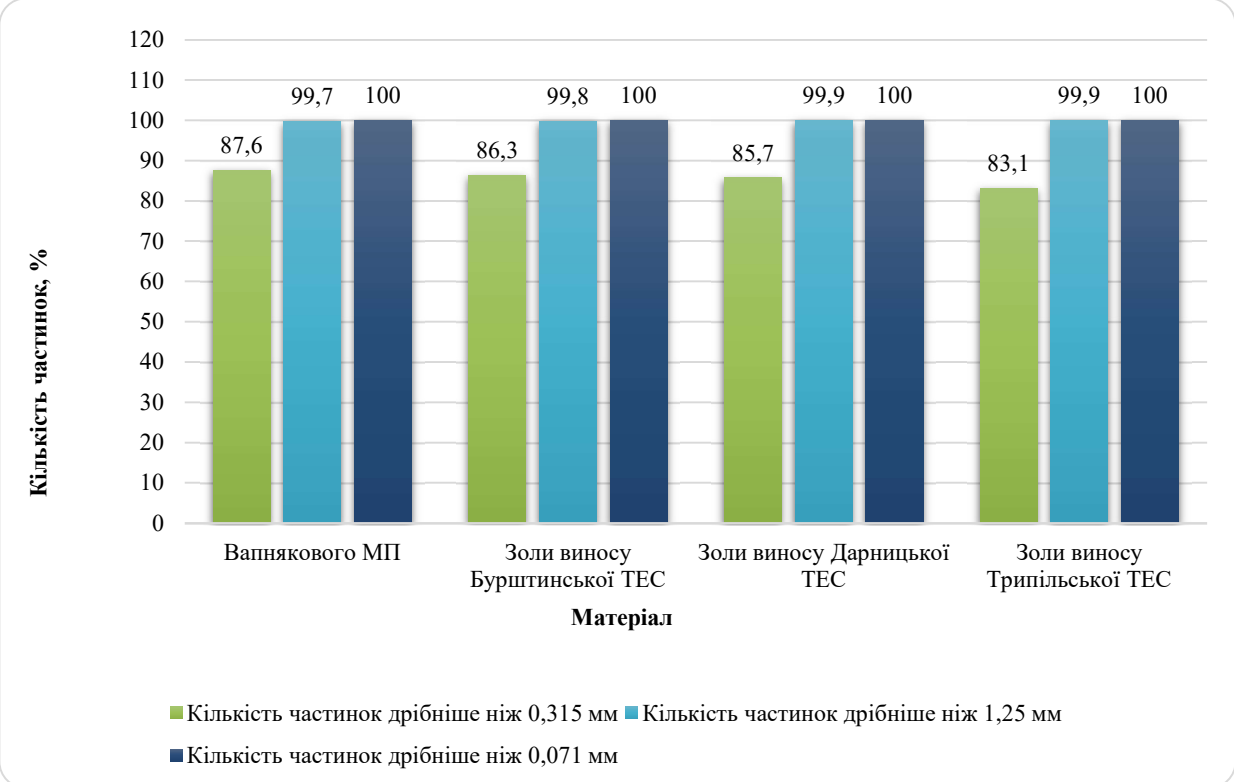


Рисунок 2 – Результати визначення зернового складу досліджуваних матеріалів
Figure 2 – Results of determining the grain composition of the studied materials

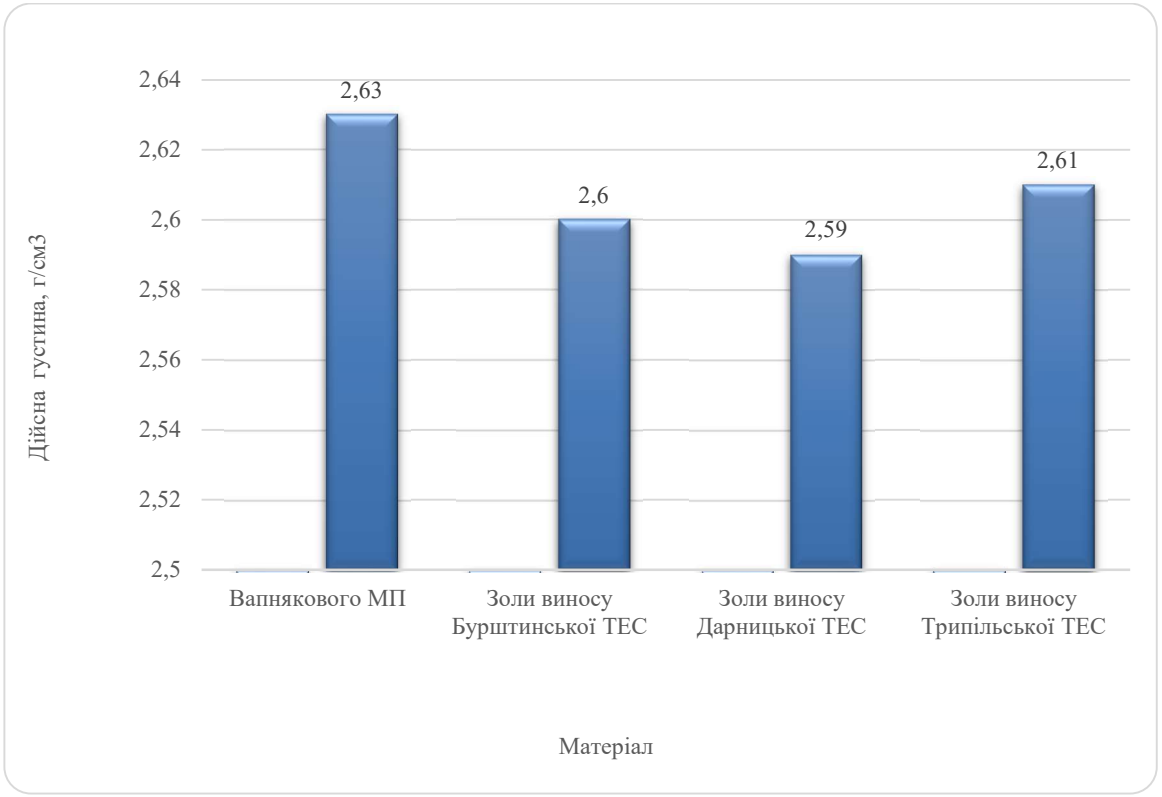


Рисунок 3 – Результати визначення дійсної густини досліджуваних матеріалів

Figure 3 – Results of determining the actual density of the studied materials

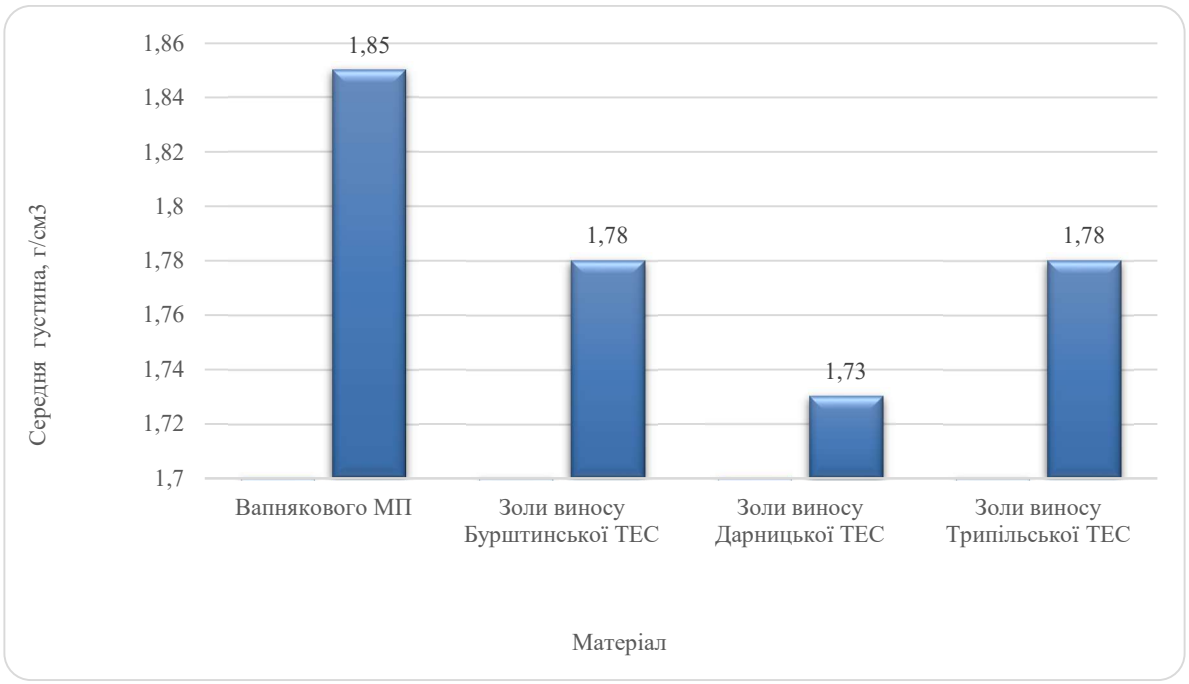


Рисунок 4 – Результати визначення середньої густини досліджуваних матеріалів

Figure 4 – Results of determining the average density of the studied materials

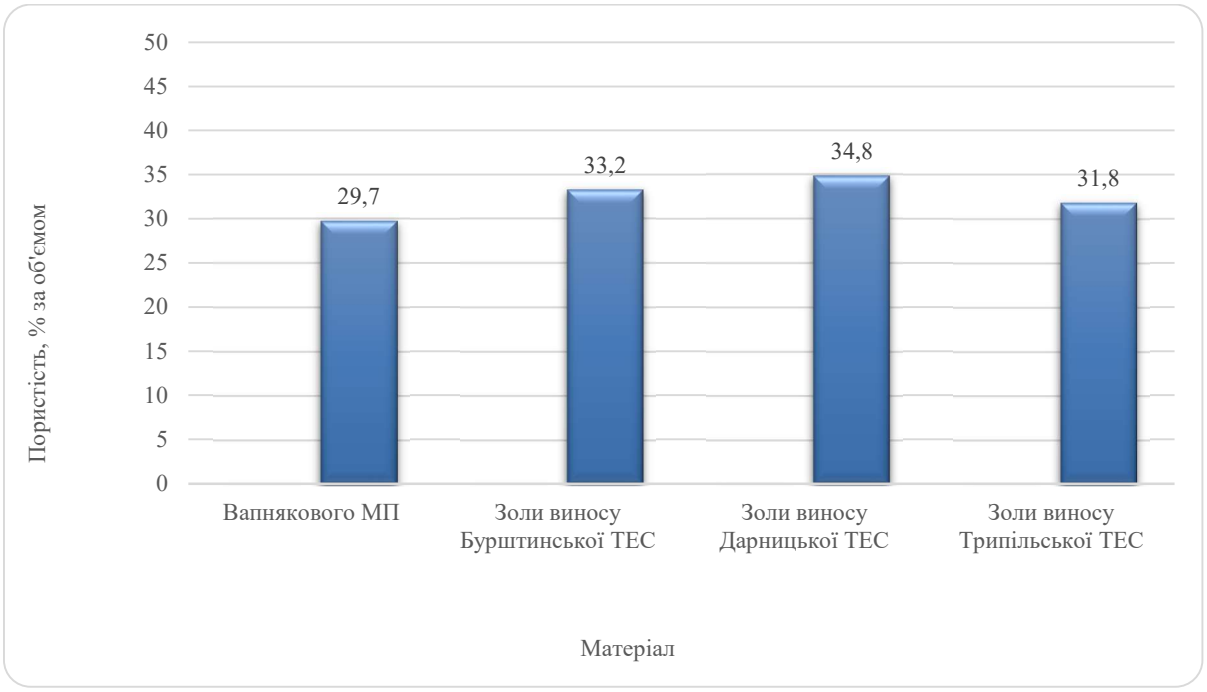


Рисунок 5 – Результати визначення пористості досліджуваних матеріалів
Figure 5 – Results of determining the porosity of the studied materials

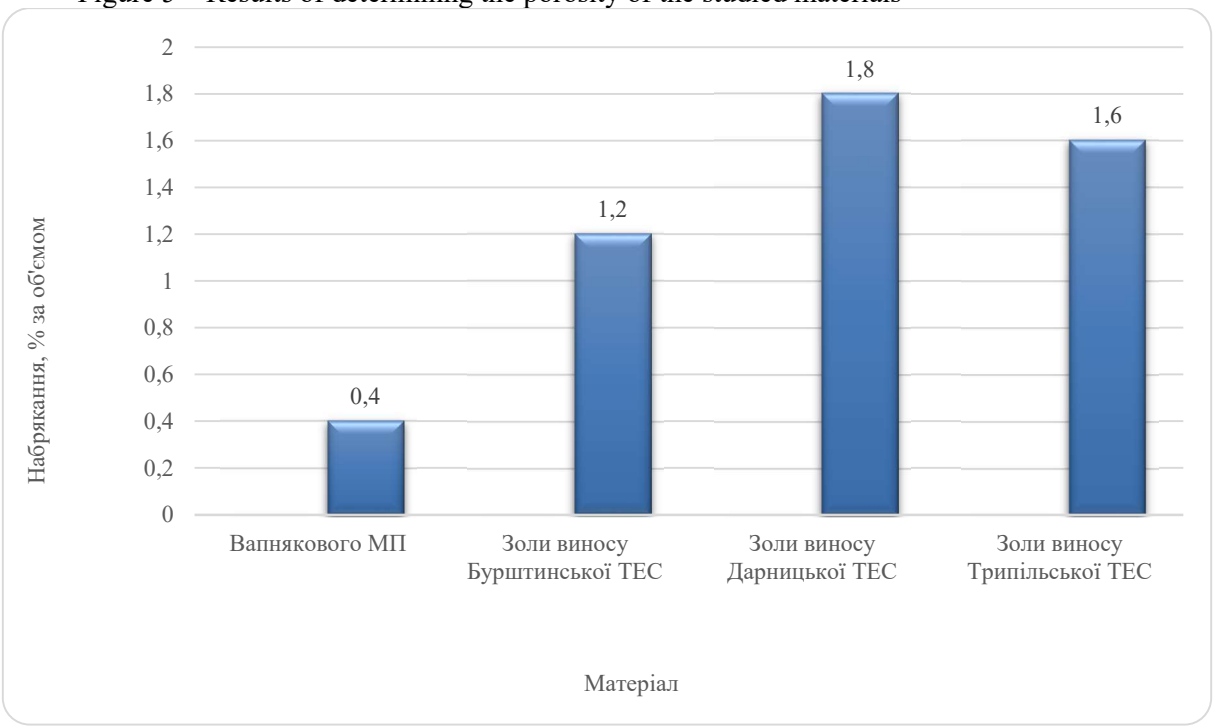


Рисунок 6 – Результати визначення набрякання зразків суміші досліджуваних матеріалів з бітумом

Figure 6 – Results of determination of the swelling of the samples of the mixture of the studied materials with bitumen

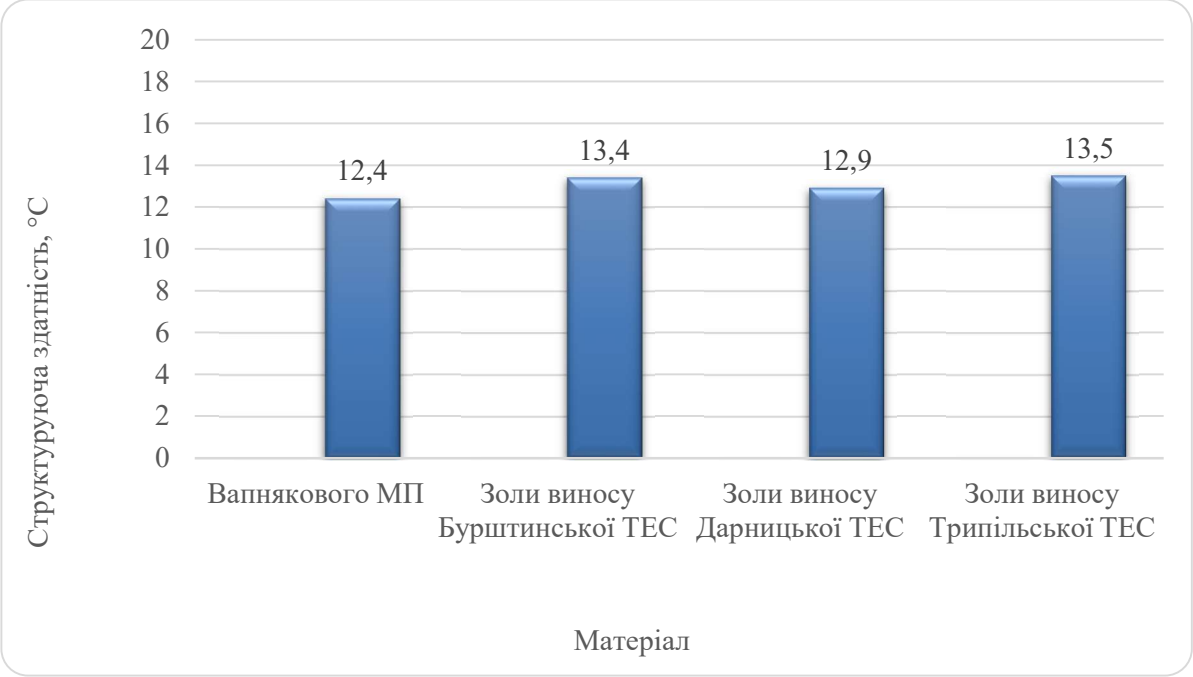


Рисунок 7 – Результати визначення структуруючої здатності досліджуваних матеріалів
Figure 7 – Results of determining the structuring ability of the studied materials

Найбільшою структуруючою здатністю, що характеризується приростом температури розм'якшеності бітуму під час змішування його із наповнювачем, відзначається зола виносу Трипільської ТЕС та зола виносу Бурштинської ТЕС (рисунок 7), а інші досліджувані матеріали мають на 1 °С нижчу структуруючу здатність. При цьому, найнижча структуруюча здатність зафіксована для вапнякового мінерального порошку.

Таким чином установлено, що дані матеріали за всіма визначеними показниками відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-121 відповідно до неактивованого мінерального порошку марки І.

Висновки

В Україні в якості сировини для виробництва мінерального порошку переважно використовують осадові карбонатні гірські породи, тобто матеріал природного походження. В той же час Україна має великий ресурс вторинних продуктів промисловості, який може бути використаний для виробництва мінерального порошку.

Проведені дослідження з визначення зернового складу, пористості, набрякання та структуруючої здатності показали, що досліджувана зола-винесення відповідає вимогам таблиці 5 ДСТУ Б В.2.7-121, а показники є наближеними до вапнякового мінерального порошку. Значне зростання набрякання зразків із суміші наповнювача з бітумом може бути пов'язане з високим вмістом глинистих домішок в досліджуваних матеріалах. Подальші дослідження має бути спрямовано на встановлення впливу заміни мінерального порошку в асфальтобетонній суміші на її фізико-механічні властивості.

Перелік посилань

1. Соколов О. В., Желотобрюх А. Д., Копинець І. В., Каськів В. І. Використання відходів промисловості в дорожньому будівництві. Дороги і мости. Київ, 2020. Вип. 21. С. 110-119.

2. Доцент кафедри машинобудування, інженерно-технологічний факультет, Джамія Міллія Ісламія, Джамія Нагар. Утилізація та використання зол виносу для захисту середовища. Міжнародний журнал інноваційних досліджень у науці, інженерії та технології. Нью-Делі-110025, Індія. Том 2, випуск 10, жовтень 2013 року, с.5259-5266.

3. M. Guo and Y. Tan, “Interaction between asphalt and mineral fillers and its correlation to mastics’ viscoelasticity,” *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 22, no. 1, pp. 1–10, 2021.

4. ДСТУ Б В.2.7-121:2014 Порошок мінеральний для асфальтобетонних сумішей. Технічні умови. Київ, 2015. 42 с. (Інформація та документація).

STUDY OF THE PROPERTIES OF ASH-REMOVAL OF DIFFERENT ORIGIN TO COMPLY WITH NATIONAL REQUIREMENTS

Sokolov Oleksiy V., graduate student of the Department of Transport Construction and Property Management of the National Transport University, e-mail: bitumen_lab@ukr.net, https://orcid.org/0000-0002-4694-9647

Abstract. Introduction. In Ukraine, about 30% of all electricity is produced by burning solid fuels - coal, shale, and peat. In our country, there are about 15 operating thermal power plants, which generate about 5-6 million tons of ash and slag waste as a secondary product per year. Thus, the waste of the fuel and energy complex, which is formed in the furnaces of thermal power plants, is a huge accumulation of ash in the form of dust-like residues and lumpy sludge, as well as various ash-slag mixtures. These products of high-temperature processing (1200-1700 ºC) of the mineral part of the fuel are widely used in many countries of the world, and taking into account the global trend of increasing the share of the secondary market for the use of waste, it is necessary to predict an increase in the rate of their processing in Ukraine as well.

Problems. In Ukraine, as a filler, the material obtained by crushing carbonate rocks is used as a filler, which is established in DSTU B B.2.7-121. At the same time, as a result of burning coal, millions of tons of dust-like waste - fly ash - are generated at power-generating enterprises of Ukraine. The grain composition of this material approaches the filler requirements according to DSTU B V.2.7-121 and can be used for the production of asphalt concrete mixtures.

The purpose of the work is to establish the possibility of using fly ash of various origins for the production of asphalt concrete mixtures.

Materials and methods. Fly ash of various origins was used during the research.

The results. It has been established that these materials meet the requirements of DSTU B B.2.7-121 according to all the specified indicators in accordance with the non-activated mineral powder of the I brand.

Conclusions. Conducted studies on determination of grain composition, porosity, swelling and structuring ability showed that the studied fly ash meets the requirements of table 5 of DSTU B B.2.7-121, and the indicators are close to limestone mineral powder.

Key words. mineral powder, fly ash, ecology, porosity, density, structuring ability.

References

1. Sokolov O. V., Zhelotobryukh A. D., Kopynets I. V., Kaskiv V. I. Use of industrial waste in road construction. Roads and bridges. Kyiv, 2020. Issue 21. P. 110-119.

2. Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Jamia Millia Islamia, Jamia Nagar. Disposal and use of waste ash for environmental protection. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. New Delhi-110025, India. Volume 2, issue 10, October 2013, pp. 5259-5266.

3. M. Guo and Y. Tan, “Interaction between asphalt and mineral fillers and its correlation to mastics' viscoelasticity,” International Journal of Pavement Engineering, vol. 22, no. 1, pp. 1–10, 2021.

4. DSTU B V.2.7-121:2014 Mineral powder for asphalt concrete mixtures. Specifications. Kyiv, 2015. 42 p. (Information and documentation).

УДК 625.84 **DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-090-100**
UDC 625.84

МЕТОД ОЦІНКИ МІЦНОСТІ ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ ПРИ ПОРІВНЯННІ ВАРІАНТІВ КОНСТРУКЦІЇ ЖОРСТКОГО ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ З РІЗНИМИ МІЖРЕМОНТНИМИ СТРОКАМИ

METHOD OF ASSESSING THE STRENGTH OF CEMENT CONCRETE COATING WHEN COMPARING VERSIONS OF THE DESIGN OF A HARD ROAD SURFACE WITH DIFFERENT REPAIR INTERVALS



Цепелев Сергій Юрійович, *Національний транспортний університет, аспірант, кафедри мостів, тунелів та гідротехнічних споруд,*
E-mail: Tsepelevsergey1@gmail.com, тел. +380504455755

https://orcid.org/0000-0001-7232-4651

Анотація. В статті запропоновані підходи оцінки міцності цементобетонного покриття при порівнянні варіантів конструкцій дорожнього одягу на автодорожніх мостах з різними міжремонтними строками. Запропоновано оцінювати залишковий ресурс покриття, яке оцінюється відразу після здачі нового чи відремонтованого об'єкту в експлуатацію поряд із замірами рівності, шорсткості та фактичної інтенсивності руху автомобілів. Це дозволить оцінити фактичний початковий стан покриття, причину його відмінності від проектного стану та відкоригувати запроектовану стратегію оптимального утримання. Кожен автодорожній міст з цементобетонним покриттям повинен мати свою унікальну стратегію ремонтів. Запропоновано алгоритм розв'язання задачі вибору найбільш раціональної конструкції дорожнього одягу на мостах, порівнянням варіантів з різним міжремонтним строком, виходячи з динаміки зміни їх експлуатаційного стану протягом міжремонтного періоду. Розроблено метод порівняння варіантів покриття конструкції жорсткого дорожнього одягу на автодорожніх мостах з різними міжремонтними строками, що базується на приведення варіанта із підвищеної довговічності T_{c2} до конструкції з тим же строком служби T_{c1}

Ключові слова: автодорожній міст, цементобетонне покриття, конструкція жорсткого дорожнього одягу, довговічність, міжремонтні строки.

Вступ. Проблема недофінансування дорожньої галузі властива багатьом країнам світу незалежно від їх рівня розвитку. Це є причиною незадовільного стану доріг. Для розв'язання проблеми звертаються до поняття оптимізації утримання мережі доріг при достатньому чи недостатньому фінансуванні. З цією метою розробляються рішення (стратегію ремонтів), які дозволяють раціонально розподіляти наявні кошти між видами робіт. Такі рішення є складовою частиною Системи Оптимального Управління Станом Доріг [1-18]. Порівняння міжремонтних строків служби за [2] та [3] вказує на тенденцію їх зменшення за останні 20 років. Оскільки дані документи основані на "статистичних даних щодо середніх періодів погіршення транспортно-експлуатаційних показників в процесі експлуатації покриття мостів автомобільних доріг", то таке зниження вимог вказує на тенденцію погіршення стану покриття і може бути пояснене невідповідністю характеристик. У практиці дорожнього будівництва України часто з'являються проблеми реалізації проектних рішень при капітальному ремонті або реконструкції автодорожніх мостів, коли вони були отримані за декілька років до початку виконання будівельних робіт. Це призводить до того, що за цей період часу

змінюються і удосконалюються чинні нормативні документи та можуть зазнавати суттєвих змін в гіршу сторону автодорожні об'єкти. Це потребує додаткового аналізу існуючого стану конструкції дорожнього одягу перед початком виконання робіт. Тому порівняння різних конструкцій жорсткого дорожнього одягу з метою вибору найбільш економічного за таких умов [2] є типовою задачею, яка вирішується шляхом техніко-економічного обґрунтування. Найчастіше порівнюють варіанти конструкцій жорсткого дорожнього одягу з однаковим міжремонтним строком служби [4]. Крім зазначених труднощів економічного аналізу мають місце і розрахунково-конструктивні особливості зміни або використання в шарі покриття матеріалів різної міцності і з різною довговічністю.

Мета і методи. В даній статті є розробка алгоритму розв'язання задачі вибору раціональної конструкції з цементобетонним покриттям дорожнього одягу на автодорожніх мостах шляхом порівняння варіантів з різними міжремонтними строками, виходячи з динаміки зміни їх експлуатаційного стану протягом міжремонтного періоду. Базуючись на аналітично-експериментальних методах з використанням положень теорії пружності, кінетичної теорії міцності твердих тіл.

Мета публікації полягає розробці методу та алгоритму розв'язання задачі вибору найбільш раціональної конструкції жорсткого дорожнього одягу на автодорожніх мостах при порівнянні варіантів з різним міжремонтним строком, виходячи з динаміки зміни їх експлуатаційного стану протягом міжремонтного періоду.

Об'єкт дослідження – процес впливу різного міжремонтного строку експлуатації при порівнянні варіантів покриття конструкції жорсткого дорожнього одягу на автодорожніх мостах

Аналіз основних досліджень та публікацій. Останнім часом з'явилася необхідність у створенні дорожніх бетонів підвищеної довговічності. Як показує зарубіжний і вітчизняний досвід таким вимогам найбільшій мірі відповідають дорожні одяги жорсткого типу, строк служби яких до капітального ремонту може бути 30 – 50 років, натомість асфальтобетонних в середньому – 15 років.

В роботах Гамеляка І.П., Жданюка В.К., Онищенка А.М., Солодкого С.Й., вказано про таку перевагу цементобетону як набір міцності з часом [1, 5, 12-14, 17, 18]. Проте існують дослідження [12, 14, 17], де встановлено, що міцність на розтяг збільшується тільки на протязі першого року, потім може бути спад міцності і через 20 років вона складає 65-70 % міцності на розтяг бетону на 28 добу твердіння [12, 14, 18]. Однак багатолітній зарубіжний досвід будівництва цементобетонних покриттів і подальший нагляд за їх експлуатацією показує, що із плином часу на таких покриттях від комплексної дії транспортних засобів та зміни температури поступово погіршується якість покриття, що в свою чергу призводить до зниження безпеки руху та створення аварійно-небезпечних ситуацій. Основними дефектами цементобетонного покриття є тріщиноутворення (в результаті усадки, температури; силові, поперечні, поздовжні, діагональні, магістральні тріщини, сітка тріщин), руйнування кромок деформаційних швів, лущення, раковини, висолоутворення. Найбільш небезпечними для покриття є тріщини, які в результаті свого поширення розділяють плиту на окремі блоки і в результаті інтенсифікується процес подальшого руйнування плити. Руйнування і розшарування поверхневого шару бетону (лущення) є одним із основних дефектів, який утворюється під дією таких факторів як склад бетонної суміші і технології її влаштування, догляд за бетоном, дія протиожеледних реагентів, багатократне циклічне заморожування – відтавання тощо. В зоні поперечних швів, як правило, збільшується динамічна дія колес автомобілів, при цьому кромки плит і прилегла поверхня покриття піддається додатковому навантаженню. В силу цих факторів поперечні шви спричиняють до зниження міцності поверхневого шару бетону.

Розрахунок за граничним станом на розтяг при згині розглядає дорожню плиту під час її роботи тільки у двох станах: вихідному і зруйнованому. Руйнування дорожньої плити вважають момент сприйняття нею навантаження, яке відповідає максимальній несучій здатності. Натомість бетонна плита ще має спроможність опиратися меншому за величиною зовнішнього навантаження. Повне руйнування на фрагменти може наступити при навантаженні, значно меншого, ніж максимальне, в результаті досягнення тріщинами своїх критичних значень. Генерація тріщин проходить з часом та є кінетичним процесом. Цей процес названо деградацією цементобетону, що закінчується його

руйнуванням, коли відбувається лавиноподібне нестійке збільшення параметрів макротріщини на критичній стадії руйнування [1-18].

Визначальний вплив на несучу здатність покриття відіграють тріщини в структурі цементобетонну, які розвиваються за механізмом нормального відриву. Цей процес має стійкий характер і супроводжується поступовим нагромадженням локальних руйнувань. У разі нагромадження мікро- і макродефектів в структурі цементобетону сягає певної критичної межі, поява нових тріщин і розвиток вже існуючих проходить лавиноподібно і відбувається руйнування. Це може відбуватися протягом десятків років. Прискорене руйнування відбувається внаслідок перевищення розрахункових навантажень і посиленою дією зовнішніх факторів (температури, агресивного середовища). Міцність і деформативність дорожнього бетону на розтяг при згині – це властивості, які визначають їх тріщиностійкість, витривалість та довговічність. Як приклад в роботі [2] приведені результати обстеження і оцінки міцності цементобетонного покриття на автомобільній дорозі Н-01 Київ – Знам'янка. Візуальне обстеження цементобетонного покриття свідчать про значну втрату його несучої здатності: поздовжні та поперечні тріщини, сітка тріщин,обломи кутів плит, суттєві руйнування плит в зоні швів розширення. Керни відбирали у місцях без видимих дефектів, як у найбільш напружених (полосі накату, краї плит в центрі та на кутах), так і в менш напружених (між полосаминакату).

Аналіз отриманих експериментальних результатів також підтверджує значне зменшення залишкового ресурсу розрахункової міцності на розтяг при згині, порівнюючи із початковим його значенням. Дослідження показали, що за рахунок втоми від проїздів транспортних засобів за період експлуатації 28 років розрахункове значення існуючого покриття зменшилося майже вдвічі. Одним із існуючих способів підвищення довговічності цементобетонів для покриття доріг є їх модифікація хімічними добавками. Отримання дорожніх бетонів В40F200W10 і вище забезпечується при застосуванні вітчизняних матеріалів, за рахунок зниження В/Ц до величини 0,28 – 0,35 і використанні комплексних хімічних добавок (повітрявтягуючих і пластифікуючих) [1, 12, 14,]. Необхідно оцінити вплив кількості хімічної добавки на міцність цементобетонних покриттів конструкції дорожнього одягу з різною довговічністю. Відповідно до [3] для визначення приведеної вартості при варіантному проектуванні керуються строками експлуатації дорожнього одягу, витікаючими з довговічності матеріалу верхнього шару покриття, які для дорожніх одягів капітального типу з цементобетонним покриттям для І категорії в залежності від інтенсивністю руху транспорту становить 18 років, а для ІІ категорії становить 21 рік, а для ІІІ категорії становить 22 роки та для IV категорії становить 23 роки.

Тому змоделюємо ефективність міжремонтних періодів в термінах "довговічність - вартість". Для цього розглянемо поняття залишкового ресурсу і розробимо підхід до вибору оптимального варіанту конструкції на стадії проектування і стратегії її оптимального ремонту на стадії експлуатації. Згідно [2], протягом міжремонтного строку експлуатації T_c (між капітальними ремонтами [3]) класу міцності цементобетонного покриття дорожнього одягу змінюється від будівельної міцності бетону на розтяг при згині $R_i^{буд}$ (фактична міцність на розтяг при згині на об'єкті) до розрахункової потрібної міцності на розтяг при згині R_i^p (міцність на розтяг при згині згідно проекту) в залежності від класу міцності B_{btb} цементобетону. Довговічність цементобетону для покриття автомобільних доріг становить не менше 26 років. Мінімальні проектні класи цементобетону за міцністю на розтяг при згині B_{btb} на стадії проектування приймається відповідно до таблиці 1[2, 5] (міцність на розтяг при згині не нижче ніж B_{btb} 3,6), а також відбираються цементобетонні зразки керни з конкретного об'єкту експлуатації. З урахуванням робіт [1, 4, 6] можна прийняти залежність для оцінки зниження міцності цементобетонного покриття конструкції дорожнього одягу в міжремонтний період, що представлено на рис. 1 і визначається за формулою (1)

$$R_i = R_i^{буд} - R_i^p \cdot (e^{a \cdot t} - 1) \quad (1)$$

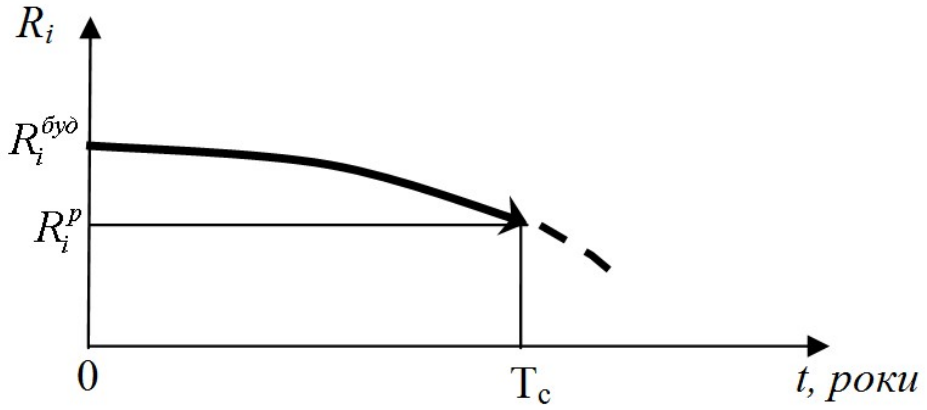


Рисунок 1 – Зниження міцності цементобетонного покриття конструкції дорожнього одягу в міжремонтний період

Figure 1 – Decreasing the strength of the cement-concrete coating of the road clothing structure in the inter-repair period

Для цементобетонних покриттів автомобільних доріг використовують бетон важкий, відповідно до [2, 7, 8]. Потрібну розрахункову міцність на розтяг при згині R_i^p в залежності від класу міцності B_{btb} цементобетону визначається за відомою залежністю [2] з урахуванням коефіцієнта температурної тріщиностійкості [9]:

$$R_i^p = B_{btb} \cdot K_м \cdot K_y \cdot K_{Tp} \quad (2)$$

де B_{btb} – клас цементобетону по міцності на розтяг при згині (табл. 1);

$K_м$ – коефіцієнт набору міцності цементобетону в залежності від температури повітря;

K_{Tp} – коефіцієнт температурної тріщиностійкості, приймається для розрахунку 0,96;

K_y – коефіцієнт втоми цементобетону при повторному навантаженні, який визначається за формулою:

$$K_y = 1{,}08 \cdot N_P{}^m \quad (3)$$

де N_P – розрахункова інтенсивність дії навантаження од/доб;

m – показник втоми цементобетонну приймається 0,063 [2], або визначається за методикою [10]. Клас цементобетону за міцністю повинен відповідати таблиці 1 [8].

Протягом міжремонтного строку експлуатації фактична міцність на розтяг при згині цементобетонного покриття конструкції дорожнього одягу не має бути нижчою за потрібну міцность.

Як відомо, що в формулі при (1) $t = 0$ (закінчення ремонту або нового будівництва – на початку експлуатації) $R_i = R_i^{буд}$. Коефіцієнт a знаходиться підстановкою в (1) відповідно до [3] $t = T_c$ (кінець міжремонтного строку експлуатації) $R_i = R_i^p$.

З урахуванням роботи [1] будівельну міцність цементобетонну $R_i^{буд}$ знаходять з урахуванням коефіцієнта запасу міцності $K_{мц}$ так, що $R_i^{буд} = K_{мц} \cdot R_i^p$. Таким чином вираз (1) тотожній залежності:

$$R_i = K_{мц} \cdot R_i^p - R_i^p \cdot (e^{a \cdot t} - 1) \quad (4)$$

Таблиця 1 – Мінімальний проектний клас цементобетону
Table 1 – Minimum design class of cement concrete

Призначення цементобетонну	Категорія дороги	Потрібний мінімальний проектний клас цементобетонну за міцністю (марка)	
		стиск (марка)	розтяг при згині
Одношарове або верхній шар двошарового цементобетонного покриття	Ia	B 35 (M450)	B_{btb} 4,8
	Iб, II	B 30 (M400)	B_{btb} 4,2
	III	B 27 (M350)	B_{btb} 4,0
	IV	B 25 (M300)	B_{btb} 3,6

Залежність між a, T_c і $K_{мц}$ знайдемо з (4) при $t = T_c$ [4]:

$$K_{мц} = e^{a \cdot T_c} \tag{5}$$

$$a = \frac{1}{T_c} \ln K_{мц} \tag{6}$$

Необхідний коефіцієнт надійності $K_н$, що визначає мінімальне значення коефіцієнта міцності $K_{мц}$, який дорожній одяг повинний мати до кінця строку служби між капітальними ремонтами, нормований у залежності від категорії дороги з врахуванням капітальності одягу та врахуванням досягнутого рівня якості [3].

Для прикладу приймається автомобільна дорога першої технічної категорії $K_{мц} = 1{,}43$; $T_c = 18$ років і за формулою (6) будемо мати

$$a = \frac{1}{18} \ln 1{,}43 = 0{,}02$$

Якщо прийняти, що потрібна розрахункова міцність цементобетонного покриття на даній автомобільній дорозі становитиме $R_i^p = 0{,}72$ МПа, а будівельна міцність відповідно $R_i^{буд} = 1{,}03$ МПа.

Результати розрахунку за формулою (4) зміна міцності цементобетонного покриття дорожнього одягу в міжремонтний період експлуатації автомобільної дороги наведено на рис 2.

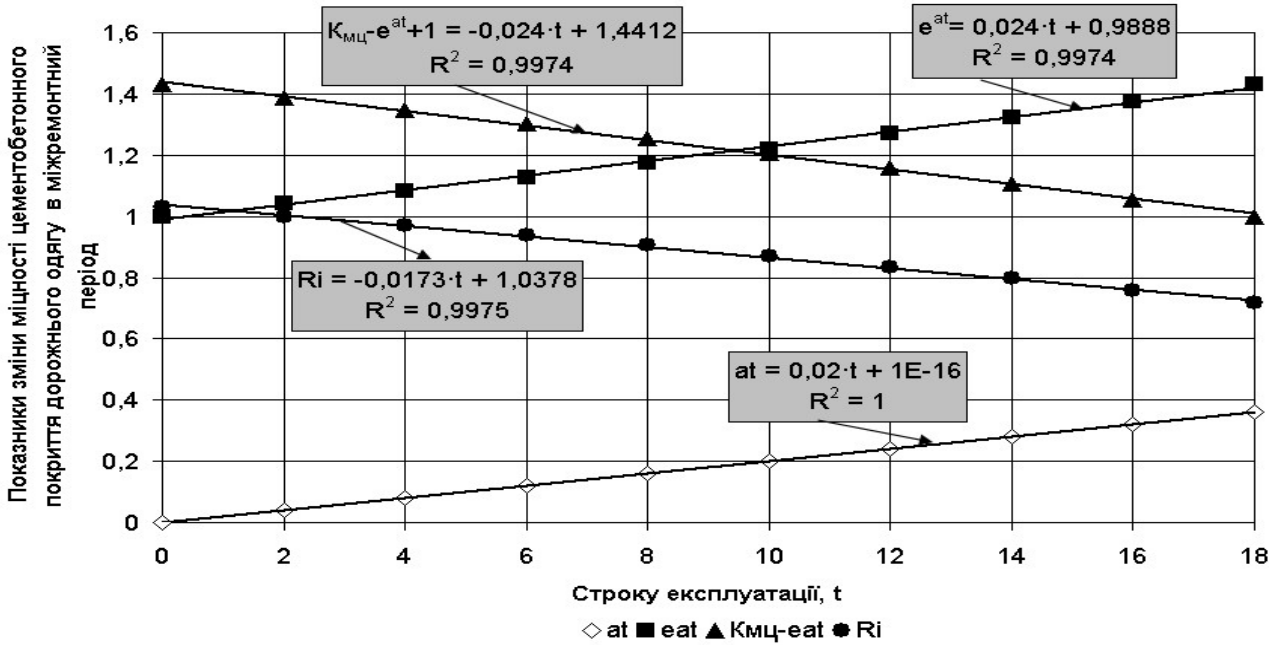


Рисунок 2 – Зміна міцності цементобетонного покриття дорожнього одягу в міжремонтний період
Figure 2 – Change in the strength of cement concrete pavement in the inter-repair period

Якщо базуватись на наведених вище залежностях та роботи [4] зміни експлуатаційного стану цементобетонного покриття дорожнього одягу, то для рівноміцних варіантів 1 і 2 з різною довговічністю маємо типові залежності зниження міцності, які наведені на рис.3.

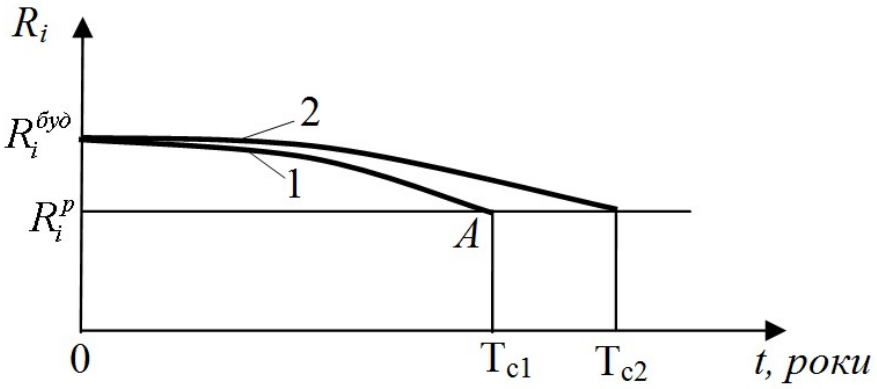


Рисунок 3 – Варіант рівноміцного цементобетонного покриття конструкції дорожнього одягу із різною довговічністю
Figure 3 – Variant of equal-strength cement-concrete coating of the construction of road clothing with different durability

Традиційно, виконуючи згідно [3] варіантне проектування конструкцій дорожнього одягу жорсткого, навіть з різною довговічністю цементобетонного покриття, виходячи з наступних положень. По-перше, обидва варіанти розраховують на один і ту ж розрахункову потрібну міцність на

розтяг при згині R_i^p. По-друге обидва варіанти повинні мати однаковий коефіцієнт міцності $K_{мц}$ і відповідно однакову будівельну міцність цементобетонну $R_i^{буд}$. Це спрощена ситуація при проектуванні дорожнього одягу жорсткого

$$K_{мц\,2} = K_{мц\,1} \frac{R_i^{буд\,2}}{R_i^{буд\,1}}. \quad (7)$$

Таким чином, для двох варіантів рівноміцного цементобетонного покриття дорожнього одягу, але з різною довговічністю T_{c1} і T_{c2} ($T_{c1} < T_{c1}$) відповідно із формулою (1) залежності міцності на розтяг при згині R_i в часі можна записати [4]:

$$R_i = R_i^{буд} - R_i^p \cdot (e^{a_1 \cdot t} - 1), \quad (8)$$

$$R_i = R_i^{буд} - R_i^p \cdot (e^{a_2 \cdot t} - 1). \quad (9)$$

Очевидно, що для зазначених варіантів

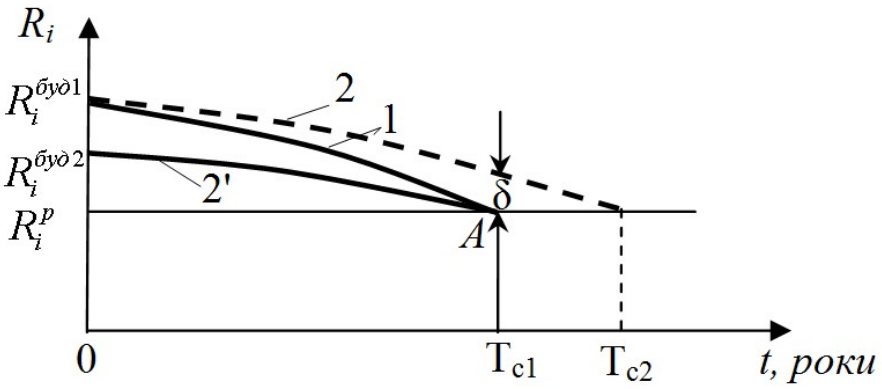


Рисунок 4 – Варіант 2' із параметрами матеріалів варіант 2, але із строком служби T_{c1} і будівельною міцністю $R_i^{буд\,2} < R_i^{буд1}$

Figure 4 – Option 2' with the material parameters of option 2, but with service life and structural T_{c1} strength $R_i^{буд\,2} < R_i^{буд1}$

Для знаходження нового коефіцієнту міцності $K_{мц\,1}$ будівельна міцність варіант $2'$ визначається як [4]

$$R_i^{буд\,2} = R_i^{буд1} - \delta. \quad (10)$$

Величину δ наведено на рис. 3 в точці *A,* в якій $\delta = R_{iA} - R_i^p$. Потрібна розрахункова міцність приймається за формулою (1) для варіанту 2, тобто має такий вигляд

$$R_{iA} = R_i^{буд1} - R_i^p \cdot (e^{a_2 \cdot Tc_1} - 1) \quad (11)$$

Таким чином величину δ можна отримати з урахуванням залежностей (10), (11) за формулою

$$\delta = R_i^{буд1} - R_i^p \cdot (e^{a_2 \cdot Tc_1} - 1) - R_i^p . \quad (12)$$

Підстановкою δ в (10) отримаємо

$$R_i^{буд2} = R_i^p \cdot e^{a_2 \cdot Tc_1} \quad (13)$$

З метою визначення коефіцієнту запасу міцності $K_{мц2}$ необхідно підстановкою $R_i^{буд2}$ в (7) отримаємо відповідно

$$K_{мц2} = K_{мц1} \cdot \frac{R_i^p \cdot e^{a_2 \cdot Tc_1}}{R_i^{буд2}} = K_{мц1} \cdot \frac{R_i^p \cdot e^{a_2 \cdot Tc_1}}{K_{мц1} \cdot R_i^p} \quad (14)$$

або [4]

$$K_{мц2} = e^{a_2 \cdot Tc_1} \quad (15)$$

Враховуючи (5) і (6), що

$Tc_1 = \frac{\ln K_{мц1}}{a_1}$, отримаємо $K_{мц2} = e^{\frac{a_2}{a_1} \cdot \ln K_{мц1}}$, або $K_{мц2} = K_{мц1} \cdot \frac{a_2}{a_1}$

Значення a_2 і a_1 знаходять з формули (6)[4]:

$$a_2 = \frac{1}{Tc_2} \ln K_{мц2} \text{ і } a_1 = \frac{1}{Tc_2} \ln K_{мц1} .$$

Остаточно

$$K_{мц2} = K_{мц1} \frac{Tc_1}{Tc_2} \quad (16)$$

Для прикладу приймаємо випадок, коли потрібна розрахункова міцність цементобетонного покриття дорожнього одягу становить $R_i^p = 13{,}97$ МПа, тоді для варіанту 1 $K_{мц1} = 1{,}43$; $Tc_1 = 18$ років, а для варіанту 2 із застосуванням комплексних добавок до цементобетонну його довговічність буде більшою на $Tc_1 = 23$ років. Для варіанта 2 з таким же цементобетонним покриттям, який має таку ж потрібну міцність ($R_i^p = 13{,}97$ МПа) у відповідності з формулою (16) $K_{мц2} = 1{,}119$, тобто варіант необхідно конструювати на будівельну міцність (13) $R_i^{буд2} = 20{,}466$ МПа.

На практиці як відомо клас цементобетонну для покриття жорсткого дорожнього одягу автодорожніх мостів потрібно дещо підвищити з метою забезпечення інших критеріїв міцності (за недопустимими уступами між плитами та зсувом).

Висновки та рекомендації.

В статті запропоновано визначати залишковий ресурс цементобетонного покриття на автодорожніх мостах, яке потрібно оцінюватись відразу після здачі нового чи відремонтованого об'єкту в експлуатацію поряд із замірами рівності, шорсткості та фактичної інтенсивності руху автомобілів. Це дозволить оцінити фактичний початковий стан покриття, причину його відмінності від проектного стану та відкоригувати запроектовану стратегію оптимального утримання. Кожен автодорожній міст з цементобетонним покриттям повинен мати свою унікальну стратегію ремонтів.

Запропоновано алгоритм розв'язання задачі вибору найбільш раціональної конструкції дорожнього одягу порівнянням варіантів з різним міжремонтним строком, виходячи з динаміки зміни їх експлуатаційного стану протягом міжремонтного періоду.

Розроблено метод порівняння варіантів конструкції жорсткого дорожнього одягу на автодорожніх мостах з різними міжремонтними строками, що базується на приведення варіанта із підвищеної довговічності T_{c2} до конструкції з тим же строком служби T_{c1}

Перелік посилань

1. Онищенко А.М., Гаркуша М.В., Чиженко Н.П. Розробка методики оцінки довговічності цементобетонного покриття на автомобільних дорогах з урахуванням спільного впливу зміни температури та дії транспорту. *Збірник матеріалів І Міжнародної науково – технічної конференції "Дорожньо-будівельний комплекс: проблеми, перспективи, інновації"*. м. Харків, ХНАДУ, 2019. С. 197-198.

2. Звіт про науково-дослідну роботу. «Оцінка міцності конструкції дорожнього одягу з асфальтобетонними шарами на існуючому цементобетонному покритті ділянки автомобільної дороги Н-01 Київ – Знам'янка, км 21+620 – км 38+880». НТУ.- 2015 р. - С 243.

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

4. Корсунский М.Б. Межремонтные сроки службы дорожных одежд и покрытий. / Автомоб. дороги. № 1, 1984 – с.4-6.

5. A.N. Onyshchenko, A.S. Lapchenko, N.P. Chyzhenko, S.P. Voznyi Evaluation of inflammatory concerns in cementbound and other cemento-layers of road clothing for care and health. *Slovak international scientific journal.* Slovakia. 2019. № 27. P. 8-13. http://sis-journal.com/wp-content/uploads/2019/04/Slovak-international-scientific-journal-No27-2019.pdf

6. Жданюк В.К., Філіпов В.В., Смірнова Н.В. Особливості порівняння конструкцій нежорсткого дорожнього одягу з різною довговічністю // Автошляховик України. 2011. - № 3(221). С. 25-29.

7. ДБН В.2.3.4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво

8. Kovalchuk Vitalii. Restoration of the bearing capacity of damaged transport constructions made of corrugated metal structures / Vitalii Kovalchuk, Mykola Sysyn, Yuriy Hnativ, Artur Onyshchenko, Maksym Koval, Oleksii Tiutkin, Mariana Parneta // The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering. – RTU Press, 2021 Volume 16 Issue 2. – pp.90 – 109. ISSN 1822-427X/eISSN 1822-4288.

9. ДСТУ Б.В. 2.7-43 – 96 Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови

10.СОУ 42.1 – 37641918-091:2013 будівельні матеріали. Бетони дорожні, армовані базальтовою фіброю. Загальні технічні умови.

11.Онищенко А. М., Кузьмінець М. П., Гаркуша М. В. Теоретичні та практичні дослідження ресурсу асфальтобетонного покриття на залізобетонних транспортних спорудах : монографія. К. : НТУ, 2015. 323. с.

12.Дорошенко Ю.М. Цементні бетони в дорожньому будівництві: навч. Посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Ю.М. Дорошенко. - К.: НТУ, 2012. – 192 с.

13.Гамеляк І. П. Про ефективність застосування високоміцного цементобетонну для будівництва жорстких дорожніх покриттів // Автомобильні дороги и дорожнє будівництво. – Києв : НТУ, 2011. – Вип. 81. – С. 30

14.Солодкий С.Ю. Наукові засади підвищення тріщиностійкості дорожнього цементного бетону. - Дис. доктора технічних наук. – Львів,2009. – 292 с.

15.Kovalchuk V. Devising a procedure for assessing the subgrade compaction degree based on the propagation rate of elastic waves / V. Kovalchuk, I. Kravets, O. Nabochenko, A. Onyshchenko, O. Fedorenko, A. Pentsak, O. Petrenko, N. Gembara // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 1/5 (109), 2021. – pp. 6–15. doi: 10.15587/1729-4061.2021.225520.

16.Kovalchuk V. A comprehensive procedure for estimating the stressed-strained state of a reinforced concrete bridge under the action of variable environmental temperatures / Vitalii Kovalchuk, Arthur Onyshchenko, Olexander Fedorenko, Mykola Habrel, Bogdan Parneta, Oleh Voznyak, Ruslan Markul, Mariana Parneta, Roman Rybak // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 2/7 (110), 2021. – pp. 23–30. doi: 10.15587/1729-4061.2021.228960.

17.Онищенко А.М., Гаркуша М.В., Чиженко Н.П.. Розробка методики оцінки довговічності цементобетонного покриття на автомобільних дорогах з урахуванням спільного впливу зміни температури та дії транспорту. *Збірник матеріалів І Міжнародної науково – технічної конференції "Дорожньо-будівельний комплекс: проблеми, перспективи, інновації".* м. Харків, ХНАДУ, 2019. С. 197-198.

18.Онищенко А.М., Чиженко Н.П. Метод оцінки довговічності цементобетонного покриття автомобільних доріг. *Збірник тез міжнародної науково-технічної конференції Гідротехнічне і транспортне будівництво.* Одеса. 28-29 травня 2020 р. С.85-89.

METHOD OF ASSESSING THE STRENGTH OF CEMENT CONCRETE COATING WHEN COMPARING VERSIONS OF THE DESIGN OF A HARD ROAD SURFACE WITH DIFFERENT REPAIR INTERVALS

Tsepelev Serhii Yu., National Transport University, PhD student, Department of Bridges, Tunnels and Hydrotechnical Structures, E-mail: *Tsepelevsergey1@gmail.com,* +380504455755, *https://orcid.org/0000-0001-7232-4651*

Summary. The article offers approaches for assessing the strength of cement concrete pavement when comparing options for road wear structures on highway bridges with different repair intervals. It is proposed to evaluate the residual resource of the coating, which is evaluated immediately after the commissioning of a new or renovated facility, along with measurements of evenness, roughness, and the actual intensity of car traffic. This will make it possible to assess the actual initial condition of the pavement, the reason for its difference from the design condition, and to adjust the designed strategy for optimal maintenance. Each highway bridge with a cement concrete coating should have its own unique repair strategy. An algorithm for solving the problem of choosing the most rational design of road clothing on bridges is proposed, by comparing options with different maintenance periods, based on the dynamics of changes in their operational state during the maintenance period. A method has been developed for comparing options for covering structures of hard road clothing on highway bridges with different maintenance periods, based on bringing the option from increased durability Tc2 to a structure with the same service life Ts1

Key words: road bridge, cement-concrete coating, construction of rigid road clothing, durability, repair intervals.

References

1. Onyshchenko A.M., Harkusha M.V., Chyzhenko N.P. Development of a methodology for assessing the durability of cement-concrete pavements on highways, taking into account the joint influence of temperature changes and the action of transport. Collection of materials of the 1st International Scientific and Technical Conference "Road Construction Complex: Problems, Prospects, Innovations". Kharkiv, Khnadu, 2019. P. 197-198.

2. Report on research work. "Assessment of the strength of the construction of road clothing with asphalt concrete layers on the existing cement concrete coating of the section of highway N-01 Kyiv - Znamyanka, km 21+620 - km 38+880". NTU. - 2015 - p. 243.

3. GBN V.2.3-37641918-557:2016 Motor roads. Road clothes are tough. Designing.

4. Korsunsky M.B. Between-repair service life of road clothes and covers. / Automobile roads No. 1, 1984 - pp. 4-6.

5. A.N. Onyshchenko, A.S. Lapchenko, N.P. Chyzhenko, S.P. Voznyi Evaluation of inflammatory concerns in cementbound and other cemento-layers of road clothing for care and health. *Slovak international scientific journal.* Slovakia. 2019. № 27. P. 8-13. http://sis-journal.com/wp-content/uploads/2019/04/Slovak-international-scientific-journal-No27-2019.pdf

6. Zhdanyuk V.K., Filipov V.V., Smirnova N.V. Peculiarities of comparison of structures of non-rigid road clothing with different durability // Avtoshlyahovyk of Ukraine. 2011. - No. 3(221). P. 25-29.

7. DBN V.2.3.4:2015 Motor roads. Part I. Design. Part II. Construction.

8. Kovalchuk Vitalii. Restoration of the bearing capacity of damaged transport constructions made of corrugated metal structures / Vitalii Kovalchuk, Mykola Sysyn, Yuriy Hnativ, Artur Onyshchenko, Maksym Koval, Oleksii Tiutkin, Mariana Parneta // The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering. – RTU Press, 2021 Volume 16 Issue 2. – pp.90 – 109. ISSN 1822-427X/eISSN 1822-4288.

9. 9. DSTU B.V. 2.7-43 – 96 Building materials. Concrete is heavy. Specifications

10. SOU 42.1 – 37641918-091:2013 construction materials. Road concrete reinforced with basalt fiber. General technical conditions.

11. Onyshchenko A. M., Kuzminets M. P., Harkusha M. V. Theoretical and practical studies of the resource of asphalt concrete pavement on reinforced concrete transport structures: monograph. K.: NTU, 2015. 323. p.

12. Doroshenko Yu.M. Cement concrete in road construction: training. Manual for students higher education closing / Yu.M. Doroshenko. - K.: NTU, 2012. – 192 p.

13. Hamelyak I.P. On the effectiveness of using high-strength cement concrete for the construction of rigid road surfaces // Road construction and road construction. – Kyiv: National Technical University, 2011. – Vol. 81. – P. 30

14. Sweet S.Yu. Scientific principles of increasing the crack resistance of road cement concrete. - Diss. doctor of technical sciences. - Lviv, 2009. - 292 p.

15. Kovalchuk V. Devising a procedure for assessing the subgrade compaction degree based on the propagation rate of elastic waves / V. Kovalchuk, I. Kravets, O. Nabochenko, A. Onyshchenko, O. Fedorenko, A. Pentsak, O. Petrenko, N. Gembara // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 1/5 (109), 2021. – pp. 6–15. doi: 10.15587/1729-4061.2021.225520.

16. Kovalchuk V. A comprehensive procedure for estimating the stressed-strained state of a reinforced concrete bridge under the action of variable environmental temperatures / Vitalii Kovalchuk, Arthur Onyshchenko, Olexander Fedorenko, Mykola Habrel, Bogdan Parneta, Oleh Voznyak, Ruslan Markul, Mariana Parneta, Roman Rybak // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 2/7 (110), 2021. – pp. 23–30. doi: 10.15587/1729-4061.2021.228960.

17. 17. Onyshchenko A.M., Harkusha M.V., Chyzhenko N.P.. Development of a methodology for assessing the durability of cement-concrete pavement on highways taking into account the joint influence of temperature changes and the action of transport. Collection of materials of the 1st International Scientific and Technical Conference "Road Construction Complex: Problems, Prospects, Innovations". Kharkiv, Khnadu, 2019. P. 197-198.

18. Onyshchenko A.M., Chyzhenko N.P. A method of assessing the durability of cement-concrete road pavements. Collection of theses of the international scientific and technical conference Hydrotechnical and transport construction. Odesa. May 28-29, 2020. P.85-89.

УДК 332.3:528.4 **DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-101-108**
UDC 332.3:528.4

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ЗОВНІШНЬОГО (ЕКОНОМІЧНОГО) ЗНОСУ НА ВАРТІСТЬ ОБ'ЄКТІВ НЕРУХОМОСТІ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

DEVELOPMENT OF DETERMINATION METHODOLOGY OF THE EXTERNAL (ECONOMIC) DEPRECIATION INFLUENCE ON THE COST OF REAL ESTATE OBJECTS UNDER MODERN CONDITIONS



***Харченко Анна Миколаївна**, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортного будівництва та управління майном, e-mail: anna-x3@ukr.net, тел. +380442807909, Україна, 01010, м. Київ, вул. Омеляновича-Павленка, 1, к. 323,*

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



***Губар Юрій Петрович**, доктор технічних наук, професор, Національний університет «Львівська політехніка», кафедра «Кадастру територій», e-mail: Yurii.P.Hubar@lpnu.ua, тел. +38(032)2582631, Україна, 79013, м. Львів, вул. С. Бандери 12,*

https://orcid.org/0000-0003-2538-0727

Анотація. Мета наукової роботи – розробка методики визначення впливу зовнішнього (економічного) зносу на вартість об'єктів нерухомості. Проаналізовано сутність зовнішнього (економічного) зносу, зокрема, визначено характер його впливу на вартість нерухомості у часі. Досліджено традиційні методи визначення зовнішнього (економічного) зносу, виконано їх аналіз та групування, розроблено алгоритм застосування традиційних методів. Визначено необхідні передумови застосування даних методів, їх переваги та недоліки, а також проаналізовано результати практичної апробації в дослідженні [4]. Зроблено висновок, що для ефективного застосування традиційних методів визначення зовнішнього зносу необхідна наявність достатнього обсягу інформації про ринок нерухомості та висока ліквідність майна. З'ясовано, що розглянуті методи проблематично застосувати до спеціалізованого, низьколіквідного або неліквідного майна, до якого, зокрема, відносяться об'єкти транспортної інфраструктури. Запропоновано, використовуючи результати дослідження [4], застосувати додатково два специфічні методи (метод степеневої залежності, метод ліквідації об'єкта), що враховують недолік інформації про ринок нерухомості та специфіку спеціалізованих об'єктів. Виконано адаптацію методів степеневої залежності та ліквідації об'єкта до нерухомого майна галузі транспортної інфраструктури. На основі запропонованої методики розроблено алгоритм оцінювання вартості нерухомого майна з урахуванням економічного зносу. **Наукова новизна та практична значущість.** Науковою новизною дослідження є розроблення методики та алгоритму оцінювання вартості нерухомого майна з урахуванням економічного зносу, що базуються на визначені ліквідності нерухомих об'єктів. Практичною цінністю запропонованого алгоритму та методики є забезпечення можливості їх застосування для різного типу об'єктів, зокрема, до спеціалізованих та неспеціалізованих, ліквідних та низьколіквідних, приватних та публічних. Це набуває особливого

значення в сучасних умовах, коли постає необхідність оцінювання майна, порушеного війною, з метою виконання його відновлення, ремонту, реконструкції або ліквідації.
Ключові слова: оцінка нерухомості; зовнішній (економічний) знос; об'єкти нерухомості; ліквідність; вартість об'єктів.

Вступ

В умовах сьогодення важливо враховувати зовнішні причини зниження вартості об'єктів нерухомості, такі як зміни у ринковому середовищі, обмеження у використанні майна, екологічна ситуація навколо об'єкта тощо. Фактично ці чинники призводять до певного знецінення майна, що безпосередньо не пов'язано з його фізичними або функціональним властивостями. За врахування цих факторів при вартісній оцінці нерухомого майна відповідає показник зовнішнього (економічного) зносу, який недостатньо ще вивчений дослідниками та практиками-оцінювачами, проте може справляти значний вплив на кінцеве значення вартості нерухомості. Зокрема, проблема врахування економічного зносу гостро прослідковується в умовах сьогодення, коли необхідно оцінити об'єкти нерухомості, що постраждали в наслідок війни, або знаходяться на територіях, поруч з якими ведуться воєнні дії. Окремою проблемою визначення зовнішнього зносу є необхідність наявності достатньо розвиненого ринку подібного майна та інформації про нього, що утруднює процес визначення вартості, наприклад, для спеціалізованої нерухомості чи нерухомості, для якої ринок нерухомості майже нерозвинений або відсутній. Таким чином, питання розробки нових методик розрахунку зовнішнього зносу нерухомості є актуальним напрямком досліджень для удосконалення загальної методології оцінки в Україні.

Мета

Метою статті є розробка методики визначення впливу зовнішнього (економічного) зносу на вартість об'єктів нерухомості, які, зокрема, в умовах сьогодення є порушеними війною та підлягають відновленню. Оцінювання вартості таких об'єктів є підставою для прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо черговості виконання відновлення, ремонтів, реконструкції та нового будівництва.

Основна частина

Зовнішній (економічний) знос відповідно до міжнародних стандартів оцінки являє собою втрату вартості, спричинену негативними впливами поза межами об'єкта нерухомості, такими як соціально-економічні фактори чи зміни навколишнього середовища [1, 2]. Зокрема, до цих впливів відносять зміни в економіці, політиці, демографії, екології, ринкові зміни, а також сюди можна віднести воєнні дії на території розташування нерухомого майна. Сучасні дослідження зовнішніх факторів пливу на вартість нерухомості показують, що науковці та практики-оцінювачі дію таких факторів прив'язують першочергово до місця розташування об'єкта та тривалості їх дії [3]. На рис. 1 відображено характер прояву зовнішнього зносу.

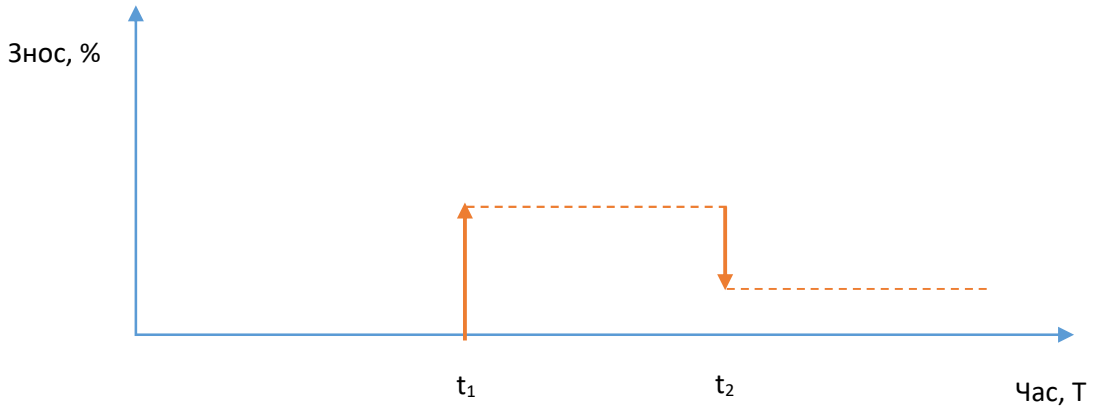


Рисунок 1 – Характер прояву зовнішнього зносу
Figure 1 – Nature of external depreciation

На рисунку показано, що вплив факторів може мати тимчасовий характер (між точками $t_1 – t_2$), проте залишковий ефект лишається на тривалий час. Зовнішній знос на відміну від функціонального та фізичного зносу вважається практично неусувним [4].

Виходячи з цього, виділяють два основні методи визначення зовнішнього зносу :

1. Метод порівняння ринкової вартості аналогічних об'єктів за наявності чи відсутності несприятливих зовнішніх факторів.

2. Метод капіталізації втрати доходу від дії зовнішніх факторів (втраченої вигоди).

Застосування першого методу вимагає наявності достатньої для порівняння кількості об'єктів-аналогів, другого – даних про оренду подібного майна [5, 6]. Окремо, деякі дослідники виділяють метод визначення внеску зовнішнього зносу у сукупному знеціненні [4, 7, 8, 9].

Пропонується наступний алгоритм застосування методів визначення зовнішнього зносу (рис. 2).



Рисунок 2 – Алгоритм застосування методів визначення зовнішнього зносу
Figure 2 – Algorithm for applying methods of determining external depreciation

Зовнішній знос фактично призводить до зменшення потенційної корисності нерухомості [4]. Знецінення об’єкта внаслідок впливу зовнішніх факторів можна розраховати за формулою:

$$D_e = P_b - P_e, \quad (1)$$

де:
D_e– зовнішній знос, у.о.;
P_b – ціна продажу об'єктів-аналогів без впливу зовнішніх факторів, у.о.;
P_e – ціна продажу об'єктів-аналогів з урахуванням впливу зовнішніх факторів, у.о.
При цьому розрахунок відносного показника економічного зносу (k_D) виконується за формулою:

$$k_D = \frac{P_b - P_e}{P_b}. \quad (2)$$

Визначення абсолютного значення зовнішнього зносу за методом капіталізації втрати доходу відбувається за формулою:

$$D_e = \frac{L_d}{R} \times 100, \quad (3)$$

де:
L_d – втрачена вигода, пов'язана з впливом зовнішніх факторів;
R – норма капіталізації,%, яка визначається за формулою:

$$R = I + Ir \pm G, \quad (4)$$

де:
I – ставка дисконту, %
Ir – норма прибутку, %;
G – швидкість зростання (+) або зменшення (-) збитків у постпрогнозному періоді, %.
Норму прибутку визначають одним з основних методів: Рінга (лінійний метод), Інвуда (метод повернення капіталу за рахунок доходів) або Хоскольда (метод безризикової ставки).
В дослідженні [4] була виконана практична апробація усіх трьох методів визначення зовнішнього зносу об'єкта нерухомості. В результаті визначено, що під час аналізу ринкових даних необхідно ізолювати вплив зовнішнього зносу на вартість землі від його впливу на вартість земельних поліпшень, оскільки він для них додає знецінення [7]. Крім того з'ясовано, що зовнішній знос може стосуватися виключно земельних поліпшень [4]. Таким чином, концепцію впливу зовнішнього зносу на вартість нерухомості можна сформулювати наступним чином:

$$D_e = D_o + D_l + \varepsilon, \quad (5)$$

де:
D_o – зовнішній знос об'єкта (поліпшень) без урахування земельної ділянки;
D_l – зовнішній знос земельної ділянки;
ε – випадкові фактори, які можуть впливати на зовнішній знос (або розрахункова похибка).
Окремою проблемою є визначення економічного зносу для низьколіквідного майна, до якого, зокрема, відносяться об'єкти транспортної галузі. Ліквідність означає здатність об'єкта нерухомості бути проданим протягом невеликого відрізка часу без втрати своєї реальної вартості. Ліквідність вимірюється тривалістю торгової експозиції об'єкта за інших рівних умов. Чим більша торгова експозиція (отже важко продати нерухоме майно), тим нижче ліквідність об'єкта. Таким чином для спеціалізованих об'єктів нерухомості, які зазвичай є низьколіквідним майном пропонується підхід розглянутий в дослідженні [4], який базується на степеневій залежності вартості від об'єму виробництва (6) або збільшення соціально-економічного ефекту у разі розрахунку для об'єктів інфраструктури (7).

$$\frac{P_e}{P_b} = \left(\mu \times \frac{O_b}{O_e}\right)^K, \quad (6)$$

де:

μ – частка вартості (об'єму виробництва) спеціалізованої нерухомості у складі вартості майнового комплексу;

O_b – об'єм виробництва на об'єкті-аналогу без впливу зовнішніх факторів, у.о.;

O_e – об'єм виробництва на об'єкті-аналогу з урахуванням впливу зовнішніх факторів, у.о.;

K – степеневий коефіцієнт гальмування, який характеризує співвідношення між параметрами степеневої залежності.

$$\frac{P_e}{P_b} = \left(\mu \times \frac{SE_b}{SE_e}\right)^K, \quad (7)$$

де:

SE_b – соціально-економічний ефект від експлуатації об'єкта-аналога без впливу зовнішніх факторів, у.о.;

SE_e – соціально-економічний ефект від експлуатації об'єкта-аналога з урахуванням впливу зовнішніх факторів, у.о.

Використання цього метода передбачає наявність інформації про функціонування повноцінних об'єктів-аналогів. У разі відсутніх даних в дослідженні [4] пропонується виконувати розрахунок зовнішнього зносу шляхом врахування вартості ліквідації об'єкта спеціалізованої нерухомості:

$$P_b = P_L + \frac{O_e}{O_b} \times (P_b - P_e), \quad (8)$$

де:

P_L – ліквідаційна вартість майна;

та для об'єктів транспортної інфраструктури:

$$P_b = P_L + \frac{SE_e}{SE_b} \times (P_b - P_e). \quad (9)$$

При цьому для визначення ліквідаційної вартості можна використати як дані ринку або дані опубліковані у спеціалізованих періодичних виданнях, кошторисний метод, так і збірки укрупнених показників відновної вартості об'єктів, що належним чином проіндексовані в сучасні ринкові ціни.

Таким чином пропонується наступний алгоритм застосування розробленої методики визначення впливу зовнішнього (економічного) зносу на вартість об'єктів нерухомості (рис. 3).

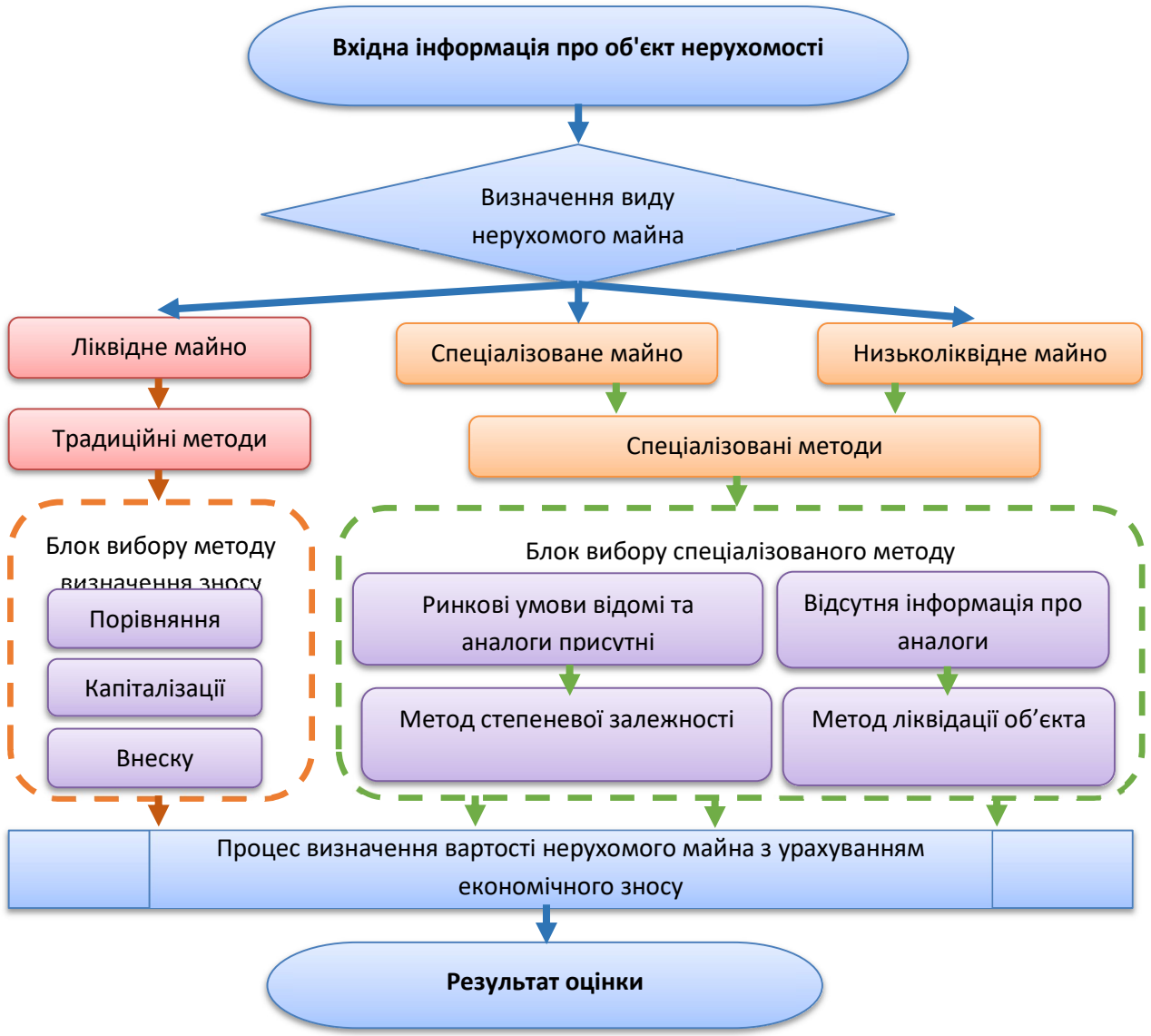


Рисунок 3 – Алгоритм застосування методики визначення впливу зовнішнього (економічного) зносу на вартість об’єктів нерухомості
Figure 3 – Algorithm for applying the method of determining the impact of external (economic) depreciation on the value of real estate objects

Таким чином, на першому етапі необхідно визначити на скільки ліквідне нерухоме майно і чи зможемо ми застосувати традиційні методи до визначення економічного зносу (рис. 3). Далі обирається метод відповідно до встановленої попередньої передумови і виконується розрахунок вартості нерухомого майна з урахуванням економічного зносу.

Висновки

Досліджені традиційні методи визначення зовнішнього (економічного) зносу та розроблено алгоритм до їх застосування. Визначено, що необхідними передумовами застосування даних методів є наявність достатнього обсягу інформації про ринок нерухомості та висока ліквідність майна. З’ясовано, що класичні методи визначення зовнішнього зносу є важкозастосованими для

спеціалізованого низьколіквідного або неліквідного нерухомого майна. Запропоновано застосувати додатково специфічні методи, що враховують недолік інформації про ринок нерухомості та специфіку спеціалізованих об'єктів. Виконано адаптацію запропонованих специфічних методів до об'єктів транспортної інфраструктури. Розроблено алгоритм та методику оцінювання вартості нерухомого майна з урахуванням економічного зносу. Запропонований алгоритм та методика мають практичну цінність, оскільки можуть бути успішно використані для різного типу об'єктів за ступенем їх ліквідності. Це особливо важливо в умовах сьогодення, коли багато об'єктів нерухомості в Україні як приватної, так і державної або комунальної власності порушені війною. В подальших дослідженнях планується виконати апробацію запропонованої методики до реальних інфраструктурних об'єктів.

Перелік посилань

1. Selling Guide Fannie Mae Single Family Published July 5, 2023. – 1180 p.
2. Міжнародні стандарти оцінки МСО-1. Ринкова вартість як база оцінки. Міжнародний комітет зі стандартів оцінки майна (IVSC), 2017р.
3. Jiro Yoshida. The economic depreciation of real estate: Cross-sectional variations and their return implications. Pacific-Basin Finance Journal. Volume 61, June 2020, 101290. https://doi.org/10.1016/j.pacfin.2020.101290
4. Губар Ю., Винарчик Л. Дослідження методів визначення зовнішнього зносу спеціалізованої нерухомості. ISTCGCAP. 2018; Випуск 88, 2018, Номер 88: стор. 47-54. https://doi.org/10.23939/istcgcap2018.02.047
5. Методичні основи грошової оцінки земель в Україні: підручник / Ю.Ф. Дехтяренко, М.Г.Лихогруд, Ю.М. Манцевич, Ю.М. Палеха – Київ: „Профі", 2002. – 256с.
6. McKenzie M. Betts R. Essentials of Real Estate Economics // 3th ed. – New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs. – 1992. – 336 p.
7. Kirichek Yu.O. Otsinka zemel' [Land evaluation]: navchal'nyy posibnyk / Kirichek Yu.O. – Dnipropetrovs'k: Litohraf, 2016. – 454s.
8. Jack P. Friedman, Jack C. Harris, J. Bruce Lindeman. Dictionary of Real Estate Terms.–Third Edition. Barron's Educational Series, Inc., New York, 2012.
9. Jack P. Friedman, Nicolas Ordway. Income Property Appraisal and Analysis. -American Society of Appraisers,–Prentice Hall, New Jersey, 2013.

DEVELOPMENT OF DETERMINATION METHODOLOGY OF THE EXTERNAL (ECONOMIC) DEPRECIATION INFLUENCE ON THE COST OF REAL ESTATE OBJECTS UNDER MODERN CONDITIONS

Kharchenko Anna M., Doctor of Technical Science, Professor, National Transport University, Professor of Transport Construction and Property Management Department, e-mail: anna-x3@ukr.net, tel. +380442807909, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovich Pavlenko str. 1, of. 323, http://orcid.org/0000-0001-8166-6389.
Hubar Yurii P., Doctor of Technical Science, Professor, The Department of Cadastre of Territory of Lviv Polytechnic National University 12 Bandera Str., Lviv, Ukraine, 79013 Tel. +38 (032) 2582631, e-mail Yurii.P.Hubar@lpnu.ua, https://orcid.org/0000-0003-2538-0727

Abstract. The purpose of the scientific work is to develop a methodology for determining the impact of external (economic) depreciation on the value of real estate. The essence of external (economic) depreciation is analyzed, in particular, the nature of its impact on the value of real estate over time is determined. Traditional methods of determining external (economic) depreciation were studied, their analysis and grouping were performed, and an algorithm for the use of traditional methods was developed. The necessary prerequisites for the application of these methods, their advantages and disadvantages were determined, and the results of practical testing were analyzed in the study [4]. It was concluded that for the effective application of traditional methods of determining external depreciation, it is necessary to have a sufficient amount of information about

the real estate market and high liquidity of the property. It was found that it is problematic to apply the considered methods to specialized, illiquid or nonliquid property, which, in particular, includes transport infrastructure objects. Using the results of the study [4], it is proposed to additionally apply two specific methods (method of power dependence, object liquidation method), which take into account the lack of information about the real estate market and the specifics of specialized objects. Adaptation of methods of power dependence and object liquidation to real estate in the field of transport infrastructure has been carried out. Based on the proposed methodology, an algorithm for estimating the value of real estate, taking into account economic wear and tear, was developed.

Scientific novelty and practical significance. The scientific novelty of the study is the development of a methodology and algorithm for estimating the value of real estate, taking into account economic depreciation, based on the determined liquidity of real estate. The practical value of the proposed algorithm and methodology is ensuring the possibility of their application to various types of objects, in particular, to specialized and non-specialized, liquid and illiquid, private and public. This becomes especially important in modern conditions, when there is a need to assess the property damaged by the war in order to carry out its recovery, repair, reconstruction or liquidation.

Keywords: real estate evaluation; external (economic) depreciation; real estate objects; liquidity; cost of objects.

References

1. Selling Guide Fannie Mae Single Family Published July 5, 2023. – 1180 p.

2. Mizhnarodni standarty otsinky MSO-1. Rynkova vartist yak baza otsinky. Mizhnarodnyi komitet zi standartiv otsinky maina (IVSC), 2017. [in Ukrainian].

3. Jiro Yoshida. The economic depreciation of real estate: Cross-sectional variations and their return implications. Pacific-Basin Finance Journal. Volume 61, June 2020, 101290. https://doi.org/10.1016/j.pacfin.2020.101290

4. Hubar Yu., Vynarchyk L. Doslidzhennia metodiv vyznachennia zovnishnoho znosu spetsializovanoi nerukhomosti. ISTCGCAP. 2018; Vypusk 88, 2018, Nomer 88: stor. 47-54. https://doi.org/10.23939/istcgcap2018.02.047. [in Ukrainian].

5. Metodychni osnovy hroshovoi otsinky zemel v Ukraini: pidruchnyk / Yu.F. Dekhtiarenko, M.H.Lykhohrud, Yu.M. Mantsevych, Yu.M. Palekha – Kyiv: „Profi", 2002. – 256 s. [in Ukrainian].

6. McKenzie M. Betts R. Essentials of Real Estate Economics // 3th ed. – New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs. – 1992. – 336 p.

7. Kirichek Yu.O. Otsinka zemel' [Land evaluation]: navchal'nyy posibnyk / Kirichek Yu.O. – Dnipropetrovs'k: Litohraf, 2016. – 454s. [in Ukrainian].

8. Jack P. Friedman, Jack C. Harris, J. Bruce Lindeman. Dictionary of Real Estate Terms.–Third Edition. Barron's Educational Series, Inc., New York, 2012.

9. Jack P. Friedman, Nicolas Ordway. Income Property Appraisal and Analysis. -American Society of Appraisers,–Prentice Hall, New Jersey, 2013.

УДК 528
UDC 528

DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-109-116

ГЕОДЕЗИЧНІ ВИШУКУВАННЯ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

GEODETIC SEARCHES IN AGRICULTURE



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



Дзюба Петро Петрович, *кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, кафедра проектування доріг, геодезії та землеустрою, доцент, dzuba.petr@gmail.com, +380675320548,*

http://orcid.org/0000-0002-1115-334X



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



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

Анотація. Сільське господарство - дуже складна і багатогранна галузь, яка вимагає великих вкладень - як коштів, так і сил. Сільське господарство може мати різні масштаби. У кого-то - це земельна ділянка поруч з будинком, а хто-то є фермером і має кілька полів. Ті, хто далекий від цієї сфери діяльності, може наївно припускати, що все, що посіяне в землю обов'язково виросте і ніяких аналізів і досліджень проводити не потрібно. Однак це далеко не так. Особливо, коли мова йде про так

званому комерційному сільському господарстві з великими площами землі, цехами по виробництву та переробці врожаю та іншими особливостями.

Геодезичні роботи в сільському господарстві мають такі особливості:

- великі майданчики;
- віддаленість від міста;
- слабка геодезична і геологічна вивченість районів проведення робіт;
- складна ситуація з координатами ділянок та незадовільна точність вихідних даних і матеріалів для початку досліджень.

Геодезичні вишукування в сільському господарстві виконуються з метою точного визначення посівних площ.

Геодезичне забезпечення дозволяє визначати площі земельних ділянок, враховувати при цьому рельєф місцевості, що лежить в основі подальшого ефективного використання ресурсів та прогнозування врожайності.

В статті розглядаються та аналізуються методи виконання геодезичних робіт в сільському господарстві.

Ключові слова геодезичні вишукування, геодезичні роботи, посівні площі, обмір площ, рельєф, супутник, БПЛА, модель.

Вступ. На сучасному етапі розвитку сільського господарства надзвичайно велику роль відіграє планування та економічно вигідний розрахунок посівів.

Процес геодезичного забезпечення сільського господарства потребує використання геодезичної і картографічної інформації, а супровідна документація має прив'язку до картографічних об'єктів. Саме тому геодезичне забезпечення сільськогосподарських робіт дає змогу створити комплексне уявлення про організацію території та впорядкування сільськогосподарських угідь. [1]

Сільськогосподарська галузь є відносно новою для використання в ній геодезії, тож доцільно врахувати особливості геодезичних робіт в цій сфері:
віддаленість від населених пунктів, великі площі посівів, незадовільна точність вихідних даних, можлива недостатність матеріалів для початку досліджень[2]. Основними та принциповими питаннями є межі земельних ділянок.

Мета і методи. Геодезію вважають однією з найдавніших наук, яка не тільки виникла, а й розвивалася, тому що людина відчувала гостру потребу в ній. Питання землевпорядкування постали в давні часи. На місцевості закріплювалися межові лінії, лінії сонцестоянь і рівнодень, полуденних ліній та ін., а точками – культові місця, пов'язані з землеробством.

Основна мета застосування геодезії в сільському господарстві — підвищення виробництва продукції за рахунок точного розрахунку тих чи інших даних, які впливають на кінцевий результат.

Питаннями забезпечення якості землевпорядкування сьогодні займаються такі вчені, як А.М. Третяк, А.М., О.В. Кондращенко, Б. І. Волосецький, Г. І. Грещук ,Л.А. Гунько та інші [4-7]. Одним з основних інструментів підвищення якості землевпорядкування є геоінформаційні технології (ГІС-технології), основою яких є геодезичні роботи.

Функціонування та взаємодія ГІС технологій, геодезії, і сучасного сільського господарства приводять до зменшення людського фактору у роботі, персоналізації обчислювального обладнання та активного створення автоматизованих робочих місць. Дані, отримані при польових вимірюваннях, можна автоматично інтегрувати в спеціалізоване програмне забезпечення і, відповідно, відобразити на екрані комп'ютера у вигляді цифрової карти.

Слід виконувати винесення меж ділянок та паїв в натуру. Для правильного проектування інженерних об'єктів використовують топографічне знімання.

Результати і пояснення. Геодезичне забезпечення сільського господарства – це один із можливих шляхів інноваційного управління, адже його запровадження дозволить досягти низку поставлених цілей, зокрема, щодо точності вимірювання площ, що безпосередньо тягне за собою всі інші процеси, пов'язані з внесенням добрив, витратами на обробку землі, прогнозуванням урожайності

тощо. Також дозволить підвищити якість проектування ділянок зрошення, або ж водопідвідних мереж для ефективного використання ресурсів.

Щодо застосування в сфері сільського господарства геодезичних методів, то їх можна умовно поділити на 2 способи: методи «класичної геодезії» та методи новітньої альтернативної геодезії.

Геодезичні методи застосовується досить широко, починаючи з початку століття, найпоширеніші - винесення меж паїв, контурів полів, інших сільськогосподарських угідь в натуру; визначення площ угідь; топографічне знімання місцевості; проектування систем зрошення полів; комплексне знімання будівель, споруд, елеваторів, зерносховищ; знімання трубопроводів, колекторів для проектування водопостачання [2] .

Використовуються як планове знімання, так і висотне, що дозволяє комплексно підійти до виконання вищевказаних завдань.

Як правило, для таких видів знімань використовують електронні геодезичні прилади, основними з яких є двочастотні GPS приймачі, тахеометри та теодоліти, а також спеціалізоване програмне забезпечення для обробки результатів знімань.

Якщо ж говорити про, так звані, альтернативні геодезичні методи, то в сільському господарстві їх стали застосовувати досить недавно й сьогодні вони швидко удосконалюються. До таких методів можна віднести безпілотні літальні апарати (БПЛА) та аерофотознімання; дані з супутників та дистанційне зондування Землі (ДЗЗ).

Використання БПЛА в сільському господарстві має величезний потенціал. Якщо оцінювати їх можливості з геодезичної точки зору, то вони активно застосовуються для визначення меж земельних ділянок та кадастрового обліку, визначення площ, обстеження посівів, складання топографічних планів, оптимальної побудови іригації і меліорації і т.д.[3].

Забезпечується візуальна ідентифікація географічних меж сільськогосподарських угідь з координатною прив’язкою.

В послугах аеровізуального спостереження зацікавлені не лише фахівці із землеустрою, носії прав проведення кадастрової перевірки, але й суб’єкти господарювання, які є власниками або користувачами земельних паїв.

Значною є ефективність застосування БПЛА в сільському господарстві З їх допомогою фермери можуть відстежувати стан посівів, спостерігати за зміною контуру поля, за відхиленням техніки від заданого курсу польових робіт, отримувати цифрову модель рельєфу (після обробки в спеціалізованому програмному забезпеченні).

Найголовніше і найпростіше, що можна отримати за допомогою БПЛА – це ортофотоплан місцевості з роздільною здатністю до 1 см/піксель (в залежності від висоти польоту). Деякі БПЛА здатні зробити обліт до 1000 га за один виліт. Їх оснащують обладнанням, здатним складати детальні карти полів як у візуальному спектрі, так і в різних спектральних діапазонах з можливістю прорахунку вегетаційних індексів для зернових культур.

Зрозуміло, що тільки БПЛА недостатньо для досягнення результату. Необхідно мати програмне забезпечення, яке дозволяє виконувати польоти, збирати дані та робити геодезичні вимірювання в автоматичному режимі. Все це потрібно як для моніторингу полів, так і для майбутнього складання карт на основі даних знімання. І найважливіше — отримані дані необхідно правильно обробляти і аналізувати за допомогою спеціального програмного забезпечення, яке в автоматичному режимі або ж в напівавтоматичному виконує геодезичні розрахунки для конкретних задач [5].

Ефективним інструментом отримання інформації про посіви, що сьогодні широко застосовується в агровиробництві, є супутниковий моніторинг. Оримані знімки з сенсорів супутника обробляються і в результаті маємо якісні растрові зображення з різною роздільною здатністю, за допомогою яких можливо виконувати різні як геодезичні задачі, так і агрономічні. Ця технологія розглядається більше з точки зору прогнозування врожаю - визначаються індекси, які впливають на стан посівів. Супутникові дані мають місце в геодезичному забезпеченні ведення сільського господарства, адже в основі супутникових спостережень лежить геодезія. Обидва джерела є цінними

можливостями для сільського господарства, кожен має свої сильні і слабкі сторони, але вони можуть використовуватися разом для досягнення кращих результатів.

В Україні використання дронів у сільськогосподарській галузі набуває все ширшого застосування. Раніше дрони застосовувалися лише для військових потреб.

Більшість сучасних БПЛА вже оснащені як мінімум звичайною камерою, а як максимум - мультиспектральною, яка дозволяє отримувати знімки в різних спектрах та потім діагностувати проблемні ділянки сільськогосподарських угідь.

Станом на 2017 рік кожен 4 дрон України працював на потреби агросектору [8]. На сьогоднішній день БПЛА використовують майже всі великі агрокомпанії та холдинги, серед яких «Harveast holding», «Kernel», «Мрія», «МХП», «Агро-Регіон» і т.д. Сукупний земельний банк підприємств, які працють з цими технологіями, становить більше як 4,5 млн га.

Говорячи про використання супутникових даних для потреб сільського господарства, варто зазначити, що це не така нова технологія для України, але все ж маловикористовувана, адже ціни на комерційні супутникові знімки досить високі для України. Тож на даний момент в Україні супутникові дані для агромоніторингу не використовуються на державному рівні. Звісно, що можна навести приклади компаній, які займаються цими технологіями. Як правило вони використовують дані з некомерційних супутників і демонструють можливість забезпечувати українських аграріїв відповідними даними.

Однією з найрозповсюджених задач, які потрібно вирішувати в агропромисловому комплексі – це моніторинг полів та визначення площі посівів. На сьогоднішній день ці вимірювання можна називати точними, тому що більшість підприємств уже використовує техніку, яка обладнана GPS трекерами, тож точність обмірів варіюється від 3 см і до 1-2 м. До основних метолів визначення площ варто віднести:

- обліт БПЛА;
- супутникове знімання;
- об'їзд автомобілем.

Суть кожного з методів та проміжні результати, що можна з них отримати – на рис. 1.

Бачимо, що найточнішим способом є БПЛА, оскільки є недорогою альтернативою традиційному зніманню з літаків, гелікоптерів, мотодельтапланів та супутників та дає найбільше проміжних результатів (ортофотоплан, карта висот і т.д.)

Крім високої економічної ефективності (здешевлення в десятки разів), БПЛА мають додаткові переваги порівняно з традиційним аеро- та космічним зніманням:

- невелика висота знімання – можна виконувати знімання на висотах від 10 до 500 метрів для отримання надвисокого розрізнення (одиниці й десяті сантиметра) на місцевості;
- точковість – можливість детального знімання невеликих об'єктів і малих ділянок там, де це цілком нерентабельно або технічно неможливо зробити іншими способами, наприклад, в умовах міської забудови;
- мобільність – не потрібні аеродроми або спеціально підготовлені злітні майданчики, БПЛА легко транспортуються легковими автомобілями (або переносяться вручну), відсутня складна процедура дозволів і узгодження польотів;
- висока оперативність – весь цикл, від виїзду на знімання до одержання результатів, займає кілька годин;
- екологічна чистота польотів – використовуються малопотужні бензинові або безшумні електричні двигуни, забезпечується практично нульове навантаження на навколишнє середовище [9].



Рисунок 1 – Основні методи визначення площ полів у сільському господарстві
Figure 1 – Basic methods of determining the area of fields in agriculture

В табл. 1 наведені переваги та недоліки кожного методу .

Ефективність застосування безпілотних апаратів різного призначення багато в чому визначається якістю функціонування командного та інформаційного каналів. Перший із них призначений для передавання сигналів керування БПЛА з пункту управління на його бортову апаратуру, яка відпрацьовує отримані команди керування. За цими командами літальний засіб змінює висоту, курс і швидкість польоту, а також відпрацьовує зміну режимів роботи розвідувальної та іншої апаратури.

Більшість стандартних задач по побудові ортофотоплану, карти висот, підрахунку сходів рослин активно вивчаються, а в деякій мірі можна вважати вже досить вивченими, але все ж ще є куди вдосконалюватись. Враховуючи розвиток точного землеробства в Україні, варто зазначити, що одним з таких напрямків вдосконалення є розробка алгоритму дій для визначення площ з урахуванням рельєфу, потрібно показати, як впливає рельєф місцевості на зміну площі угіддя.

Врахування рельєфу є необхідною складовою при визначенні посівних площ, оскільки різниця на площі в 100 га (при врахуванні рельєфу та без нього) може складати до 5 % від загальної площі, що досить сильно впливає на прорахунок витрат на паливо та техніку, на кількість внесених добрив, на кількість внесеного насіння, а що саме головне – на прогнозування майбутнього врожаю.

Один із методів - поділ окремого полігону на нескінченну кількість трикутників, які не матимуть більше, ніж 1 похилу в будь-яку сторону і з подальшим розрахунком площ цих трикутників. Площа ділянки з урахування рельєфу місцевості обчислюється як сумарна площа всіх малих нахилених, але з одним похилом трикутників на ділянці. Для даної задачі досить вигідно використовувати БПЛА з постробробкою даних, це хороша альтернатива космічному зніманню і інтерферометрії, які є дуже дороговартісними.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика основних методів визначення площ

Table 1 – Comparative characteristics of the main methods of determining areas

Назва	Супутник	БПЛА	Об'їзд поля транспортом
Технологія	Замовлення архівних супутникових даних Замовлення проведення нової зйомки	Обліт території дронами з РТК Обробка даних і створення ортофотоплану Векторизация полів / посівів	Об'їзд полів транспортним засобом Створення контурів
Результат	Ортофотоплан Контур Площа	Ортофотоплан Матриця рельєфу Контур Площа з рельєфом	Контур Площа
Точність	1 і більше м	5-10 см	3-5 м
Покриття за день	до 2000 га	до 3000 га	до 1000 га
Фактори ризику	Погода	Погода Аеропорти Режимні об’єкти	Погода Наявність посівів
Рекомендації до застосування	У зонах, заборонених для польотів дронів При інвентаризації великого земельного банку	Максимальна оперативність При моніторингу стану посівів	Якщо не терміново, в плановому режимі При відборі проб ґрунтів
Усереднена вартість	грн/га	25 грн/га	15 грн/га

На рис. 2 наведений поділ дослідного полігону на плоскі трикутники з похилом в одну сторону одним із найпоширеніших способів – формуванням TIN (*Triangulated Irregular Network)* мережі.

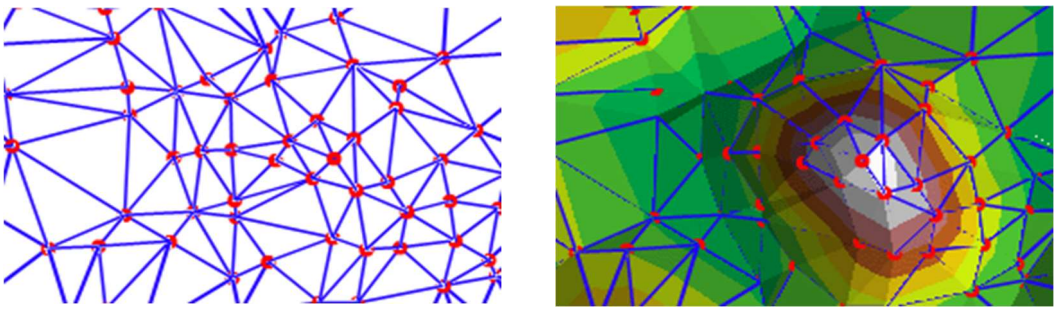


Рисунок 2 – Загальний вигляд TIN мережі
Figure 2 – General view of the TIN network

TIN (Triangulated Irregular Network) модель – це нерегулярна мережа трикутників, яка є способом цифрового відображення структури поверхні. TIN є формою векторних цифрових географічних даних, які будуються методом тріангуляції набору вершин (точок). Вершини з'єднуються серією ребер і формують мережу трикутників. І.

Якщо не враховувати фізичних характеристик при визначенні площі земельної ділянки, яка має складний рельєф, в загальній сукупності, то в результаті можна отримати спотворення вимірів площі до 20 відсотків від загальної площі контуру. Тож із врахуванням рельєфу з'являється можливість уникнути зайвих витрат на «неіснуючі» гектари, що є основою для впровадження основ точного землеробства на підприємстві.

Висновки та рекомендації. Методи обміру площ із врахуванням рельєфу варто впроваджувати в систему точного землеробства великих агрохолдингів. Враховуючи кількість оброблюваної родючої землі, що перебуває у власності, сума збитків може сягати досить великих розмірів, якщо не проводити відповідного аналізу й розрахунків.

Дослідження можуть бути продовжені у напрямку вивчення складності рельєфу та похибок визначення площ. Необхідно розробити моделі на основі спеціалізованого програмного забезпечення для автоматизації процесу підрахунку площ.

Перелік посилань

1. Грещук Г. І. Сутність землеустрою та землевпорядкування: концептуальний підхід / Г. І. Грещук // Агросвіт. - 2016. - № 23. - С. 24-27.

2. Гильдия Инжиниринг – [Електронний ресурс]/ Режим доступу: https://geotop.com.ua/sotrudnichestvo-po-geodezii-i-geologii-s-selskoxozyajstvennymi-kompaniyami_ua.php

3. GEODEZ - [Електронний ресурс] — Режим доступу: http://geodez.com.ua/vikoristannya-bpla-v-silskomu-gospodarstvi.-chomu-cze-vigidno

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

5. Воронов В. В. БЛА на виставці LAAD 2009. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.uav.ru/articles/LAAD-2009_report.pdf

6. 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.

7. Волосецький, Б. І. Геодезія у природокористуванні [Текст] / навчальний посібник Б. І. Волосецький. - Львів: Видавництво Національного університету Львівська політехніка, 2015. – 327 с.

8. Mind.ua – [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://mind.ua/publications/20187343-galuzi-majbutnogo-yak-bezpilotniki-pidkoryuyut-ukrayinu

9. Ачасова А. Дрони для аграріїв – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.50northspatial.org/ua/drones-in-agriculture/

GEODETIC SEARCHES IN AGRICULTURE

Khomiak Anna Ya., National Transport University, Department of Road Designing, Geodesy and Land Management, PhD in technical science, Associate Professor, akhomjak@gmail.com, +380673990164, orcid.org/0000-0002-2483-8153

Dziuba Petro P., National Transport University, Department of Road Designing, Geodesy and Land Management, PhD in technical science, Associate Professor, dzuba.petr@gmail.com, +380675320548, orcid.org/0000-0002-1115-334X

Neizvestna Natalia V., National Transport University, Department of Road Designing, Geodesy and Land Management, PhD in technical science, Associate Professor, supernesh@ukr.net, +380957970158, orcid.org/0000-0003-2406-3906

Omelchuk Sibilla K, National Transport University, Department of Road Designing, Geodesy and Land Management, PhD in technical science, Associate Professor, sib-@ukr.net, +380974403827, orcid.org/0000-0003-2191-1551

Summary: Agriculture is a very complex and multifaceted industry that requires large investments - both money and effort. Agriculture can have different scales. Someone has a plot of land next to the house, and someone is a farmer and has several fields. Those who are far from this field of activity may naively assume that everything that is sown in the ground will surely grow and no analyzes and researches need to be carried out. However, this is far from the case. Especially when it comes to so-called commercial agriculture with large areas of land, workshops for production and processing of crops and other features.

Geodetic works in agriculture have the following features:

• large playgrounds;

• distance from the city;

• weak geodetic and geological study of the work areas;

• a difficult situation with the coordinates of the plots and unsatisfactory accuracy of the initial data and materials for starting research.

Geodetic surveys in agriculture are carried out in order to accurately determine the sown areas.

Geodetic support allows you to determine the area of land plots, while taking into account the topography of the area, which is the basis for further effective use of resources and forecasting of yield.

The article examines and analyzes the methods of performing geodetic works in agriculture.

Keywords: geodetic searches, geodetic works, cultivated areas, area measurement, relief, satellite, UAV, model.

References

1. G. I. Greshchuk The essence of land management and land management: a conceptual approach / G. I. Greshchuk // Agrosvit. - 2016. - No. 23. - P. 24-27.

2. Engineering Guild – [Electronic resource]/ Access mode: https://geotop.com.ua/sotrudnichestvo-po-geodezii-i-geologii-s-selskoxozyajstvennymi-kompaniyami_ua.php

3. GEODEZ - [Electronic resource] — Access mode: http://geodez.com.ua/vikoristannya-bpla-v-silskomu-gospodarstvi.-chomu-cze-vigidno

4. Tretyak A.M. Land management design: ecological landscape land management of agricultural enterprises: teaching. Manual [Text] / A.M. Tretyak, V.M. Drugak, R.A. Tretyak, L.A. Gunko - K.: Agrarian science, 2007. - 120 p.

5. Voronov V. V. UAV at the LAAD 2009 exhibition. — [Electronic resource]. — Access mode: http://www.uav.ru/articles/LAAD-2009_report.pdf

6. Kostecka Ya. M. Methodical instructions from the course "Methods and instruments of high-precision engineering and geodetic measurements" [Text] / Ya. M. Kostecka - Lviv Publishing House of the State University "Lviv Polytechnic", 2009. - 76 p.

7. Volosetskyi, B. I. Geodesy in nature management [Text] / study guide B. I. Volosetskyi. - Lviv: Publishing House of the National University of Lviv Polytechnic, 2015. – 327 p.

8. Mind.ua – [Electronic resource]. — Access mode: https://mind.ua/publications/20187343-galuzi-majbutnogo-yak-bezpilotniki-pidkoryuyut-ukrayinu

9. Achasova A. Dpony dlya agpapiyiv - [Electronic media]. – Access method: http://www.50northspatial.org/ua/drones-in-agriculture/

УДК 519. 24 : 543
UDC 519. 24 : 543
DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-117-132

НОВА КОНЦЕПЦІЯ ХЕМОМЕТРИКИ

NEW CONCEPT OF CHEMOMETRICS



Артеменко Владислав Андрійович, UT5UDJ, *магістр екології, Український гідрометеорологічний інститут Державної служби України з надзвичайних ситуацій та Національної академії наук України, науковий співробітник відділу гідрохімії, e-mail: artemenko@uhmi.org.ua, тел. 380936011250, Україна, 03028, м. Київ, просп. Науки 37, к.34.*

https://orcid.org/0000-0003-0536-5415



Петрович Володимир Васильович, *кандидат технічних наук, професор, старший науковий співробітник, професор кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету. e-mail: petrovichvv60@ukr.net, тел. +380442807338, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 138.,*

https://orcid.org/0000-0003-0422-2535

Анотація. В хемометриці для обробки даних найбільш часто використовуються параметричні статистичні методи досліджень. Але при цьому ігнорується адекватна обробка даних, які нормальному закону розподілення не підлягають. На сучасному етапі широко використовують і класичні непараметричні методи, які не оперують із ймовірнісним розподіленням вихідних даних.

Однак при проведенні безпосередніх практичних розрахунків певні типи розподілень все рівно використовуються.

При реалізації класичних непараметричних методів звичайно необхідне також звернення до відповідних статистичних таблиць.

Для кожного такого методу використовується своя таблиця. Таким чином, хемометрика зараз представлена багатьма не пов'язаними між собою статистичними методами досліджень.

Одним із головних недоліків класичних методів хемометрики (параметричних та непараметричних) є відсутність єдиного підходу до обробки вихідних даних.

У роботі запропонований принципово новий підхід до проведення статистичних досліджень даних.

Використовуючи непараметричний бутстреп, багатий арсенал не пов’язаних між собою методів класичної хемометрики замінюється одним-двома методами без будь-яких принципових обмежень.

З точки зору програмної реалізації це означає наявність універсальних процедур, за допомогою яких можливо вирішувати практично всі задачі хемометрики.

Розглянута одна із важливих задач непараметричного бутстрепу – “розмноження” вибірки.

При цьому імітується, що була проведена не одна серія експериментів, а значно більше (наприклад, 1000 … 10000 серій).

Із використанням метода непараметричного бутстрепа показані особливості визначення довірчого інтервалу для середнього та медіани часового ряду кисню, щобув розчинений у річковій воді.

Приведена програмна реалізація бутстреп-процедур на мові MATLAB, що була розроблена авторами статті. Процедури були реалізовані також на мовах програмування FORTRAN, PASCAL та R.

Ключові слова: хемометрика, нова парадигма хемометрики, хемометричні дані, непараметричний бутстреп, універсальні методи та процедури, код MATLAB.

Мета роботи. Метою роботи є розробка принципово нової ідейної основи (парадигми) хемометрики, де значна кількість методів класичної хемометрики замінюється лише кількома універсальними методами (універсальними процедурами).

Відповідно, статистична обробка даних повинна бути представлена із єдиних позицій, поза залежністю від конкретних задач та типів розподілень вихідних даних.

Закон не може бути точним хоча б тому, що поняття, за допомогою яких ми його формулюємо, можуть розвиватись, та в майбутньому виявитись неточними.

Альберт Ейнштейн

Не шукай помилку. Шукай, як її виправити

Генрі Форд

Вступ

Як відомо, значна частка досліджень у сучасній екології – це оцінка стану водних об'єктів**.**

Звичайно при цьому вирішуються наступні задачі:

1. Визначення концентрацій забруднюючих речовин у водному середовищі;
2. Обробка даних натурних (польових) досліджень;
3. Отримання узагальнюючих висновків про стан об'єктів, що досліджуються;
4. Прогнозування екологічного стану водних об'єктів на конкретну перспективу.

При виконанні більшості пунктів зазначеного вище переліку задіяні такі дисципліни як аналітична хімія та хемометрика [1-4].

Авторами були розглянуті публікації переважно за період після 2000 року.

Хемометрика – хімічна дисципліна, що застосовує методи математичної статистики для обробки експериментальних даних та видобування при цьому певної корисної інформації.

Базуючись на основоположних методах математичної статистики, хемометрика у значній мірі успадкувала її методологію та термінологію.

Але безпосередньо були також враховані "тонкі" особливості самої хімії, у першу чергу хімії аналітичної. Однак, незважаючи на істотні досягнення у сучасній математичній статистиці, класична хемометрика продовжує базуватись на параметричних методах дослідження, які у більшості своїй вимагають виконання нормального закону розподілення вихідних даних.

Необґрунтоване використання параметричних методів, тобто без проведення статистичних тестів на нормальність та подальшого аналізу результатів цих тестів, стає особливо небезпечним, якщо річ заходить про нормативні документи.

Зважаючи на загальні позиції, річ може іти також про методику адекватної роботи із буть-якими даними, поза залежністю від їх походження.

У цьому зв'язку слід переглянути не тільки методологію, але також практично всю концепцію досліджень у царині хемометрики.

У роботі розглянуті переважно питання хемометрики, безпосередньо пов'язані із обробкою даних та прийняттям відповідних рішень.

Авторами запропонована кардинально нова концепція хемометрики, що використовує принципово тільки один універсальний метод обробки даних – метод непараметричного бутстрепу.

Практично всі задачі хемометрики стає можливим вирішувати за допомогою тільки цього метода.

Параметричні та навіть класичні непараметричні методи слід у кращому разі залишити як допоміжні з метою подальшої порівняльної оцінки роботи різних статистичних процедур.

Хемометрика у цьому разі одержує нову концепцію (нову парадигму).

Непараметричний бутстреп – максимально можливе втілення непараметричної статистики

На сучасному етапі проведення досліджень у достатній мірі розвинуті та широко використовуються непараметричні методи статистики.

Позитивна якість непараметричних методів полягає в тому, що за своєю суттю вони розраховані на роботу із різноманітними неідеальними даними.

При реалізації цих методів не потрібні спеціальні дослідження, аби встановлювати закони розподілення даних.

У більшості випадків знання конкретного закону взагалі не вимагається!

Однак класичні непараметричні методи мають свій недолік – для кожної окремої статистики потрібно мати свою методику розрахунку.

При цьому такі методи зазвичай не пов'язані між собою.

У цьому зв'язку з позицій еколога – практика бажано мати мінімум методів, які єдиним способом (за єдиною схемою) дозволять обробляти такі дані.

Крім того, враховуючи складність виконання хімічних аналізів, ці методи повинні також адекватно працювати із досить малими об'ємами даних.

З точки зору сучасного рівня знань, ці побажання у повній мірі реалізуються у такому методі математичної статистики, як бутстреп [5-6].

Зважаючи на багатогранність застосування та достатню простоту бутстрепу, кількість публікацій по цьому питанню постійно зростає.

Як відомо, розрізняють бутстреп параметричний та бутстреп непараметричний.

Всі методи бутстрепа, які на тому або іншому етапі проведення досліджень вимагають знання певних законів розподілення, відносять до параметричного бутстрепа.

Методи бутстрепа, які не вимагають знання законів розподілення – до бутстрепу непараметричного.

Далі будемо аналізувати результати застосування тільки бутстрепу непараметричного.

Метод непараметричного бутстрепу дозволяє проводити різноманітні дослідження, одержуючи при цьому числові значення певної статистики.

За допомогою цього метода визначають довірчі інтервали статистик (у тому числі довірчі інтервали коефіцієнтів регресій, кореляцій, тощо), вирішують складні задачі порівняння декількох груп даних, та інше.

В Україні перша публікація по застосуванню непараметричного бутстрепу в хемометриці (гідрохімії) датована 2019 роком [7].

У попередній публікації авторів зазначалось, що вихідні дані слід розглядати із позицій часових рядів, для яких вкрай важливим є порядок окремих складових (точок) цього ряду. Але якщо для часового ряду визначають середнє, медіану, квантиль та інші подібні статистики, то абсолютно неважливим є порядок слідкування складових цього ряду. Тобто такі статистики ніяк не змінять своїх числових значень, якщо навіть складові ряду переставляти у довільному порядку.

Для статистик, що вкрай чутливі до порядку слідкування складових часового ряду, існує окремий клас задач, які у даній статті не розглядаються.

Розмноження вибірки – базовий принцип непараметричного бутстрепу

Як відомо, проведення хімічних аналізів являє собою трудомістку процедуру, не кажучи навіть про фінансові витрати на їх виконання.

Тому звичайно обмежуються тільки однією серією експериментів (дослідів). При цьому у такій серії міститься не більше 5 визначень конкретної речовини.

В той же час при класичних методах дослідження (як параметричних, так і непараметричних) вимагається провести 30 … 100 вимірювань в серії.

Зважаючи на цей факт, однією із основних задач непараметричного бутстрепу є "розмноження" вибірки. Тобто імітується, що була проведена не одна серія експериментів, а, наприклад, 5000 або навіть більше.

Будемо надалі оперувати обмеженою вибіркою певного часового ряду, а саму вибірку розглядати у якості популяції.

При цьому кожна підвибірка – це випадкова комбінація із набору елементів вибірки.

Підвибірки повинні мати той самий розмір, що і вихідна вибірка. Для кожної підвибірки можливо знайти числове значення даної статистики.

При генерації підвибірок вирішується задача "розмноження" вихідної вибірки : реалізується алгоритм "Випадковий вибір із зворотом" ("Random sampling with replacement"). Тобто видобуваний елемент може бути повернутий у вибірку та мати шанс бути вибраним знову, тоді як інші елементи можуть бути взагалі відсутні.

Таким чином, призначення непараметричного бутстрепу полягає в тому, щоб випадковим чином багатократно "витягувати" підвибірки із емпіричного розподілення (вибірки), та надалі проводити відповідний статистичний аналіз.

Завдяки випадковому процесу формування підвибірок в результаті одержуємо деяку варіацію числових значень статистики.

Тобто маємо бутстреп – розподілення розкиду числових (точкових) значень.

Зрозуміло, що працюючи із великим масивом даних (звичайно це часові ряди довжиною декілька сотень або навіть більше значень), бутстрен – метод буде повністю орієнтований на застосування ЕОМ.

Для кращого розуміння основоположних принципів цього методу розглянемо простий приклад, що включає тільки 10 бутстреп – випробовувань.

Нехай вихідні дані містяться у векторі

$$V=[1.1;\ 2.2;\ 3.3;\ 4.4;\ 5.5].$$

Необхідно знайти медіану даних та, відповідно, 95% - ні довірчі інтервали для медіани.

Як відомо, у більшості сучасних мов програмування вектор можливо індексувати як за допомогою одного числа, так і за допомогою індексного вектора із цілісночисельними елементами.

При індексуванні вектора V за допомогою одного числа одержуємо також одне число, наприклад,

$$V[1]=1.1;\ \ V[3]=3.3 \text{ і т.д.}$$

При індексуванні цілісночисельним вектором індексний вектор *Indx* буде включати цілі числа від 1 і до довжини вектора. У нашому прикладі це числа 1;2;3;4;5.

Далі будемо застосовувати індексацію вектора тільки цим методом.

Формувати індексний вектор будемо за допомогою генератора випадкових рівномірно розподілених цілих чисел.

При цьому такий генератор повинен також генерувати числа в зазначеному вище діапазоні.

Результати індексування вектора V на кожному кроці бутстреп-іспиту будемо зберігати у векторі *BS_Data.* Зрозуміло, що розмір вектора *BS_Data* повинен бути як і у вектора вихідних даних V. Створимо також вектор *BS_Vector.*

У векторі *BS_Vector* будемо зберігати значення статистики (у нашому випадку це медіана), що були одержані при кожному бутстреп-іспиті.

У даному прикладі маємо 10 іспитів.

Внаслідок роботи генератора випадкових чисел при кожному бутстреп-іспиті будемо отримувати відповідно різні значення.

Тому перед проведенням бутстреп-іспитів слід встановити генератор у початковий стан (звичайно це буде "нуль").

Далі наводимо одержані у нашому (*!*) випадку результати бутстреп-іспитів.

Так, для першого бутстреп-іспиту були отримані такі дані:

Indx=[5; 2; 2; 3; 5];

BS_Data= V[Indx] =[5.5; 2.2; 2.2; .3.3; 5.5];

Median(BS_Data)=3.3;

BS_Vector[1]=3.3;

для другого бутстреп-іспиту:

Indx=[2; 5; 5; 4; 4;];

BS_Data= V[Indx] =[2.2; 5.5; 5.5; 4.4; 4.4];
Median(BS_Data)=4.4;
BS_Vector[2]=4.4;
……..
для десятого бутстреп-іспиту
Indx=[3; 4; 1; 3; 4;];
BS_Data= V[Indx] =[3.3; 4.4; 1.1; 3.3; 4.4];
Median(BS_Data)=3.3;
BS_Vector[10]=3.3.

В результаті виконання розрахунків отримали значення *BS_Vector* із елементами:

BS_Vector =[3.3; 4.4; 2.2; 4.4; 4.4; 2.2; 3.3; 4.4; 4.4; 3.3].

Таким чином, на основі значень бутстреп – розподілення стає можливим визначити довірчі інтервали певної статистики.

Знаходження границь довірчих інтервалів

На практиці досить часто зустрічаються задачі знаходження довірчих інтервалів тієї або іншої статистики для конкретного часового ряду.

Однак, зважаючи на те, що числовий ряд може не підкорятись нормальному розподіленню, вирішити такі задачі за допомогою класичних методів практично неможливо. Класичні методи у цьому випадку, наприклад, не дають способів визначення довірчих інтервалів для відносного стандартного відхилення, однак відносне стандартне відхилення широко застосовується на практиці при статистичній обробці експериментальних даних.

При використанні непараметричного бутстрепу знайти довірчі інтервали не представляє складності.

Більш того, для будь-яких статистик та вихідних даних це робиться одностайно.

Розглянемо задачу визначення довірчих інтервалів для ряду розчиненого кисню.

Попередньо необхідно знайти відповідну величину самої статистики.

У нашому прикладі статистика – це медіана, значення *P* довірчої ймовірності дорівнює P=0.95 (або 95%).

Маючи вектор *BS_Vector,* можливо визначити нижню *L* та верхню *H* границі довірчого інтервалу для даної статистики.

Найбільш простий спосіб розрахунку величин *L* та *H* полягає у слідуючому:

1. Задаємося значенням *P;*
2. Знаходимо величину *PL* за формулою *PL=(1-P)/2,*
величину *PH* за формулою *PH=(1+P)/2;*
3. Значення *L* буде дорівнювати

$$L=Quantile(BS_Vector, PL),$$

значення *H* відповідно

$$H=Quantile(BS_Vector, PH).$$

У даному випадку надалі припускається, що *Quantile*( ) – це процедура знаходження квантиля заданого порядку для вектора, який дає той самий результат, що і відповідна функція *MATLAB*.

Скаляри *L* та *H* і будуть рішенням задачі.

Оскільки в прикладі *L*=2.2 (див. вище), а значення *H*=4.4, остаточно одержуємо для медіани 95%-ний довірчий інтервал 2.2 … 4.4.

Зазначимо, що розглянутий простий метод знаходження границь довірчого інтервалу призначений перш за все для використання у разі застосування симетричного розподілення для *BS_Vector* (тобто дає симетричну гістограму).

На практиці цей випадок зустрічається найбільш часто, але не завжди.

Покращений метод розрахунку границь довірчих інтервалів, що адекватно працює у тому числі із несиметричними бутстреп-розподіленнями, визначається згідно слідуючих пунктів:

1. Призначаємо величину *P;*
2. Знаходимо значення *PL* за формулою

$$PL=(1+P)/2,$$

величину *PH* за формулою

$$PH=(1-P)/2;$$

3.Визначаємо проміжну величину *TMP*, яка дорівнює

TMP,*=2 · Mean (BS_Vector);*

4.Знаходимо *L* за формулою *L=TMP-Quantile (BS_Vector, PL), величину H* за формулою *H=TMP-Quantile (BS_Vector, PH).*

Визначені скалярні величини і є рішенням задачі.

При цьому сам бутстреп – вектор *(BS_Vector)* формується як у попередньому методі, тобто модифікація не зачіпає саме спосіб його формування.

На практиці краще використовувати другий (покращений) метод, тим більше що він не набагато складніший за метод перший.

Однак за рахунок незначного ускладнення другого метода досягається вагоме покращення якості розрахунків.

Окремо слід зазначити, що оскільки в обох алгоритмах використовується генератор випадкових чисел, у загальному випадку, навіть при однакових вихідних даних, можуть бути одержані різні значення довірчих інтервалів (але достатньо близькі між собою).

З точки зору математичної статистики такі результати будуть цілком коректними.

Аналогічно знаходимо довірчі інтервали при інших значеннях величини *P* та будь-якої статистики, тобто середнього, медіани, квантилів певного порядку, коефіцієнтів варіації, тощо.

Це і є той узагальнюючий принцип бутстреп – методу при визначенні статистик вихідних даних.

Далі коротко зупинимось на окремому питанні, яке необхідне для більш повного висвітлення суті проблеми.

У деяких наукових публікаціях поширюється думка, що довірчі інтервали при використанні непараметричних методів виходять більш широкими, ніж при застосуванні методів параметричних (теж саме при перевірці різних статистичних гіпотез).

Тобто для одержання довірчих інтервалів рівної ширини у разі застосування непараметричних методів нібито необхідний більший об’єм вихідних даних у порівнянні із методами параметричними.

Однак, як показали проведені авторами числові експерименти, такі уявні переваги параметричних методів для бутстрепа на практиці зникають.

Обговорення кода процедури

Процедура знаходження точкової та інтервальних оцінок даної статистики носить назву *BSSTAT ( )* . Вона визначає коментарі, достатні для її практичного використання.

У зв’язку з тим, що на практиці користувачі не застраховані від різного роду помилок, пов’язаних перш за все із некоректністю даних, які подають на вхід процедури, приблизно третину коду складають необхідні перевірки.

Процедура *ISRV ( )* перевіряє вхідний аргумент *IN*. Аргумент повинен бути числовим вектором (“горизонтальним” або “вертикальним” за термінологією MATLAB).

Даний аргумент – це матриця розміром *1xSZ або SZx1,* яка не містить комплексних чисел, а також *NAN, -Inf* та *+Inf* значень.

Далі йде процедура *ISFH ( ),* яка перевіряє правомірність вказівника (такого, що вказує тільки на реально існуючу функцію).

Однак така перевірка не зачіпає кількості аргументів процедури, на яку вказує *F*.

У даному випадку це повинна бути процедура, що допускає свій виклик тільки з одним аргументом, та повертає один аргумент у вигляді числа (скаляра). Якщо, наприклад, процедура *quantile ( )* вимагає, як мінімум, двох вхідних аргументів, використання *F=@quantile* у даному контексті неприпустимо.

Далі контролюється, щоб розмір вихідного вектора *IN* складав не менш ніж 3 значення.

Адекватні результати можуть бути одержані вже при довжині вектора *IN* близько 8 значень. В принципі, довжина вектора вихідних даних повинна мати не менше 32 значень.

Під бутстреп – вектор відводиться пам'ять (строка 42 кода) за допомогою *zeros( )*.

Необхідні змінні *INDX* та *V* далі декларуються у вигляді пустих масивів (без такої декларації, в принципі, можливо і обійтись).

Далі в циклі із числом повторень N=10000 (число бутстреп - іспитів) проводяться основні обчислення.

Обчислення включають етапи, що розглянуті вище в тексті статті:

1. Формування індексного вектора *INDX;*
2. Виборка згідно індексів вектора *INDX* із вихідних даних *IN* у вектор *V*. При цьому вектори *INDX* (*IN* та *V*) мають однакову довжину;
3. Знаходження поточної статистики для вектора *V*. Здійснюється за допомогою *F(V)*, тобто результат при *F=@mean* буде таким, як і при безпосередньому виконанні *mean(V)*.

В результаті виконання *F(V)* одержуємо звичайне число (скаляр), тобто числове значення даної статистики.

Зрозуміло, що всі перевірки не має сенсу реалізовувати у повному обсязі, оскільки деякі із помилок зустрічаються вкрай рідко.

Крім того, кожна нова перевірка вхідних аргументів вносить свою частку у сповільнення роботи процедури (особливо це помітно, якщо процедура буде знаходитись всередині циклу).

4. Знайдене числове значення поточної статистики записується у бутстреп-вектор *VBS* за допомогою *VBS(J)=F(V)* згідно строки 47 кода.

Далі знаходимо значення *PL; PH; TMP* та остаточно визначаємо значення *L* та *H*. Результати обчислень записуємо у змінній *OUT*.

OUT – це структура із полями *HIGH* (значення верхньої границі 95%-го довірчого інтервалу) та *LOW* (відповідне значення нижньої границі).

Зазначимо, що одне із полів буде ім’ям статистики (ім’ям функції, яка визивається), що знаходиться у верхньому регістрі.

Це поле є точковим значенням цієї статистики.

Поле *CORRECTED* – це скоректоване (за допомогою бутстреп – метода) точкове значення статистики, тобто “середня величина” бутстреп – вектора *VBS*.

У своїй роботі процедура *BSSTAT( )* звертається до інших процедур, коди яких із необхідним мінімумів пояснень наведені на лістингах.

Далі розглянемо приклад, що ілюструє роботу із функціями, які вимагають більше одного вхідного аргумента.

Якщо необхідно знайти, наприклад, довірчі інтервали 75%-го квантиля, слід використати функцію користувача типу

```
function[OUT]= QUANTILEØ75(IN)
 OUT=quantile (IN,0.75);
 end
```

При цьому, очевидно, виклик процедури повинен бути

```
F=@QUANTILE Ø75
```

Оскільки наведений вище код поданий на стандартній мові *MATLAB*, для роботи у безкоштовних аналогах цієї системи може знадобиться незначна модернізація цього кода.

Відповідні універсальні процедури були реалізовані також на мовах програмування *FORTRAN, PASCAL* та їх діалектах, а також на *R*.

F:\BSSTAT.M
Страница 1 из 2 2023-04-04 23:31:03

```
function [ Out ] = BSSTAT( In , F )

Out = [ ];

%============================================================%
% Finding Value Of The Statistics And Confidential          %
% Interval Of This Statistics At The Method Of              %
% NonParametric BootStrap                                   %
%============================================================%
% In ===> Raw Data ( Vector )                               %
%============================================================%
% F ====> Pointer To Function Which Calculates Statistics   %
% Example : F = @ mean                                      %
%============================================================%

P = 0.95;
N = 10000;

%============================================================%
% P ===> Confidential Probability                           %
%============================================================%
% N ===> Number Of BootStrap Tests                          %
%============================================================%

if not( IsRV( In ) )
 return
end

if not( IsFH( F ) )
 return
end

In = In( : );
SZ = length( In );

if SZ < 3
 return
end

Indx = [ ];
V = [ ];
VBS = zeros( N , 1 );

```

- 1 -

F:\BSSTAT.M
Страница 2 из 2 2023-04-04 23:31:03

```
44  for J = 1 : N
45   Indx = IRand( SZ , 1 , 1 , SZ );
46   V = In( Indx );
47   VBS( J ) = F( V );
48  end
49
50  PL = ( 1 + P ) ./ 2;
51  PH = ( 1 - P ) ./ 2;
52  Tmp = 2 .* mean( VBS );
53  L = Tmp - quantile( VBS , PL );
54  S = F( In );
55  H = Tmp - quantile( VBS , PH );
56  C = mean( VBS );
57  Out.CORRECTED = C;
58  Out.HIGH = H;
59  Out.LOW = L;
60  Out = setfield( Out , upper( func2str( F ) ) , S );
61
62  end
63
```

- 2 -

F:\IRAND.M
Страница 1 из 1 2023-04-04 23:31:28

```
function [ Out ] = IRand( SZ01 , SZ02 , IMin , IMax )

Out = [ ];

%=========================================================%
% Generation The Matrix By Size SZ01 X SZ02 Of Integer    %
% Numbers In Range IMin ... IMax With Uniform             %
% Probabilistic Law Of The Distribution                   %
%=========================================================%

if not( IsPIN( SZ01 ) )
 return
end

if not( IsPIN( SZ02 ) )
 return
end

if not( IsIN( IMin ) )
 return
end

if not( IsIN( IMax ) )
 return
end

Out = floor .......
( IMin + ( IMax - IMin + 1 ) .* rand( SZ01 , SZ02 ) );

end

```

- 1 -

F:\ISFH.M
Страница 1 из 1 2023-04-04 23:31:44

```
 1  function [ Out ] = IsFH( In )
 2
 3  Out = false;
 4
 5  %=========================================================%
 6  % Is "In" Pointer To Real Existing Function ???           %
 7  %=========================================================%
 8
 9  if not( isa( In , 'function_handle' ) )
10   return
11  end
12
13  if exist( func2str( In ) ) > 0
14   Out = true;
15  end
16
17  end
18
```

- 1 -

F:\ISIN.M
Страница 1 из 1 2023-04-04 23:31:59

```
function [ Out ] = IsIN( In )

Out = false;

%============================================================%
% Is "In" Integer Number ???                                 %
%============================================================%

if isempty( In )
 return
end

if not( isnumeric( In ) )
 return
end

if not( isscalar( In ) )
 return
end

if isnan( In )
 return
end

if isinf( In )
 return
end

if not( isreal( In ) )
 return
end

if In ~= fix( In )
 return
end

Out = true;

end
```

- 1 -

F:\ISPIN.M
Страница 1 из 1 2023-04-04 23:32:09

```
 1  function [ Out ] = IsPIN( In )
 2
 3  Out = false;
 4
 5  %============================================================%
 6  % Is "In" Positive Integer Number ???                       %
 7  %============================================================%
 8
 9  if isempty( In )
10   return
11  end
12
13  if not( isnumeric( In ) )
14   return
15  end
16
17  if not( isscalar( In ) )
18   return
19  end
20
21  if isnan( In )
22   return
23  end
24
25  if isinf( In )
26   return
27  end
28
29  if not( isreal( In ) )
30   return
31  end
32
33  if In ~= fix( In )
34   return
35  end
36
37  if In < 1
38   return
39  end
40
41  Out = true;
42
43  end
```

- 1 -

F:\ISRV.M
Страница 1 из 1 2023-04-04 23:32:32

```
function [ Out ] = IsRV( In )

Out = false;

%============================================================%
% Is "In" A Real Vector ???                                  %
%============================================================%

if isempty( In )
 return
end

if not( isnumeric( In ) )
 return
end

if not( isreal( In ) )
 return
end

if not( isvector( In ) )
 return
end

if any( isnan( In ) )
 return
end

if any( isinf( In ) )
 return
end

Out = true;

end
```

- 1 -

Висновки

Розглянута неправомочність гіпотези про нормальне розподілення вихідних даних в екології.

На базі сучасних методів статистики запропонована уніфікована методика аналізу таких даних.

Методика максимально використовує метод непараметричного бутстрепа, що дозволяє за єдиною схемою визначати довірчі інтервали будь-яких статистик, виконувати складні екологічні розрахунки поза залежністю від статистичних законів розподілення вихідних даних.

Визначена реальна можливість імітації значного числа серій експериментів, що дозволило одержувати результати, близькі до реальної дійсності.

З метою реалізації відповідної методики розроблені пакети програмного забезпечення (на 4-х мовах програмування).

Нова парадигма, по-суті, не обмежується виключно використанням базових положень хемометрики, а може широко трактуватись як загальний метод обробки даних, що одержані при проведенні натурних експериментів в рамках інших наукових дисциплін.

Перелік посилань

1. Meier P.C., Zünd R.E. Statistical Methods in Analytical Chemistry. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. 2000. -448p.
2. Practical Guide to Chemometrics. Second Edition. Edited by P. Gemperline. Published CRC Press, 2006 – 520 p.
3. Тарасова В.В. Екологічна статистика. К.: Центр учбової літератури, 2008. – 392 с.
4. Miller J.N., Miller J.C. Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry. Sixth Edition. Prentice Hall, 2010. – 297 p.
5. Chernick M.R., Labudde R.A. An introduction to bootstrap methods with applications to R. John Wiley & Sons Inc. Hoboken, New Jersey, Canada, 2011. –236p.
6. Zieffler A.S., Harring J.R., Long J.D. Comparing groups : randomization and bootstrap methods using R. John Wiley & Sons Inc. Hoboken, New Jersey, Canada, 2011. – 331 p.
7. Артеменко В.А., Петрович В.В. Сучасні статистичні методи обробки екологічних даних. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, вип. 105. К. : Вид-во НТУ, 2019. –С. 35-43.

NEW CONCEPT OF CHEMOMETRICS

Artemenko Vladuslav A., ***UT5UDJ,*** Master of Ecology, Ukrainian Hydrometeorological Institute, State Service on Emergencies of Ukraine and National Academy of Science of Ukraine, Hydrochemical Research, Scientific Employee, e-mail: artemenko@uhmi.org.ua, tel. 380936011250, Nauki avenue, 37, Kyiv, Ukraine, 03028, room 34, https://orcid.org/0000-0003-0536-5415
Petrovych Volodymyr V., Candidate of Technical Sciences, Professor, Senior Researcher, Professor of the Transportation Construction and Property Management Department**,** National Transport University. e-mail: petrovichvv60@ukr.net, tel. +380442807338, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 138, https://orcid.org/0000-0003-0422-2535

Abstract. The parametric statistical methods of the research experimental data most often use presently in chemometrics.

If experimental data do not correspond to the normal probabilistic distribution that in this case it is impossible prodice adequate data processing.

At recently in chemometrics more often started to use the classical nonparametric methods. The classical nonparametric methods do not handle the raw datas probabilistic distribution.

But these methods when undertakind the real calculations don't care use that or other types of the distributions.

The classical nonparametric methods under its realization usually requare referencing to corresponding statistical tables.

Its own table is used for each such method. Chemometrics to presently presents itself many not bound between itself statistical methods of the investigations.

The huge defect of the classical methods of chemometrics (parametric and nonparametric) in absence of the united approach to processing the raw datas.

In this article is offered in fundamentally new approach to statistical investigations of the datas.

If use the method of nonparametric bootstrap that possible replace many unbound between itself methods of classical chemometrics whole one ore two universal methods.

And these universal methods have not what or essential defect.

With standpoint of the program realization this means presence one or two universal procedures for decision nearly all practical problems of chemometrics.

One of the primary tasks of nonparametric bootstrap as follows problem of the duplication of the sample is considered in article.

Herewith simulated that was organized not one series of experiment but well over (for example 1000 … 10000).

On example is shown use the method of nonparametric bootstrap with finding confidential interval for average and median for ecological time series.

On programming language MATLAB is brought code corresponding bootstrap procedure.

Keywords: chemometrics, new paradigm of chemometrics, nonparametric bootstrap, real chemometrics data, universal methods and procedures, MATLAB code.

Aim of the work. Aim of the work in development in fundamentally new paradigm of chemometrics where large number of methods of classical chemometrics is replaced by several universal methods (universal procedures).

Accordingly now statistical data processing is represented since unit (universal) position outside of dependencies from concrete solved problems and type of the statistical distribution of the raw datas.

References

1. Meier P.C., Zünd R.E. Statistical Methods in Analytical Chemistry. Second Edition. John Wiley & Sons, Inc. 2000. -448p.
2. Practical Guide to Chemometrics. Second Edition. Edited by P. Gemperline. Published CRC Press, 2006 – 520 p.
3. Tarasova V.V. Ekolohichna statystyka. K.: Tsentr uchbovoyi literatury, 2008. – 392 s.
4. Miller J.N., Miller J.C. Statistics and Chemometrics for Analytical Chemistry. Sixth Edition. Prentice Hall, 2010. – 297 p.
5. Chernick M.R., Labudde R.A. An introduction to bootstrap methods with applications to R. John Wiley & Sons Inc. Hoboken, New Jersey, Canada, 2011. –236p.
6. Zieffler A.S., Harring J.R., Long J.D. Comparing groups : randomization and bootstrap methods using R. John Wiley & Sons Inc. Hoboken, New Jersey, Canada, 2011. – 331 p.
7. Artemenko V.A., Petrovych V.V. Suchasni statystychni metody obrobky ekolohichnykh danykh. Avtomobil′ni dorohy i dorozhnye budivnytstvo, vyp. 105. K. : Vyd-vo NTU, 2019. –S. 35-43.

УДК 004.9
UDC 004.9

DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-133-140

МЕТОДИ УДОСКОНАЛЕННЯ ДИЗАЙНУ САЙТУ НТУ З ТОЧКИ ЗОРУ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОДАННЯ ІНФОРМАЦІЇ

METHODS OF IMPROVING THE DESIGN OF THE NTU WEBSITE FROM THE POINT OF VIEW OF THE EFFECTIVENESS OF INFORMATION PRESENTATION



Безверхий Олександр Ігорович, *доктор фізико-математичних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри інформаційних систем і технолоій, o_bezver@ukr.net,*

ORCID:0000-0002-0834-6335, Scopus ID:6603638908, 14067133500



Борецький Владислав Вікторович, *Національний транспортний університет, аспірант кафедри інформаційних систем і технолоій, vladlenius88@gmail.com.*

ORCID:0000-0001-5525-4604



Зубрецька Наталія Анатоліївна, *доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри інформаційних систем і технолоій, zubr2767@gmail.com, тел. +380677952038*

ORCID 0000-0003-0439-330X:, Scopus ID: 55027466900



Карманов Роман В'ячеславович, *Національний транспортний університет, аспірант кафедри інформаційних систем і технолоій, roma.karmanov.1990@gmail.com. тел. +380505441511.*

ORCID 0009-0008-1803-5697

Анотація В роботі розглянуто основні концепції дизайну сайтів – скевоморфізм, неоморфізм, скломорфізм, мініморфізм, проаналізовано їх основні переваги та недоліки. Досліджено особливості роботи вебсайтів на девайсах різного типу, розміру, рівня освітленості та середовища використання, розроблено прототип дизайну сайту НТУ на основі концепції скломорфних інтерфейсів з використанням програмного забезпечення Figma та Photoshop. На основі скломорфного концпету

реалізовано прототип універсального мультиплатформного інтерфейсу, проведено тестування ефективності ключових змін для широкої вибірки девайсів.
Ключові слова дизайн, скломорфізм, тестування, веб-сайт, інтерфейс, юзабіліті, адаптивність, айдентика.

Вступ Сайт має бути максимально зрозумілим і доступним, не створювати дискомфорту користувача при взаємодії з елементами, відображати корпоративні цінності та айдентику установи. При навігації та взаємодії із сайтом кількість кроків до бажаного продукту, послуги або інформації повинна бути мінімальною. Ієрархія елементів повинна бути чітко виражена, це дозволить ефективно акцентувати увагу на необхідній інформації на інтуїтивному рівні та запобігти втрати повноти контенту.

Мета роботи: аналіз, дослідження та вдосконалення дизайну сайту та інтерфейсів програмного забезпечення з точки зору ефективності надання інформації – розміщення елементів, кольорів, розмірів.

СТВОРЕННЯ СКЛОМОРФНОГО ІНТЕРФЕЙСУ ДЛЯ САЙТУ НТУ

1 Аналіз дизайну поточного сайту НТУ

Більшість сучасних напрямів морфізму інтерфейсу націлені лише на взаємодію з сенсорними екранами, що істотно обмежує вибірку девайсів, потенціал розвитку взаємодії та адаптивність. Враховуючи швидкість та тенденції розвитку технологій віртуальної та доповненої реальності, вже на сьогоднішній день помітно, що орієнтація морфізму лише на сенсорні дисплеї та монітори є «глухим кутом» у розвитку UI.

Серед усіх ідеологій сучасних розробників, Human Interface від корпорації Apple у стилістиці скломорфізму є найбільш перспективним і одночасно естетично привабливим та гармонійним для влучного переходу до девайсів нового покоління – гаджетів AR (augmented reality), та VR (virtual reality). Концепція Material Design від Google, хоч і балансує на межі мінімалізму та неоморфізму, отримуючи на виході доволі простий та стильний інтерфейс, проте буде вимушено підлягати повному переосмисленню або переробці при розробці інтерфейсів, що потребують двостороннього просвіту – контактних лінз, окулярів, лобового скла автомобіля, мотоцикла, гвинтокрила, літака, інтерфейсу віртуальної реальності.

І хоча ЖК дисплей має значно більше технічних візуальних можливостей створювати захоплюючий дизайн, ніж звичайне скло, що лише відображає оточуючий світ, проте такі девайси як шолом віртуальної реальності вже зараз відображає необхідність універсальності інтерфейсів та створення єдиної концепції мультиплатформного UI дизайну.

Для початку розглянемо перший (головний) екран мобільного та вебсайту НТУ – http://www.ntu.edu.ua./

Як бачимо, даний інтерфейс чітко відповідає мінімалістичній концепції дизайну, а саме:

- має обмежену кількість акцентних кольорів;
- елементи керування є простими геометричними фігурами, або безпосередньо гармонічно розташованими ключовими словами;
- має чітко виражений фокус уваги за рахунок відсутності відволікаючих елементів
- використовується лише суцільна заливка кольорів, тіні та градієнти відсутні

Незважаючи на те, що вебсайт відповідає усім нормам сучасного вебдизайну, його не можна вважати достатньо адаптивним для усіх дисплейних девайсів.

Головний екран є не тільки засобом першого враження для користувача, але й головним навігаційним вузлом у взаємодії з сайтом. Саме від головного екрану залежить подальша взаємодія та загальне враження користувача. Як результат, грамотно оформлений перший екран може значно підвищити конверсію сервісу, рівно й навпаки при необізнаному підході.

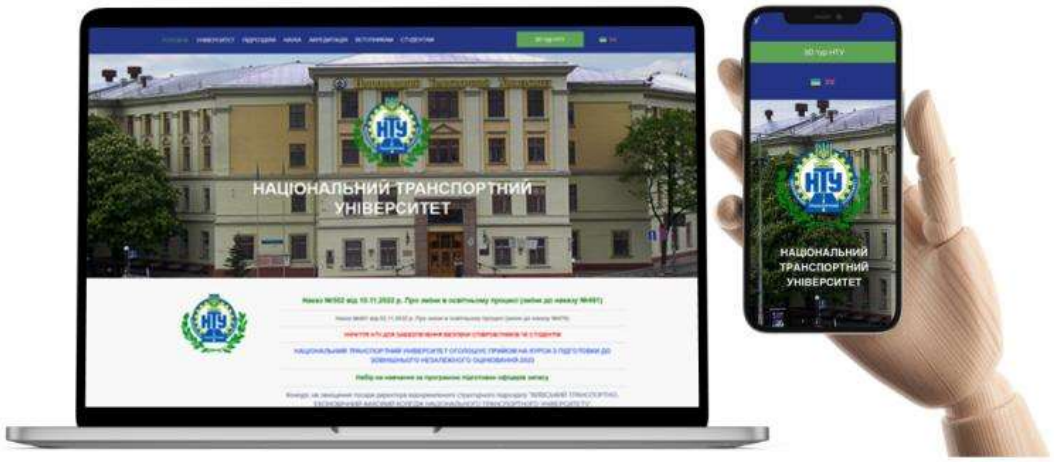


Рисунок 1 – Вихідний інтерфейс сайту НТУ для ПК та смартфону
Figure 1 – The initial interface of the NTU website for PC and smartphone

2 Редизайн головного екрану сайту НТУ

Виконавши редизайн, ми позбавимось від непрактичного білого фону, який не має функціонального впливу. В результаті кожне інформаційне посилання буде розподілено на окрему чітко виражену комірку з адаптивним скломорфним фоном – це дозволить одночасно підвищити чіткість розподілення інформації на екрані та покращити зовнішній вигляд. Даний підхід є аналогом стилю push-сповіщень операційної системи IOS, що не тільки є достатньо знайомим для сучасного користувача та створює вже знайому модель взаємодії з інформацією, а й довзоляє додати розділ «Новини» з другого екрану, без втрати читабельності та шкоди для зовнішнього вигляду.



Рисунок 2 – Редизайн головного екрану сайту НТУ
Figure 2 – Redesign of the main screen of the NTU website

Перевагою мініатюрних іконок у кожному блоці є чітке розуміння того, до якого розділу сайту відноситься контент. Такий підхід дозволяє економити місце на екрані без додавання зайвих очевидних назв.

Як бачимо, шапка сайту зазнала незначних, але впливових змін фонової прозорості, що дозволяє розмістити вже канонічний фон першого екрану на усю площу, при цьому не тільки не заважаючи жодному інформативному та функціональному елементу, а й створити органічний і гармонійний вигляд.

З цього етапу в подальшому процесі адаптації інтерфейсу сайту основною задачею є збереження еквівалентної повноти функціоналу та інформативності у девайсі будь якого типу – від дисплейного розумного годинника до прозорого лобового скла.

Важливим моментом при адаптації до дисплею, розміри якого менші розмірів екрану ноутбука, є перетворення пунктів меню у випадаючий список, що об'єднаний відповідною іконкою.



Рисунок 3 – Інтерфейс сайту НТУ у планшетному форматі та адаптація інтерфейсу для мобільного формату

Figure 3 – NTU site interface in tablet format and interface adaptation for mobile format

Ще одним важливим нюансом подібного стилю інтерфейсу є компоновка інформаційних блоків. На екранах ноутбуків і більших девайсів є достатньо місця для розміщення блоків у ширину. Проте на більш компактних девайсах доцільніше розміщувати контент у висоту, адже планшет має суттєво відмінну від ПК функцію повороту екрану. Ця особливість частково зводить формат розташування інтерфейсу до мобільного, проте все ще має достатньо місця, щоб розмістити блоки у декілька стовбців.

При адаптації інтерфейсу до мобільних девайсів слід розуміти, що інформація з великою кількістю тексту зможе розміщуватись лише в одному блоці по ширині відповідного екрану.

Якщо у випадку з планшетом ми маємо вибір щодо розміщення еквівалентної кількості блоків відносно висоти, то обмеженість розмірів довжини і ширини екрану смартфона потребує використання міри глибини екрану для збереження об'єму контенту.

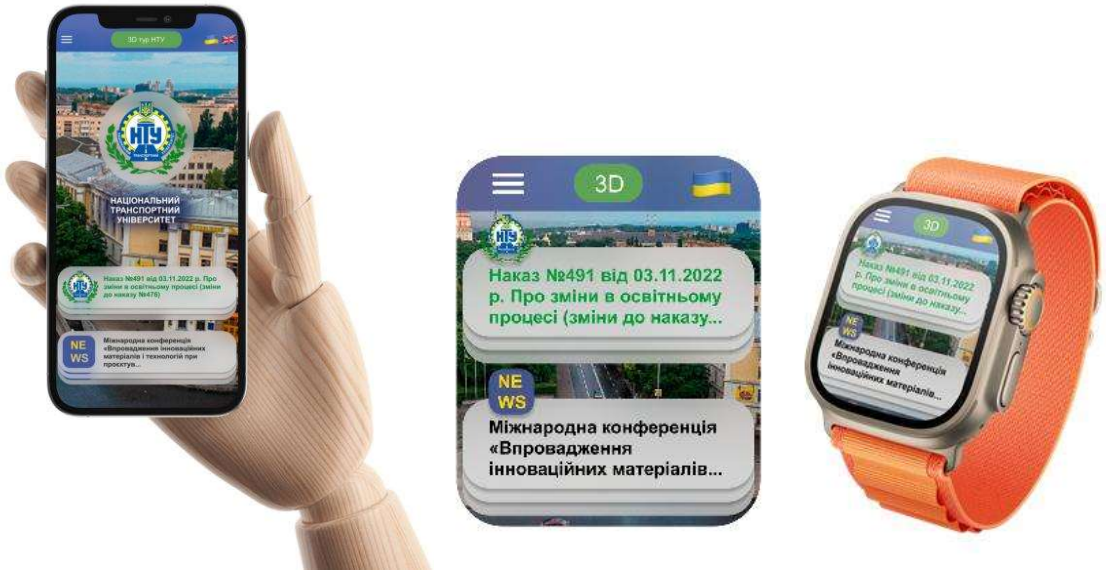


Рисунок 4 – Вигляд інтерфейсу у смартфоні та адаптація інтерфесу до малих девайсів
Figure 4 – View of the interface in a smartphone and adaptation of the interface to small devices

Цей прийом також є загальновідомим елементом інтерфейсу IOS від компанії Apple. За допомогою простого натисканння або натискання та зажиму користувач відкриває утворений випадаючий список блоків, які об'єднані спільною категорією. При такому накладанні варто додати ефект «падаючої тіні» для кожного з блоків, щоб уникнути розмиття меж між секціями, адже це є особливістю скломорфного інтерфесу.

Цей формат і розмір інтерфейсу на даний момент є допустимим лімітом читабельності, подальше зменшення без втрати інформативності або ключових елементів є неможливим.

3 Додаток сайту НТУ для скляних дисплеїв

Якщо ж розглядати екрани і скляні конструкції, що є більші за екран ПК або широкоформатного монітору, то варто пам'ятати що попри великий розмір людське око не здатне одночасно сприймати велику кількість візуальної інформації без втрати деталей. Тому, як правило, інтерфейси широкоформатних дисплеїв не мають суттєвих відмінностей у своєму зовнішньому вигляді в порівнянні з монітором ПК.

Проте, розглядаючи такі формати девайсів як лобове скло транспортного засобу, вікно будівлі чи шолом доповненої реальності, слід враховувати суттєву відмінність VR та AR форматів інтерфейсів – усі вони є динамічними та не є кінцевою площею глибини погляду людського зору. Більше того, ці інтерфейси є «проміжним шаром» взаємодії людини і оточуючого світу, тому необачне проектування інтерфейсу, що перешкоджає орієнтації в просторі, може призвести до трагічних випадків катастрофічних масштабів.

Саме цей ключовий аспект є головним аргументом на користь скломорфних та усіх напівпрозорих інтерфейсів, адже при правильному балансі розмитості та прозорості людина може одночасно сприймати інформацію від інтерфейсу та не втрачати орієнтацію у просторі.

Для інтерфейсу вікон будівель немає суттєвих відмінностей від звичайних «моніторних» форматів, адже він не потребує безпосередньої динаміки взаємодії. Основною вимогою є можливість безперешкодно насолоджуватись видом у вікні, тому доцільно розміщувати елементи подалі від центру робочої площі.



Рисунок 5 – Адаптація інтерфейсу для дзеркала або скла
Figure 5 – Interface adaptation for mirror or glass

Якщо скло або дзеркало матиме функцію сенсорного керування, доцільно розміщувати шапку меню на одному з боків та змінити положення пунктів з горизонтального у вертикальний. Це дасть можливість безперешкодно дотягнутись до будь-якого елементу. При розширенні функціоналу список меню можливо переміщувати по вертикалі за власним бажанням.

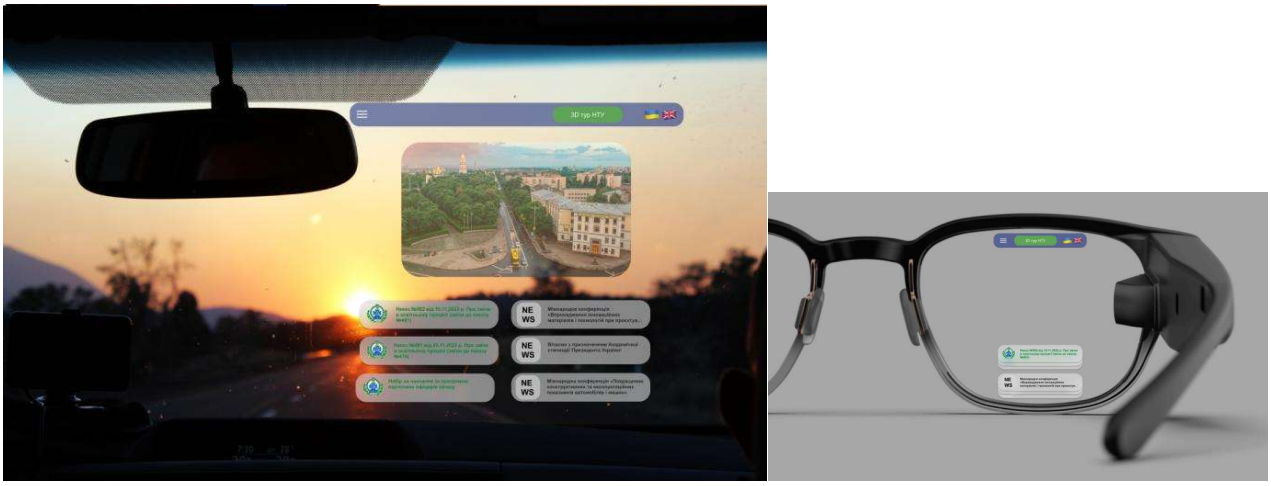


Рисунок 6 – Адаптація інтерфейсу НТУ для лобового скла автомобіля та для AR окулярів
Figure 6 – Adaptation of the NTU interface for the car windshield and for AR glasses

У випадку взаємодії користувача з сайтом НТУ за допомогою контактних лінз, окулярів доповненої реальності (AR) або шолому віртуальної реальності (VR) основним завданням стане необхідність зберегти якомога більшу площу поля зору людини незайнятою, адже подібні девайси вже мають більш суттєвий вплив на життя людини.

Для збереження балансу безпеки та інформативності необхідно обов'язково залишати центр зорової площі пустим, бажано також подбати про незаповненість нижньої секції скла, адже необхідність «дивитись під ноги» є характерною для більшості людей, у тому числі для тих, хто взагалі не носить лінз, або окулярів.

Висновки

Розглянуто найпопулярніші UI концепції дизайну сайтів від провідних IT компаній – скевоморфізм, неоморфізм, скломорфізм, мініморфізм і проаналізовано їх основні переваги та недоліки. У результаті дослідження особливостей роботи вебсайтів на девайсах різного типу, їх розміру, рівня освітленості та середовища використання розроблено прототип дизайну сайту НТУ на основі концепції скломорфних інтерфейсів з використанням програмного забезпечення Figma та Photoshop; Реалізовано прототип універсального мультиплатформного інтерфейсу на основі скломорфного концпету, проведено тестування ефективності ключових змін для широкої вибірки девайсів.

Перелік посилань

1. Creech, J. The User Experience And Psychology Of Colour / J. Creech, 2011. [Електронний ресурс] – Режим доступу : http://spyrestudios.com/the-user-experience-and-psychology-of-colour/
2. Greenier, S. Optimizing Emotional Engagement In Web Design Through Metrics / S. Greenier, 2011. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://uxdesign.smashingmagazine.com/2011/05/19/optimizing-emotionalengagement-in-web-design-through-metrics/
3. Kaushik, A. Digital Marketing and Measurement Model / A. Kaushik. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.kaushik.net/avinash/digital-marketing-and-measurement-model/
4. Leggett, D. A Brief History Of Eye Tracking / D. Leggett, 2010. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.uxbooth.com/blog/a-brief-history-of-eye-tracking/
5. Plutchik's wheel of emotions // From the free encyclopedia, 2011. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://en.wikipedia.org/wiki/
6. Travis, D. Persuasion Triggers in Web Design / D. Travis, 2010. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://uxdesign.smashingmagazine.com/2010/11/29/persuasion-triggers-inweb-design/
7. Вебдизайн: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / О. В. Пасічник, В. В. Пасічник ; за заг. ред. В. В. Пасічника ;— ISBN 978-966-2025-33-0
8. Charlotte Fiell, Peter Fiell. Contemporary Graphic Design. — Taschen Publishers, 2008. — 559 с. — ISBN 978-3-8228-5269-9.
9. Wiedemann, Julius & Taborda, Felipe. Latin-American Graphic Design. — Taschen Publishers, 2008. — 544 с. — ISBN 978-3-8228-4035-1.
10 Бородаев Д.В. Веб-сайт как объект графического дизайна: монография. Харьков: Септима ЛТД, 2006. 288 с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://nmetau.edu.ua/file/127.pdf
11. Михайло Опалєв, Ольга Вакуленко. Закономірності формування сучасного тренду веб-дизайну — «плаский» дизайн // ВІСНИК Львівської національної академії мистецтв.. Львів: Вид-во ЛНАМ, 2016. Вып. 30. С. 215-225. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://lnam.edu.ua/files/Academy/nauka/visnyk/pdf_visnyk/30/21.pdf

METHODS OF IMPROVING THE DESIGN OF THE NTU WEBSITE FROM THE POINT OF VIEW OF THE EFFECTIVENESS OF INFORMATION PRESENTATION

Bezverkhy Oleksandr I., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, National Transport University, Professor of the Department of Information Systems and Technologies, o_bezver@ukr.net, tel. +380676849131

https://orcid.org/0000-0002-0834-6335, Scopus ID: 6603638908, 14067133500
Boretskyi Vladyslav V., National Transport University, graduate student of the Department of Information Systems and Technologies, vladlenius88@gmail.com
https://orcid.org/0000-0001-5525-4604
Zubretska Nataliya A., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Professor of the Department of Information Systems and Technologies, zubr2767@gmail.com, tel. +380677952038. https://orcid.org/0000-0003-0439-330X:, Scopus ID: 55027466900
Karmanov Roman V., graduate student of the Department of Information Systems and Technologies, roma.karmanov.1990@gmail.com, tel. +380505441511.
https://orcid.org/0009-0008-1803-5697

Summary. The main concepts of website design - skeuomorphism, neomorphism, glassomorphism, minimorphism - are considered in the work and their main advantages and disadvantages are analyzed; The peculiarities of website operation on devices of different types, sizes, lighting levels and usage environments were analyzed; A prototype of the design of the NTU website based on the concept of glass-morphic interfaces was developed using Figma and Photoshop software, and a prototype of a universal multi-platform interface based on the glass-morphic concept was implemented, the effectiveness of key changes was tested for a wide range of devices.
Keywords design, glass morphism, designing, testing, website, interface, usability, adaptability, identity.

References

1. Creech, J. The User Experience And Psychology Of Colour / J. Creech, 2011. [Elektronnyy resurs] – Rezhym dostupu: http://spyrestudios.com/the-user-experience-and-psychology-of-colour/
2. Greenier, S. Optimizing Emotional Engagement In Web Design Through Metrics / S. Greenier, 2011. . [Elektronnyy resurs] – Rezhym dostupu: http://uxdesign.smashingmagazine.com/2011/05/19/optimizing-emotionalengagement-in-web-design-through-metrics/
3. Kaushik, A. Digital Marketing and Measurement Model / A. Kaushik. . [Elektronnyy resurs] – Rezhym dostupu: http://www.kaushik.net/avinash/digital-marketing-and-measurement-model/
4. Leggett, D. A Brief History Of Eye Tracking / D. Leggett, 2010. . [Elektronnyy resurs] – Rezhym dostupu: http://www.uxbooth.com/blog/a-brief-history-of-eye-tracking/
5. Plutchik's wheel of emotions // From the free encyclopedia, 2011. . [Elektronnyy resurs] – Rezhym dostupu: http://en.wikipedia.org/wiki/
6. Travis, D. Persuasion Triggers in Web Design / D. Travis, 2010. [Elektronnyy resurs] – Rezhym dostupu: http://uxdesign.smashingmagazine.com/2010/11/29/persuasion-triggers-inweb-design/
7. Vebdyzayn: pidruch. dlya stud. vyshch. navch. zakl. / O. V. Pasichnyk, V. V. Pasichnyk ; za zah. red. V. V. Pasichnyka; — ISBN 978-966-2025-33-0
8. Charlotte Fiell, Peter Fiell. Contemporary Graphic Design. — Taschen Publishers, 2008. — 559 c. — ISBN 978-3-8228-5269-9.
9. Wiedemann, Julius & Taborda, Felipe. Latin-American Graphic Design. — Taschen Publishers, 2008. — 544 c. — ISBN 978-3-8228-4035-1.
10 Borodayev D.V. Veb-sayt kak ob"yekt graficheskogo dizayna: monografiya. Khar'kov: Septima LTD, 2006. 288 s. [Yelektronniy resurs] – Rezhim dostupu: https://nmetau.edu.ua/file/127.pdf
11. Mykhaylo Opalyev, Ol′ha Vakulenko. Zakonomirnosti formuvannya suchasnoho trendu veb-dyzaynu — «plaskyy» dyzayn // VISNYK L′vivs′koyi natsional′noyi akademiyi mystetstv.. L′viv: Vyd-vo LNAM, 2016. Vyp. 30. S. 215-225. [Elektronnyy resurs] – Rezhym dostupu: https://lnam.edu.ua/files/Academy/nauka/visnyk/pdf_visnyk/30/21.pdf

УДК 625.7/.8:338 **DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-141-155**
UDC 625.7/.8:338

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТЕХНІКО - ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМ СТАНОМ АЕРОДРОМНОГО ПОКРИТТЯ

AIRFIELD PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEM OF TECHNICAL AND OPERATING FACILITY



Гамеляк Ігор Павлович, *доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри системного проєктування об'єктів транспортної інфраструктури, Київ, Україна, e-mail: gip65n@gmail.com., +380503524124,*

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



Дмитриченко Андрій Миколайович, *кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна, доцент кафедри транспортного права та логістики, e-mail: andrew_d@ukr.net, +380502816006,*

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

В статті виконано огляд APMS для розуміння його успішної реалізації. Після того, як аеродромне покриття аеропорту було відкрито для руху, належні роботи з технічного обслуговування та відновлення-реконструкції мають важливе значення для підтримки функціональності аеродромного покриття на задовільному рівні та продовження терміну його служби. Стратегії технічного обслуговування та відновлення-реконструкції були умовно засновані на емпіричних і суб'єктивних судженнях співробітників адміністрації аеропорту. Для цього був необхідний систематичний метод виконання робіт з технічного обслуговування та відновлення-реконструкції, тобто Система управління аеродромним покриттям аеропорту (APMS). Деякі підсистеми APMS були розроблені шляхом обміну ідеями, інформацією та ресурсами і вступають в практичне використання.

На основі різних досліджень аеродромного покриття аеропортів, таких як дослідження оцінки стану поверхні, структурні оцінки, прогнозування руйнувань та працездатності, а також стратегії технічного обслуговування та відновлення-реконструкції, були розроблені процедури проектування, оцінки та відновлення-реконструкції, які утворюють підсистеми повної APMS.

Підсистема технічного обслуговування та відновлення системи управління аеродромним покриттям аеропорту складається з трьох етапів: етап перевірки та технічного обслуговування, етап оцінки надійності та етап оптимізації відновлення.

Ключові слова: система управління аеродромним покриттям, аеродромне покриття, технічне обслуговування, проектування покриття, програмне забезпечення, показники стану покриття.

Вступ. У більшості країн світу для планування ремонтів автомобільних доріг застосовуються системи - PMS (Pavement Management Systems), зокрема найбільше поширення має система Світового банку HDM-IV (Highway Development and Management Model Four) [1 - 2].

В Україні в 2000-2001 роках на замовлення Укравтодору розроблена система управління станом покриття (СУСП), яка є аналогом HDM-IV [3 - 5]. Дана система функціонувала у відповідності до Наказів Державної служби автомобільних доріг України (Укравтодор) від 25.10.2006 р. № 490 «Про забезпечення функціонування та розвитку СУСП» від 12.03.2008 р. № 95 «Про забезпечення функціонування та розвитку системи управління станом покриттів, паспортизацію автомобільних доріг та проведення обліку руху транспортних засобів». По ряду об'єктивних та технічних причин система фактично не працює з 2018 року.

Також, у 2012 році розроблено Інформаційно-аналітичну систему управління дорожнім господарством, призначену для обґрунтування управлінських рішень з підтримки мережі автомобільних доріг на потрібному експлуатаційному рівні на основі обробки і відображення даних про поточний та прогнозований стан доріг і мостів, потреби в їх ремонтах і необхідних для їх здійснення витрат [5]. Подальшим розвитком СУСП є система управління станом доріг за показником рівня обслуговування в довгострокових контрактах з поточного дрібного ремонту та утримання доріг [6].

Система управління станом аеродромних покриттів в Україні не розвинута, що є стримуючим фактором розвитку таких систем як для окремих аеропортів так і для мережі аеропортів в цілому.

Постановка проблеми у загальному вигляді. В багатьох аеропортах світу діє система управління аеродромним покриттям аеропортів (Airport Pavement Management System - APMS), яка є корисним інструментом, що включає набір процедур збору, аналізу, обслуговування та звітності даних про аеродромне покриття, таким чином допомагаючи аеропортам знайти оптимальні економічно ефективні рішення для збереження своїх активів на покриттях. Стаття надає поглиблений огляд APMS з широкого огляду літератури з метою виявлення численних проблем в APMS, таких як компоненти, індекси стану аеродромного покриття, використання програмного забезпечення та комплексний процес впровадження. Методологія, прийнята для цього дослідження, є описовим підходом до вивчення різних посібників з аеродромного покриття аеропорту, журнальних статей та книжкових публікацій. Дослідження включає різні напрямки), такі як основні компоненти, підхід до вигод та витрат, управління на різних рівнях, використання програмного забезпечення, технічне обслуговування та політика відновлення-реконструкції (ремонту) упровадженні APMS. Крім того, дослідження вивчає показники ефективності аеродромного покриття, які є ключовими елементами для оцінки стану (road pavement conditions) аеродромного покриття. Крім того, програмні продукти APMS можуть зберігати історичну інформацію, аналізувати дані, розробляти моделі та формувати звіти для ремонтно-відновлювальних заходів спільно з бюджетом, включаючи оцінку майбутнього терміну служби аеродромного покриття. Дослідження узагальнює дані умов, необхідні для впровадження та функціонування APMS, а також інформацію, що генерується APMS. Огляд висвітлює переваги APMS у наданні експлуатантам та інженерам з експлуатації аеродрому набагато більш обґрунтованої позиції для прийняття рішень щодо прогнозування майбутніх вимог до технічного обслуговування аеродромного покриття для адекватного та своєчасного ремонту, реконструкції чи відновлення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми, визначає систему управління дорожнім покриттям аеропорту (APMS) як процес, що здійснюється для нагляду за аеродромним покриттям аеропорту. Вона пов'язана з технічно та економічно стійкими стратегіями управління для підтримки оптимальних сценаріїв відповідності існуючим нормативним актам за допомогою систематичних процедур підтримки прийняття рішень [7]. APMS широко використовується для виконання різних комплексних завдань для підтримки довгострокового обслуговування аеродромного покриття аеропорту. За результатами роботи APMS розписується

програма технічного обслуговування відповідно до рекомендацій, та розраховуються витрати на реабілітацію та ремонт [8]. Традиційно більшість державних органів влади приймають рішення щодо технічного обслуговування та відновлення-реконструкції на основі досвіду та відповідної інженерної практики для управління покриттями аеропортів [9].

Тим не менш, цей критично важливий актив значно розвинувся; таким чином, багато агентств аеропортів з 1985 року використовують Систему управління покриттям аеропорту (APMS) для управління цією інфраструктурою. М. Бротен та ін. 2004 [10] повідомили, що в США близько 84% державних авіаційних агентств використовували APMS. Введення в дію публічного Закону 103-305 (PUBLIC LAW 103-305—AUG. 23, 1994) в 1995 році різко загострило ситуацію. Відповідно до законодавства, агентство аеропорту повинно мати ефективну систему управління обслуговуванням аеродромного покриття, щоб отримати право на отримання федерального фінансування. Функція APMS полягає в розробці економічно ефективних стратегій і, таким чином, безпосередніх осіб, які приймають рішення, для функціонального обслуговування покриттів протягом певного періоду. APMS дотримується систематичної процедури визначення потреб і пріоритетів, планування та графіків технічного обслуговування, а також необхідного розподілу ресурсів. Це дозволяє отримати конкретні рекомендації щодо обслуговування мережі аеродромного покриття при прийнятному рівні обслуговування після аналізу зібраної інформації та оптимізації витрат [9]. APMS сприяє вдосконаленню можливостей управління на місцевому та на вищому рівні. Адміністрація аеропорту приймає рішення щодо програми технічного обслуговування та відновлення-реконструкції аеродромного покриття з подальшими поточними потребами або досвідом [8].

Система управління дорожнім покриттям - це інструмент, який не повинен бути заміною інженерного судження людини. Тим не менш, це може допомогти інженерам та органам аеропортів прийняти правильне рішення під час реалізації проекту [11]. Модель бюджетного проектування з використанням співвідношення показників вартості та стану технічного обслуговування може бути включена в систему управління дорожнім покриттям (PMS) для порівняльного аналізу обслуговування аеродромного покриття серед органів транспортної інфраструктури [12].

Мета статті - полягає у наданні вичерпного опису системи управління покриттям аеропорту, включаючи основні компоненти, переваги, витрати та процес впровадження. Визначення наявних показників стану аеродромного покриття, які використовуються для оцінки загального стану аеродромного покриття, використання програмних програм та додатків APMS. Дослідження надасть чітке розуміння процедур впровадження APMS зацікавленим агентствам з управління аеропортами щодо належного рівня технічного обслуговування наявних ресурсів, які будуть найбільш ефективно виконуватися на їх аеродромних покриттях.

Виклад основного матеріалу.

Система управління дорожнім та аеродромним покриттям (PMS) — це процес, що складається з різноманітних заходів, включаючи планування або програмування інвестицій, проектування, будівництво, збереження або технічне обслуговування та оцінку ефективності дорожньої мережі. Остання розробка методології управління збереженням і управління даними (наприклад, управління активами) призвела до розробки більш комплексних систем управління дорожнім покриттям, де всі вищезазначені дії пов’язані одна з одною на рівні мережі [13].

Метою PMS є підвищення ефективності прийняття рішень, розширення сфери його застосування, забезпечення зворотного зв’язку щодо наслідків рішень, сприяння координації діяльності всередині підприємства та забезпечення узгодженості рішень, прийнятих на різних рівнях управління в одній організації.

Системи управління дорожнім покриттям зручно описувати в термінах двох узагальнених рівнів використання, показаних таким чином:

1. Рівень управління мережею, який іноді називають програмним рівнем, на якому приймаються ключові адміністративні рішення, які впливають на програми для дорожніх мереж. Цей рівень зображено зліва на рис. 1.1.

2. Рівень управління проектами, де приймаються технічні рішення для конкретних проектів. Цей рівень зображено праворуч на рис. 1.2.

PMS може надати ряд переваг для дорожніх агентств як на рівні мережі, так і на рівні проекту. На мережевому рівні PMS надає інформацію, пов'язану з розробкою загальноорганізаційної програми нового будівництва, збереження чи відновлення, яка оптимізує використання наявних ресурсів.

PMS забезпечує порівняння переваг і витрат для кількох альтернативних програм зазначених вище, що дає змогу визначити бюджет або програму, які матимуть найменші загальні витрати або найбільшу вигоду протягом вибраного періоду аналізу. На рівні проекту PMS допомагає забезпечити детальний розгляд альтернативного проектування, будівництва, збереження або відновлення діяльності для конкретної ділянки дороги або проекту в рамках загальної програми. Шляхом порівняння вигод і витрат, пов'язаних з декількома альтернативними видами діяльності, визначається оптимальна стратегія, яка забезпечить бажані вигоди або рівень обслуговування за найменших витрат протягом періоду аналізу.

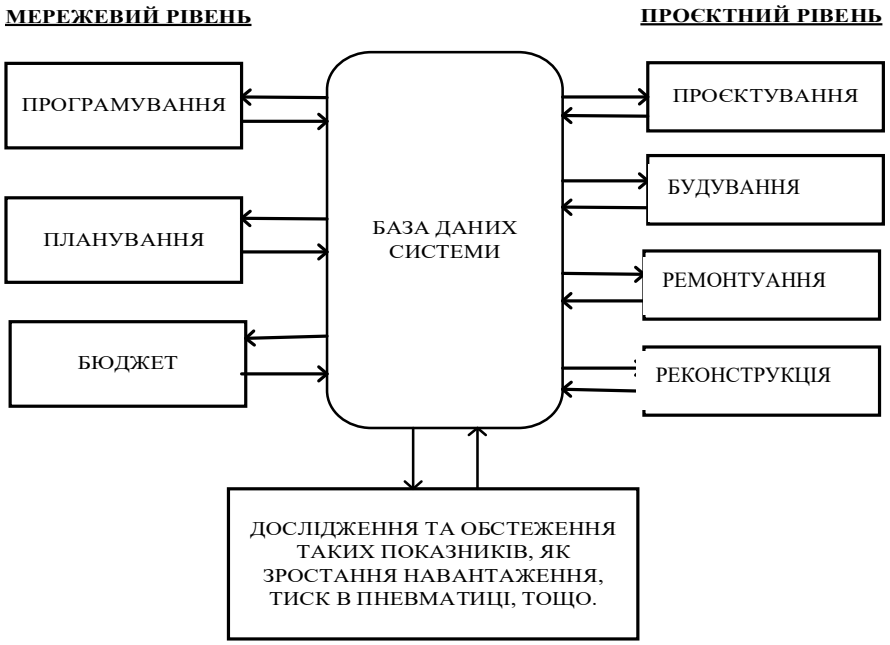


Рисунок 1.1 – Діяльність в системі управління дорожнім покриттям

Figure 1.1 – Activities of the Pavement Manegement System

На рисунку 1.2 показано взаємозв'язки між «проектуванням» та іншими типовими діями на рівні після того, як проект або ділянку дороги обрано для будівництва та розпочато проектування [13].

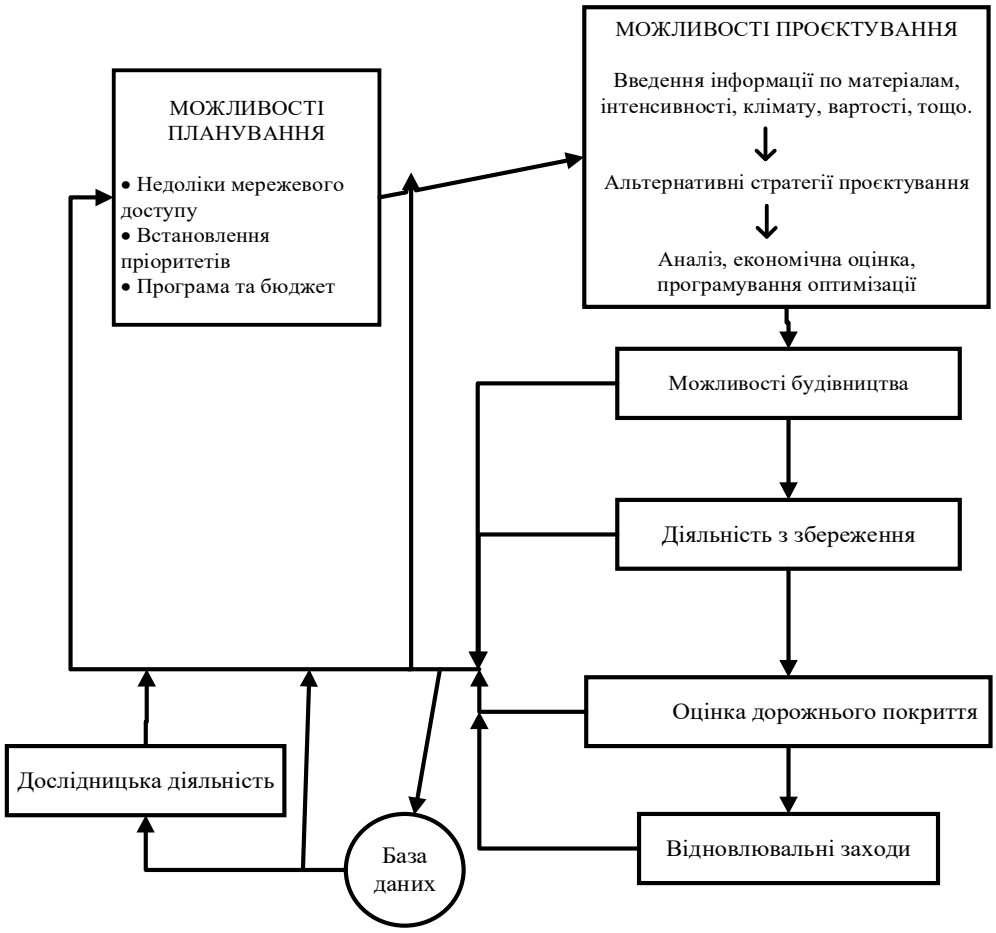


Рисунок 1.2 – Основні види діяльності в системі управління дорожнім покриттям

Figure 1.2 – Major Classes of Activities in a Pavement Management System

На рис. 1.3 показано, що «проєктування покриття» — це в першу чергу діяльність на рівні проекту, оскільки зазвичай вона не виконується, доки не буде виділено бюджет і встановлено програми.

APMS допомагає в управлінні аеропортами приймати економічно ефективні рішення, пов'язані з конкретними програмами ремонту та відновлення-реконструкції, налаштовуючи оптимальні терміни та розуміючи довгострокові наслідки цих рішень, інтегрованих у розподіл фінансування [2, 3]. Зокрема, умови аеродромного покриття неухильно поліпшуються з моменту впровадження APMS з виготовленням та накопиченням бази даних серед різних штатів США [4]. APMS має систематичну та документально підтверджену інженерну основу для визначення потреб відновлення-реконструкції, включаючи врахування майбутніх операційних потреб у проектах розширення аеропортів. В системі використовують вартість життєвого циклу та виявлення впливу на аеродромне покриття і документацію нинішніх та майбутніх станів. Крім того, можна визначити вимоги до бюджету та забезпечити оптимальні плани ремонту в рамках бюджету. Застосовуючи економічно ефективне рішення в належний час, стан аеродромного покриття покращується, і таке систематичне обстеження виключає дорогий капітальний ремонт чи реконструкцію і, таким чином, збільшує термін служби аеродромного покриття [13].

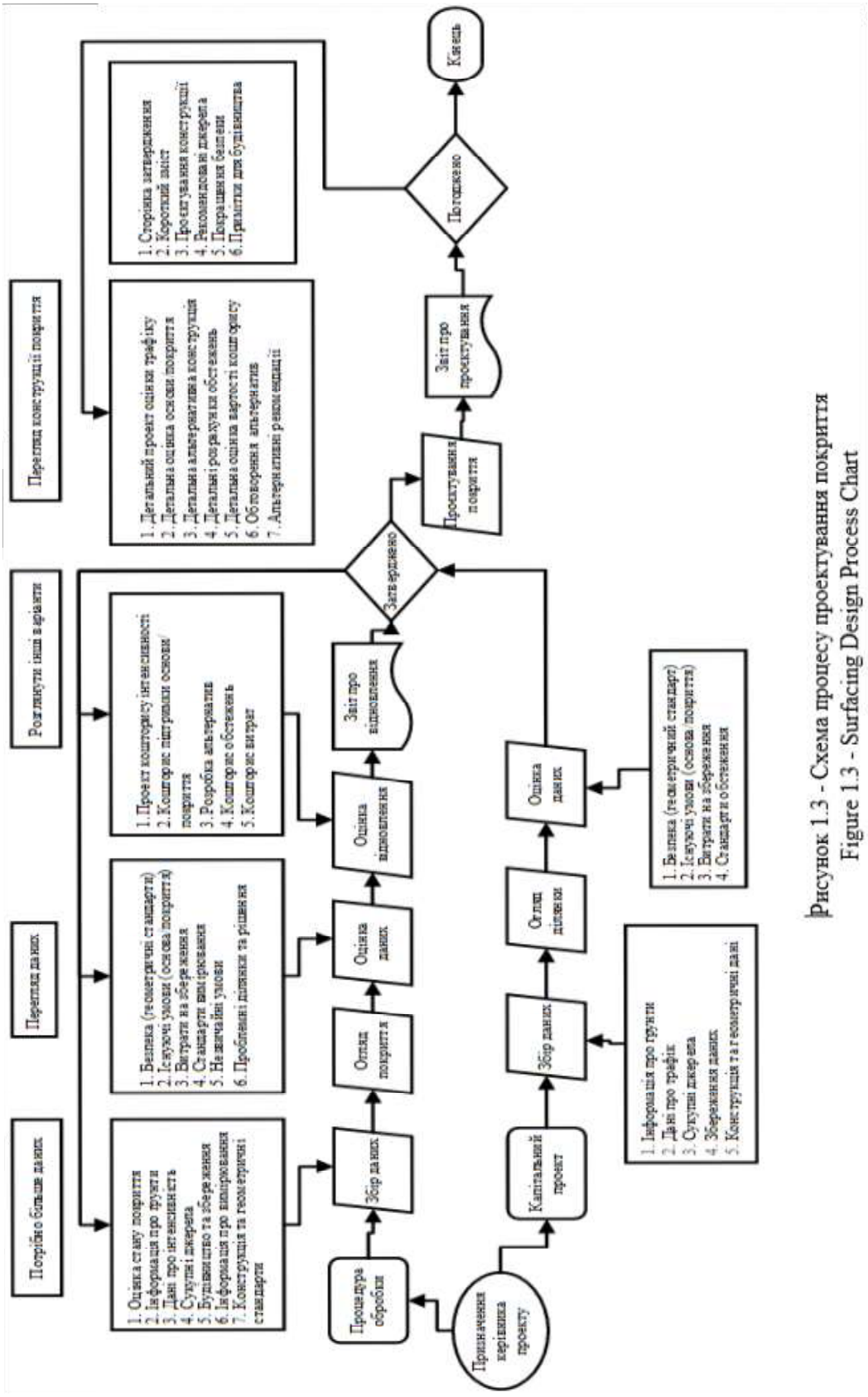


Рисунок 1.3 - Схема процесу проектування покриття
Figure 1.3 - Surfacing Design Process Chart

Витрати, необхідні для створення AMPS, пов'язані з установкою комп'ютерного обладнання та відповідного програмного забезпечення, включаючи експертні та трудові витрати. Після цього пов'язані з цим витрати - це інвентаризація та збір даних, аналіз цих зібраних даних, оцінка стану аеродромного покриття, запуск та створення бази даних. Деякі регулярні витрати на технічне обслуговування потрібні для оновлення бази даних для експлуатації та обслуговування APMS з ключовим персоналом. Крім того, забезпечення навчання як співробітників, так і підвищення кваліфікації для їх професійного розвитку також викликає додаткові витрати [8].

Аеропорти в основному розділені на дві основні зони, які є сухопутними та злітно-посадковими. Покриття аеродрому складаються з однієї або декількох злітно-посадкової смуги, руліжних доріжок та перонів, які розглядаються в зоні злітно-посадкового парку [14]. Заходи аеропортів з експлуатації та технічного обслуговування аеродромного покриття забезпечують вигоду та підтримуються даними, що містяться в APMS.

Щоб повною мірою скористатися перевагами APMS, інформація про стан аеродромного покриття повинна збиратися та постійно оновлюватися, щоб дані залишалися актуальними. Альтернативні стратегії відновлення-реконструкції повинні бути визначені разом з критеріями прийняття рішень та політикою підтримки, яка визначатиме, які ремонтні процедури використовуються. Крім того, APMS вимагає моделей для прогнозування продуктивності, вартості альтернативних стратегій та оптимізаційних процедур, які враховують весь життєвий цикл аеродромного покриття.

APMS для досягнення цих цілей включає такі особливості, як систематизований засіб збору та зберігання інформації щодо існуючої структури аеродромного одягу та стану аеродромного покриття, об'єктивну і повторювану систему оцінки стану аеродромного покриття, процедури прогнозування майбутнього стану аеродромного покриття, процедури моделювання як минулих, так і майбутніх умов експлуатації аеродромного покриття, процедури визначення бюджетних вимог для досягнення цілей управління, такі як бюджет ремонту, необхідний для підтримки аеродромного покриття на визначеному рівні індексу стану аеродромного покриття (PCI), або бюджет ремонту, необхідний для підвищення до цільового рівня PCI, процедури формування та визначення пріоритетів проектів ремонту.

Більш детальніше до складових APMS відносяться:

1. База даних. Є кілька елементів, критично важливих для встановлення відповідного стану аеродромного покриття, рішення про інвентаризацію аеродромного покриття; конструкцію аеродромного одягу; історія ремонтів, включаючи витрати; відомості про стан аеродромного покриття; і дані про трафік. Ці дані можуть зберігатися в базі даних APMS.
2. Інвентаризація аеродромного одягу. Розташування всіх злітно-посадкових смуг, руліжних доріжок та перонів; габарити; тип аеродромного покриття; рік будівництва та останні капітальні відновлення-реконструкції; а також чи були використані кошти на будівництво, реконструкцію або ремонт аеродромного покриття.
3. Конструкція аеродромного одягу. Знання того, коли спочатку було побудовано аеродромне покриття, структурний склад (матеріал і товщина), а також подальші витрати, ремонти тощо, є ключовим для аналізу проблем і проектування рішень. Записи повинні надавати цю інформацію. Якщо вони відсутні може виникнути необхідність проведення неруйнівного або руйнівного контролю для визначення товщини та складу існуючих шарів аеродромного покриття. Додаткова інформація щодо конструктивного навантаження аеродромного покриття, що несе, наприклад, номер класифікації аеродромного покриття (PCN), може бути корисною.
4. Історія ремонтів. Історія всіх виконаних ремонтів та його вартості, інформацію про ефективність різних процедур ремонту на покриттях. Аеропорт також повинен відстежувати та документувати рутинні заходи з технічного обслуговування, включаючи типи та тяжкість проблем, тип робіт, кількість та вартість виконаних робіт, щоб допомогти визначити ефективність різних стратегій технічного обслуговування та відновлення-реконструкції в рамках APMS.

5. Дані про стан аеродромного покриття. Фундаментальною складовою будь-якої APMS є можливість відстеження стану аеродромного покриття. Для цього потрібен процес оцінки, який є об'єктивним, систематичним і повторюваним. Система оцінки стану аеродромного покриття, така як рейтингова система PCI (стандартний метод випробувань для встановлення індексу стану аеродромного покриття аеропорту) надає оцінку стану поверхні аеродромного покриття з виявленням конструктивних характеристик. Регулярний збір даних про стан аеродромного покриття має важливе значення для відстеження показників аеродромного покриття, моделювання аеродромного покриття та визначення того, коли планувати ремонти. Зміни умов аеродромного покриття, як це задокументовано в планових оглядах аеродромного одягу, можуть вимагати необхідності більш детального обстеження PCI, оскільки структурний стан аеродромного покриття не може бути визначений виключно з візуального обстеження.

6. Дані про трафік. Дані про поточні та майбутні експлуатаційні потреби, включаючи злітно – посадкові операції та тип повітряного судна що діють на аеродромне покриття, є корисними при аналізі ймовірних причин погіршення та при оцінці альтернативних процедур ремонту.

7. Прогнозування поточного та майбутнього стану аеродромного покриття. Система APMS має бути здатною прогнозувати поточний і майбутній стан аеродромного покриття. Прогнози стану необхідні для розробки оптимальних, довгострокових планів ремонту. На погіршення аеродромного покриття впливає багато факторів, включаючи навколишнє середовище, стан поверхні, стан конструкції, здійснення транспортних операцій тощо. Загальний стан аеродромного покриття не може бути визначений виключно за результатами перевірок аеродромного покриття.

8. Визначення оптимальних ремонтних планів для заданого бюджету. APMS повинна бути здатною створити оптимальний план ремонту, який визначає, де і коли потрібні ремонти і приблизно скільки це буде коштувати. Ці дані допоможуть визначити пріоритети, які відповідають заздалегідь визначеним бюджетам ремонтів.

9. Визначення бюджетних вимог для задоволення цілей управління. APMS повинна бути здатною визначати бюджетні вимоги для досягнення визначених цілей управління. Типові цілі управління включають підтримку аеродромного покриття вище визначеного стану або усунення основних вимог ремонтів протягом певної кількості років.

10.Сприяння формулюванню та розстановці пріоритетів проектів ремонтів. На додаток до розробки оптимальних планів ремонту на мережевому рівні, APMS має сприяти розробці та плануванню проектів ремонту. Інженерне рішення, однак, залишається ключовим компонентом у перетворенні оптимальних планів ремонту в практичні виконувані проекти.

Ефективне управління системою аеродромного одягу вимагає прийняття рішень на двох рівнях: мережевому та проектному. Програмне забезпечення APMS (версія 3.0) може використовуватися для допомоги у прийнятті рішень щодо утримання, ремонту чи реконструкції покриття.

В управлінні мережевим рівнем відповідають на питання про короткострокові та довгострокові бюджетні потреби, загальний стан мережі (поточний та майбутній), а також заходи, які необхідно розглянути на проектному рівні. Оцінка рівня мережі може бути використана для оптимізації фінансування та визначення пріоритетів методів ремонту, щоб приймати рішення щодо управління всією мережею аеродромного покриття. Наприклад, візуальне обстеження, може включати всі типи покриття і всі аеродромні одяги в системі аеропортів при використанні програмного забезпечення APMS на мережевому рівні. На додаток до надання автоматизованого інструменту для зберігання інформації про конкретні покриття, програмне забезпечення APMS включає в себе можливість створювати стандартні та індивідуальні звіти, визначені користувачем. Ці звіти можуть допомогти користувачеві прийняти рішення щодо планування перевірок покриттів, які потребують відновлення-реконструкції, прогнозування бюджету, проектів поточного технічного обслуговування, поточного стану аеродромного покриття та прогнозів майбутнього стану.

Прогнозування стану використовується як основа для розробки графіків обстеження та виявлення покриттів, які потребують технічного обслуговування або відновлення-реконструкції. Після того, як будуть визначені покриття, що потребують майбутніх робіт, може бути розроблений бюджет на поточний рік або кілька років у майбутньому. Використовуючи схему визначення пріоритетів управління аеропортом, політику технічного обслуговування та витрати на ремонт, а потім порівнюючи бюджет із фактичними коштами, наявними на поточний рік, програмне забезпечення створює список потенційних проектів.

В управлінні на рівні проекту приймаються рішення про найбільш економічно вигідні альтернативи ремонту для аеродромних покриттів, виявлених при аналізі мережі. Однак фактори можуть змінити оптимальну стратегію ремонту між часом останнього APMS і фактичною розробкою проекту. На цьому рівні кожне зазначене аеродромне покриття повинно мати новий детальний стан обстеження. Проект, як правило, складається з декількох секцій аеродромного покриття і може включати різні способи ремонту для різних секцій. Вимірювання шорсткості і щеплення можуть бути корисними для розробки проекту. Неруйнівні або руйнівні випробування можуть знадобитися для визначення вантажопідйомності дорожньої конструкції.

При використання програмного забезпечення APMS на проєктному рівні. Програмне забезпечення APMS може використовувати ряд інженерних вимірювань для кількісної оцінки стану аеродромного покриття. Дані неруйнівних випробувань, вимірювання коефіцієнта зчеплення, вимірювання шорсткості та інформація про дренаж можуть бути внесені до бази даних APMS. Ця інформація використовується для виявлення можливих альтернатив, здатних виправити існуючі недоліки. Різні виявлені альтернативи, включаючи відсутність дій, потім порівнюються на основі вартості життєвого циклу. Результати, у поєднанні з бюджетними ресурсами та обмеженнями, дають програму технічного обслуговування та ремонту поточного року.

Вимірювання шорсткості може бути корисним, коли є причини, як правило, у вигляді частих скарг пілотів. Вимірювання шорсткості має більшу цінність, коли аеродромне покриття знаходиться в дуже хорошому стані практично без руйнувань. Воно має меншу цінність, якщо реконструкція неминуча.

Вимірювання рівності та шорсткості повинні проводитися на періодичній основі для вимірювання IRI та коефіцієнта зчеплення аеродромного покриття злітно-посадкової смуги внаслідок накопичення забруднень, головним чином гумових, на поверхні аеродромного покриття; і механічно-зносно-полірувальна дія від перекочування або гальмування авіаційних шин по дорожньому покриттю.

Існує безліч звітів, які можна розробити за допомогою даних APMS. Програмне забезпечення APMS може допомогти в процесі прийняття рішень, дозволяючи користувачеві запускати стандартні та індивідуальні звіти. Програмне забезпечення APMS дозволяє користувачеві налаштовувати звіти так, щоб вони включали лише стан покриття або задавати умови, що мають інтерес для інженерів та управлінців, а також створювати різні сценарії бюджету/стану. Зазвичай звіти включають наступне:

- Інвентаризаційний звіт. Цей звіт містить список усіх покриттів у мережі та інформація, така як тип поверхні, локація, площа та функція аеродромного покриття, тобто злітно-посадкова смуга, рульова доріжка, перон.
- Звіт про планування інспекції. Цей звіт дозволяє користувачеві планувати перевірки виходячи з мінімально допустимих рівнів стану і темпів погіршення. APMS повинна мати щорічні детальні перевірки та включати положення про менш комплексні щоденні, щотижневі та щомісячні перевірки. Аеропорти, зобов'язані виконувати детальну перевірку покриттів аеродромів не рідше одного разу на рік для APMS. Якщо виконується індекс стану аеродромного покриття (PCI) при стандартному методі випробувань для обстежень індексу стану аеродромного покриття аеропорту, частота детальних перевірок обстежень PCI може бути продовжена до трьох років. Перевірки APMS є доповненням до звичайних перевірок ремонтів для виконання.

Для оцінки стану покриття в Японії використовують індекс реконструкції покриття (Pavement Rehabilitation Index (PRI)), що визначається за формулою [26]:

$$PRI = 10 – 0{,}450 \cdot CR – 0{,}0511 \cdot RD – 0{,}655 \cdot SV,$$

де, CR – розповсюдження тріщин, %; RD – глибина колії, мм; SV - нерівність, мм.

- Звіт про стан аеродромного покриття. Цей звіт надає користувачеві таблицю стану аеродромного покриття на поточний і майбутній роки. У звіті наводиться стан окремих ділянок аеродромного покриття та загальний стан мережі. Прогнозований стан використовується для допомоги в плануванні майбутніх потреб у технічному обслуговуванні та ремонті, а також для інформування керівництва про поточні та майбутні умови.
- Звіт про бюджетне планування. Цей звіт дозволяє користувачеві проектувати необхідні бюджети до мережі аеродромного покриття заданого користувачем рівня якісного стану. По кожному обраному дорожньому покриттю звіт містить прогноз на рік, в якому буде досягнуто мінімального стану або PCI і розраховує вартість ремонту. Звіт про планування бюджету повинен включати як поточні заходи з технічного обслуговування, заходи зі збереження аеродромного покриття, так і основні заходи з відновлення-реконструкції на певний період планування.
- Звіт про технічне обслуговування мережі. У цьому звіті використовується стратегія обслуговування аеропорту, яка зберігається в базі даних і надає вирішення проблем, виявлених в останньому визначенні PCI.
- Звіт з економічного аналізу. Цей звіт може допомогти користувачеві вибрати найбільш економічно вигідну альтернативу для ремонту аеродромного покриття. Для кожної можливої альтернативи користувач повинен ввести початкові витрати, періодичні витрати на технічне обслуговування (наприклад, щорічну герметизацію тріщин), майбутні витрати на технічне обслуговування (наприклад, обробку поверхні відновлювальними складами), процентні ставки та ставки дисконтування. Програма виконує аналіз вартості життєвого циклу та надає користувачеві засіб порівняння ефективності різних альтернатив ремонту. Програма дозволяє користувачеві змінювати процентні ставки, витрати на ремонт і терміни, щоб їх вплив на альтернативи можна було проаналізувати.
- Інші звіти. Виходячи з місцевих потреб та умов, інші звіти можуть бути корисні.

При розробці APMS аеропорти можуть використовувати будь-який з декількох існуючих варіантів програмного забезпечення. Програмне забезпечення APMS дозволяє зберігати історію стану аеродромного покриття, дані неруйнівного контролю, а також історію будівництва та технічного обслуговування, включаючи дані про вартість. Програмне забезпечення APMS надає багато можливостей, включаючи оцінку поточного стану, прогнозування майбутнього стану, виявлення потреб ремонту, планування інспекцій, економічний аналіз та бюджетне планування. Програмне забезпечення APMS може бути адаптоване до кожного аеропорту на основі минулих характеристик та альтернатив.

1. PAVER™.

PAVER™ - це додаток APMS, розроблений Лабораторією інженерних досліджень будівництва армії США, спонсором якої є FAA. Розробка та оновлення TM PAVER підтримується FAA, Федеральним управлінням автомобільних доріг, Армією США, США AIR Force, і ВМС США для задоволення поточних потреб користувачів. TM PAVER надає можливості з управління дорожнім покриттям для розробки та організації інвентаризації аеродромного покриття, оцінки поточного стану аеродромного одягу, розробленні моделі прогнозування майбутнього стану, переведенні на минулі та майбутні показники аеродромного покриття, розробленні варіантів для ремонту на основі вимог бюджету або умов планування проектів.

2. FAA PAVEAIR.

FAA PAVEAIR - це веб-APMS аеропорту, що використовує концепцію, спочатку розроблену в PAVER™, яка надає користувачам історичну та поточну інформацію про будівництво, технічне обслуговування та управління покриттям аеропорту. Програма пропонує користувачам інструмент планування, здатний моделювати деградацію поверхні аеродромного покриття аеропорту через зовнішні ефекти, такі як інтенсивність руху та навколишнє середовище.

3. Інше програмне забезпечення APMS.

Різні фірми розробили подібне програмне забезпечення, використовуючи концепцію, спочатку розроблену в PAVER ^{TM} , яка надає послуги з оцінки аеродромного покриття та управління ним. Будь-яке програмне забезпечення, яке відповідає мінімальним вимогам до APMS є застосованим.

Система моніторингу (періодичного візуального огляду та інструментального обстеження) реакції аеродромного покриття на рух повітряних суден потребує розгляду та оцінки багатьох фізичних властивостей (об'єктивні характеристики) та/або показники експлуатаційного стану (суб'єктивні характеристики) у часі [16]. однак, економічні, технічні та логістичні проблеми обмежують їх кількість. З цією метою прийнята APMS використовувала деякі високопродуктивні вимірювальних пристроїв, щоб мінімізувати кількість транспортних засобів і персоналу в обстеженнях виявлення для раціонального періоду. Посібник з аеропортових послуг ICAO [17] надає ці пристрої та допускає візуальні дослідження для виявлення поверхневих руйнувань. Рекомендованими параметри покриття є такі:

- несна спроможність за класифікаційним числом повітряного судна (ACN) і класифікаційним числом покриття (PCN) [18] отримується з вимірювання чаші прогину установкою з падаючим вантажем (FWD або HWD) [16, 19];
- рівність поздовжньої поверхні дорожнього одягу за Міжнародним індексом нерівності (IRI) [20], відхиленням при вимірюванні рухомою лінійкою (RSE) [21, 22] чи нерівності за 3 – х метровою рейкою;
- поперечна рівність дорожнього покриття з точки зору колійності (RUT), отримана за допомогою багатофункціонального транспортного засобу для дослідження покриття [23];
- опір ковзанню, виміряний згідно з [17], консультативним циркуляром FAA AC/150-5320-12C [24] та циркуляром Управління цивільної авіації Італії [25];
- пошкодження покриття за індексом стану покриття (PCI) [14, 26].

У таблиці 1 наведено рекомендовану частоту перевірок покриттів у аеропорту: функціональний стан слід перевіряти кожні 36–48 місяців, а несучу здатність – кожні 60 місяців.

Для кожного параметра, переліченого в таблиці 1, необхідне визначення допустимих значень параметрів, для різних ділянок аеродромного покриття.

Необхідне створення каталогу дефектів та руйнувань аеродромного покриття з визначенням ступеня їх розвитку.

Таблиця 1 - Періодичність огляду та випробування аеродромного покриття
Table 1 - Periodicity of inspection and testing of the airfield pavement

Покриття	Частота перевірок покриттів (роки)			
	Рельєф і перевірка макротекстури ETD	Поздовжня та поперечна рівномірність RU, RUT, RSE	Показник стану покриття PCI	Несна спроможність PCN
ЗПС	3	3	3	5
Рульова доріжка	-	4	3	5

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших досліджень у даному напрямі. Це дослідження має на меті надати огляд APMS для глибоких знань та розуміння його успішної реалізації. Система управління аеродромним покриттям (PMS) є корисним інструментом, що включає систематичну процедуру збору, аналізу, обслуговування та звітності про умови аеродромного покриття і, таким чином, допомагає аеропортам знайти оптимальні економічно ефективні ремонти для їхньої мережі аеродромного покриття. Важливими компонентами APMS є компіляція баз даних, історія будівництва та ремонту, вбудовані записи для аналізу рішень, хронологічна історія технічного

обслуговування аеродромного покриття та історія відновлення, поточні дані про майбутній трафік. Комп'ютеризована програмна програма є невід'ємною частиною цієї системи для обчислення точного аналізу та надання пропозицій щодо стратегій ремонту. Прогнозуючи швидкість погіршення, можна провести аналіз вартості життєвого циклу для різних альтернатив, щоб визначити оптимальний час для застосування найкращої альтернативи ремонту та уникнути більш високих витрат на ремонт у майбутньому. APMS не може дати остаточного рішення; а лише передає сценарії альтернатив і вказує на можливі наслідки, щоб зацікавлена експертиза могла застосувати відповідні, економічно-ефективні рішення для своєчасного впровадження.

Різні показники стану аеродромного покриття використовуються для оцінки стану аеродромного покриття та встановлення пріоритетного рейтингу ремонтних заходів. PCI є найбільш прийнятим індексом, який використовує візуальний огляд для оцінки стану в США та багатьох інших країнах.

Міжнародний індекс шорсткості (IRI) широко застосовується Федеральною системою моніторингу продуктивності автомобільних доріг у США. Різні аеропорти переходять в бік APMS від традиційної системи технічного обслуговування. Потрібні додаткові дослідження та розробки в управлінні покриттям аеропорту, оскільки існує недостатньо інформації щодо APMS про різні аеропорти у всьому світі.

Дослідження забезпечило всебічний збір інформації, необхідної для впровадження APMS. Отже, експлуатанти аеропортів знаходяться в набагато більш поінформованому становищі для прогнозування майбутніх вимог до технічного обслуговування аеродромного покриття для належного підтримання відповідних умов аеродрому. Огляд виявив, що на відміну від PMS для доріг, література про APMS для аеропортів по всьому світу досить обмежена, а також дуже мало публікацій, що стосуються моделювання погіршення стану аеродромного покриття аеродрому (моделі деградації) в APMS.

Відсутність системи управління станом аеродромного покриття не дозволяє раціонально здійснювати планування ремонтів як окремих аеродромів, так і їх системи в межах держави з метою оптимального використання фінансових ресурсів, встановлення можливості приймання ПС, в тому числі і в умовах воєнного стану. Тому назріла необхідність розроблення та впровадження такої системи для умов України.

Перелік посилань

1. HDM-4 Technical User Guide. Part C: Analysis Tools. C-3 [Електронний ресурс] // Strategy Analysis, 1998. – 17 p.p. - Режим доступу: http://www.asphaltwa.com/ wapa_web/ modules/08_evaluation/08_management.htm#pms.

2. Fourth Highway Development and Management Model (HDM-4) road use costs model documentation (English). Washington, D.C.: World Bank Group. http://documents.worldbank.org/curated/en/793271468171847482/Fourth-Highway-Development-and-Management-Model-HDM-4-road-use-costs-model-documentation

3. Кизима С.С., Канін О.П., Лихоступ М.М., Андрєєв С.І. Загальна характеристика української системи управління станом нежорстких дорожніх одягів. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво : науково-технічний збірник. Київ, 2001. Вип. 62. С. 76-80.

4. Кизима С.С., Лихоступ М.М. Рекомендації по використанню СУСП для планування ремонтних робіт. Київ : Укравтодор. 2002. 18 с.

5. Канін О. П., Соколова Н.М., Харченко А.М., Інформаційно-аналітична система управління дорожнім господарством на основі веб-технології // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. - 2016. - Вип. 95. - С. 129-142. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/adidb_2016_95_15.

6. Харченко А.М., Канін О.П., Соколова Н.М. Система управління станом доріг за показником рівня обслуговування в довгострокових контрактах з поточного дрібного ремонту та утримання доріг// Управління проектами, системний аналіз і логістика. Технічна серія, 2013. С. 195-207.

7. P. Di Mascio, L. Moretti, Implementation of a pavement management system for maintenance and rehabilitation of airport surfaces, Case Studies Constr. Mater. 11 (2019) e00251.

8. M. Qabaja, A. Labeedi, An investigation of the airport pavement management system (APMS), Inter. J. Adv. Eng. Sci. App. 1 (1) (2020) 27-33.

9. S. L. Tighe, M. Covalt, Implementation of an airport pavement management system, Transp. Res. Circular (E-C127) (2008).

10. M. Broten, C. Comer, A. Muntasir, State airport pavement management practices and the impact on pavement condition, 6th International Conference on Managing Pavements, Queensland, Australia, 2004.

11. M. M. Rahman, Alternatives to PCI and MicroPAVER based maintenance solutions for airport pavements, (Master thesis), University of New Mexico, NM, USA, 2013 https://digitalrepository.unm.edu/ce_etds/73.

12. G. Chai, R. Bartlett, G. Kelly, L. Yang, L., E. Oh, Model for Benchmarking Pavement Maintenance Budget for Sustainable Road Transport Infrastructure, Geotechnical Special Publication, Geo-China, Shandong, China, 2016, pp. 180-187.

13. AASHTO Design of Pavement Structures, 1993.

14. Federal Aviation Administration, Airport Pavement Management Program (PMP). Advisory Circular 150/5380-7B. FAA, Washington, USA, 2014.

15. Yoshitaka HACHIYA, Takashi WATANABE and Kentaro KITAOCHI Quantification of changes in surface conditions of airport pavements in Japan // Service Center of Port Engineering (SCOPE), JAPAN. http://ssms.jp/img/files/2019/04/sms10_104.pdf.

16. S. G. de Oliveira, A. Tibaut, G. Dell'Acqua, Airport Pavement Management Systems: An Open BIM Approach, International Symposium on Asphalt Pavement & Environment, Padua, Italy, 2019, pp. 450-459.

17. Гамеляк І.П., Дмитриченко А.М., Райковський В.Ф. Удосконалення методики оцінювання стану аеродромного покриття. X Всесвітній конгрес "Авіація у XXI столітті" – "Безпека в авіації та космічні технології". Національний авіаційний університет. Київ. 28-30 вересня 2022 р. С. 9.1.15 – 9.1.20. https://conference.nau.edu.ua/index.php/Congress/ Congress2022/paper/viewFile/8663/71

18. ICAO, Airport Services Manual Part 2 Pavement Surface Conditions, International Civil Aviation Organization, Montreal, QC, Canada, 2002.

19. Federal Aviation Administration, AC 150/5335-5C, Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength—PCN, Federal Aviation Administration, Washington, WA, USA, 2014.

20. Dynatest FWD/HWD Test Systems; Owners Manual; Dynatest: Søborg, Denmark, 2014.

21. ASTM E1926-08, Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads From Longitudinal Profile Measurements, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2008.

22. ICAO, Annex 14, Volume I Aerodromes, International Civil Aviation Organization, Montreal, QC, Canada, 2013.

23. ASTM E1703/M-95, Standard Test Method for Measuring Rut-depth of Pavement Surfaces Using a Straightedge, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2005.

24. M. Barbarella, F. D'Amico, M.R. De Blasiis, A. Di Benedetto, M. Fiani, Use of terrestrial laser scanner for rigid airport pavement management, Sensors 18 (2018). 44 p.

25. Federal Aviation Administration, AC 150/5320-12C— Measurement, Construction, and Maintenance of Skid-Resistant Airport Pavement Surfaces, Federal Aviation Administration, Washington, DC, USA, 2016.

26. Italian Civil Aviation Authority. Criteri per la valutazione delle condizioni superficiali di una pista; APT 10 30/10/14.

AIRFIELD PAVEMENT MANAGEMENT SYSTEM OF TECHNICAL AND OPERATING FACILITY

Gameliak Igor P., Doctor of Engineering Sciences, professor, Head of department «Airports», National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: gip65n@gmail.com, +380503524124, https://orcid.org/0000-0001-9246-7561.

Dmytrychenko Andij M., Candidate of Engineering Sciences, associate professor of department transport law and logistic, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: andrew_d@ukr.net, +380502816006, https://orcid.org/0000-0001-6144-7533.

Abstract. The article explores an overview of APMS to understand its successful implementation. Once an airport pavement has been opened to traffic, proper maintenance and rehabilitation work is essential to maintain the pavement's functionality at a satisfactory level and extend its service life. Maintenance and restoration-reconstruction strategies were tentatively based on the empirical and subjective judgments of airport administration employees. This required a systematic method of performing maintenance and restoration-reconstruction works, i.e. the Airport Pavement Management System (APMS). Some APMS subsystems have been developed through the exchange of ideas, information and resources and are entering practical use.

Based on various airport pavement studies, such as surface condition assessment studies, structural evaluations, failure and serviceability predictions, and maintenance and rehabilitation strategies, design, assessment and rehabilitation procedures have been developed that form the subsystems of the complete APMS.

The maintenance and recovery subsystem of the airport pavement management system consists of three phases: the inspection and maintenance phase, the reliability evaluation phase, and the recovery optimization phase.

Key words: airport pavement management system, airport pavements, maintenance, construction design, software, indicators of surface condition.

References

1. HDM-4 Technical User Guide. Part C: Analysis Tools. C-3 [Elektronnyi resurs] // Strategy Analysis, 1998. – 17 p.p. - Rezhym dostupu: http://www.asphaltwa.com/ wapa_web/ modules/08_evaluation/08_management.htm#pms.

2. Fourth Highway Development and Management Model (HDM-4) road use costs model documentation (English). Washington, D.C.: World Bank Group. http://documents.worldbank.org/curated/en/793271468171847482/Fourth-Highway-Development-and-Management-Model-HDM-4-road-use-costs-model-documentation

3. Kyzyma S.S., Kanin O.P., Lykhostup M.M., Andrieiev S.I. Zahalna kharakterystyka ukrainskoi systemy upravlinnia stanom nezhorstkykh dorozhnikh odiahiv. Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo : naukovo-tekhnichnyi zbirnyk. Kyiv, 2001. Vyp. 62. S. 76-80.

4. Kyzyma S.S., Lykhostup M.M. Rekomendatsii po vykorystanniu SUSP dlia planuvannia remontnykh robit. Kyiv : Ukravtodor. 2002. 18 s.

5. Kanin O. P., Sokolova N.M., Kharchenko A.M., Informatsiino-analitychna systema upravlinnia dorozhnim hospodarstvom na osnovi veb-tekhnolohii // Avtomobilni dorohy i dorozhnie budivnytstvo. - 2016. - Vyp. 95. - S. 129-142. - Rezhym dostupu: http://nbuv.gov.ua/UJRN/adidb_2016_95_15.

6. Kharchenko A.M., Kanin O.P., Sokolova N.M. Systema upravlinnia stanom dorih za pokaznykom rivnia obsluhovuvannia v dovhostrokovykh kontraktakh z potochnoho dribnoho remontu ta utrymannia dorih// Upravlinnia proektamy, systemnyi analiz i lohistyka. Tekhnichna seriia, 2013. C. 195-207.

7. P. Di Mascio, L. Moretti, Implementation of a pavement management system for maintenance and rehabilitation of airport surfaces, Case Studies Constr. Mater. 11 (2019) e00251.

8. M. Qabaja, A. Labeedi, An investigation of the airport pavement management system (APMS), Inter. J. Adv. Eng. Sci. App. 1 (1) (2020) 27-33.

9. S. L. Tighe, M. Covalt, Implementation of an airport pavement management system, Transp. Res. Circular (E-C127) (2008).

10. M. Broten, C. Comer, A. Muntasir, State airport pavement management practices and the impact on pavement condition, 6th International Conference on Managing Pavements, Queensland, Australia, 2004.

11. M. M. Rahman, Alternatives to PCI and MicroPAVER based maintenance solutions for airport pavements, (Master thesis), University of New Mexico, NM, USA, 2013 https://digitalrepository.unm.edu/ce_etds/73.

12. G. Chai, R. Bartlett, G. Kelly, L. Yang, L., E. Oh, Model for Benchmarking Pavement Maintenance Budget for Sustainable Road Transport Infrastructure, Geotechnical Special Publication, Geo-China, Shandong, China, 2016, pp. 180-187.

13. AASHTO Design of Pavement Structures, 1993.

14. Federal Aviation Administration, Airport Pavement Management Program (PMP). Advisory Circular 150/5380-7B. FAA, Washington, USA, 2014.

15. Yoshitaka HACHIYA, Takashi WATANABE and Kentaro KITAOCHI Quantification of changes in surface conditions of airport pavements in Japan // Service Center of Port Engineering (SCOPE), JAPAN. http://ssms.jp/img/files/2019/04/sms10_104.pdf.

16. S. G. de Oliveira, A. Tibaut, G. Dell'Acqua, Airport Pavement Management Systems: An Open BIM Approach, International Symposium on Asphalt Pavement & Environment, Padua, Italy, 2019, pp. 450-459.

17. Gameliak I.P., Dmytrychenko A.M., Raikovskyi V.F. Udoskonalennia metodyky otsiniuvannia stanu aerodromnoho pokryttia. X Vsesvitnii konhres "Aviatsiia u XXI stolitti" – "Bezpeka v aviatsii ta kosmichni tekhnolohii". Natsionalnyi aviatsiinyi universytet. Kyiv. 28-30 veresnia 2022 r. S. 9.1.15 – 9.1.20. https://conference.nau.edu.ua/index.php/Congress/ Congress2022/paper/viewFile/8663/71

18. ICAO, Airport Services Manual Part 2 Pavement Surface Conditions, International Civil Aviation Organization, Montreal, QC, Canada, 2002.

19. Federal Aviation Administration, AC 150/5335-5C, Standardized Method of Reporting Airport Pavement Strength—PCN, Federal Aviation Administration, Washington, WA, USA, 2014.

20. Dynatest FWD/HWD Test Systems; Owners Manual; Dynatest: Søborg, Denmark, 2014.

21. ASTM E1926-08, Standard Practice for Computing International Roughness Index of Roads From Longitudinal Profile Measurements, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2008.

22. ICAO, Annex 14, Volume I Aerodromes, International Civil Aviation Organization, Montreal, QC, Canada, 2013.

23. ASTM E1703/M-95, Standard Test Method for Measuring Rut-depth of Pavement Surfaces Using a Straightedge, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2005.

24. M. Barbarella, F. D'Amico, M.R. De Blasiis, A. Di Benedetto, M. Fiani, Use of terrestrial laser scanner for rigid airport pavement management, Sensors 18 (2018). 44 r.

25. Federal Aviation Administration, AC 150/5320-12C— Measurement, Construction, and Maintenance of Skid-Resistant Airport Pavement Surfaces, Federal Aviation Administration, Washington, DC, USA, 2016.

26. Italian Civil Aviation Authority. Criteri per la valutazione delle condizioni superficiali di una pista; APT 10 30/10/14.

УДК 656 **DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-156-163**
UDC 656

ПЕРЕБУДОВА ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ УКРАЇНИ У СФЕРІ ЛОГІСТИКИ ТА ТРАНСПОРТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

THE RECONSTRUCTION OF UKRAINE'S TRANSPORT INFRASTRUCTURE IN THE FIELD OF LOGISTICS AND TRANSPORT TECHNOLOGIES



Довбій Валентина Юріївна, *аспірант, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: dovbij0056@gmail.com, тел. +380501776523*

https://orcid.org/0009-0002-7856-3287



Мнишенко Роман Васильович, *аспірант, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: Romanmnyshenko@gmail.com, тел. +380509882025*

https://orcid.org/0009-0000-1885-4723

Анотація. Ця стаття розглядає важливість перебудови транспортної інфраструктури України для розвитку логістики та транспортних технологій. Розвиток і вдосконалення інфраструктури є критичним для забезпечення ефективності та конкурентоспроможності країни.

У статті розглядаються ключові складові перебудови транспортної інфраструктури, зокрема розвиток залізничної, морської, річкової та авіаційної інфраструктури, впровадження інформаційних технологій та розбудова автомобільних доріг і логістичних центрів. Висвітлюється, як ці заходи сприяють поліпшенню ефективності перевезень, зв'язків між регіонами та зниженню витрат.

Відзначається що успішна перебудова транспортної інфраструктури потребує спільних зусиль різних зацікавлених сторін, таких як держава, приватний сектор, академічне середовище та суспільство. При цьому важливо враховувати соціальний аспект і задовольняти потреби громади, забезпечувати екологічну стійкість та збереження природних ресурсів.

У висновку статті підкреслюється, що успіх перебудови транспортної інфраструктури України є важливим стратегічним пріоритетом для розвитку країни. Це відкриває можливості для покращення перевезень.

Ключові слова: розвиток транспортної інфраструктури України, логістика, транспортні технології, ефективність, конкурентоспроможність, зв'язки між регіонами, економічний розвиток, інформаційні технології, відстеження вантажів, оптимізація маршрутів, співпраця з міжнародними партнерами, екологічна стійкість, фінансові вкладення, ефективне управління, координація, екологічно чисті технології, стале розвиток, співпраця, інновації, якість життя.

Вступ

Розвиток транспортної інфраструктури України відіграє ключову роль у забезпеченні ефективності та конкурентоспроможності логістичних і транспортних технологій у країні. Поліпшення зв'язків між регіонами, швидке і зручне доставлення товарів і послуг, а також розвиток економіки - все це можливо завдяки розвитку транспортної інфраструктури.

Нині транспортна інфраструктура України потребує розвитку. Недосконала інфраструктура обмежує потенціал логістичних і транспортних технологій у країні. Однак розвиток інфраструктури сприяє поліпшенню зв'язків між регіонами і є невід'ємним фактором розвитку економіки. Це відкриває нові можливості для бізнесу та торгівлі.

Мета і методи. Метою даної статті є дослідження і аналіз розвитку транспортної інфраструктури України та її впливу на ефективність і конкурентоспроможність логістичних і транспортних технологій у країні. При цьому ставиться завдання визначити ключові фактори успішної перебудови інфраструктури, включаючи розвиток інформаційних технологій, забезпечення екологічної стійкості, ефективного управління та співпраці між зацікавленими сторонами.

У даній статті використовується аналітичний підхід для дослідження розвитку транспортної інфраструктури України. Шляхом аналізу наявних даних, статистики, наукових досліджень та експертних оцінок, проводиться оцінка поточного стану інфраструктури та ідентифікація проблемних сфер. Для підтримки висновків і рекомендацій використовується логічне мислення і системний підхід. Крім того, стаття базується на оновленій інформації та даних з авторитетних джерел і наукових досліджень.

Застосування цих методів дозволяє здійснити комплексний аналіз розвитку транспортної інфраструктури України та зробити висновки щодо його впливу на логістичні та транспортні технології.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Розвиток транспортної інфраструктури України є нагальним завданням, оскільки недосконала інфраструктура обмежує потенціал логістичних і транспортних технологій у країні. На сьогоднішній день існують ряд проблем, що потребують уваги та вирішення.

Перш за все, необхідно звернути увагу на стан транспортних мереж, зокрема дорожньої інфраструктури. Багато доріг потребують реконструкції та ремонту, а також покращення безпеки на дорогах. Інвестиції у модернізацію і розширення дорожньої мережі дозволять забезпечити якісний рух транспорту, зменшити затори і покращити комфорт для водіїв та пасажирів.

Далі, розвиток залізничної, морської і повітряної транспортної системи є ключовим для ефективного перевезення товарів та пасажирів. Важливо здійснювати модернізацію і розширення залізничних ліній, будувати сучасні порти та аеропорти, а також впроваджувати нові технології та підходи для оптимізації перевезень. Це сприятиме залученню більшого обсягу транспортних потоків, забезпечить швидке і ефективне переміщення товарів, а також сприятиме розвитку зовнішньої торгівлі та залученню іноземних інвестицій.

Крім того, важливим аспектом розвитку транспортної інфраструктури є впровадження інформаційних технологій та цифрових рішень. Застосування систем моніторингу та керування транспортними потоками, електронних систем оплати та квитків, а також використання інших цифрових інструментів, таких як штучний інтелект і блокчейн, допоможе підвищити ефективність управління транспортними системами. Це сприятиме зменшенню затрат на логістику, покращенню точності та швидкості доставки, а також поліпшенню контролю за рухом транспортних засобів. Наприклад, використання систем GPS та моніторингу допоможе оптимізувати маршрути, уникати заторів та скоротити час доставки.

Ще один детальний приклад, як використання систем GPS та моніторингу може сприяти оптимізації логістичних процесів та покращенню часу доставки.

Уявімо ситуацію, коли логістична компанія займається доставкою товарів до різних регіонів України. За допомогою системи GPS і моніторингу, компанія може отримувати реальний часовий звіт про місцезнаходження своїх вантажівок, а також докладну інформацію про стан доріг, дорожні роботи, затори та інші фактори, що можуть впливати на швидкість руху.

Припустимо, що під час однієї з доставок вантажівка натрапила на несподіваний затор через аварію на дорозі. Завдяки системі GPS та моніторингу, водій може швидко повідомити логістичну компанію про цю ситуацію. Компанія, в свою чергу, може вжити негайних заходів, наприклад, скорегувати маршрут і надати альтернативні вказівки водію, щоб він міг обійти затор та продовжити шлях. Це дозволяє зекономити час, уникнути затримок і забезпечити своєчасну доставку товарів до місця призначення.

Крім того, система моніторингу може також служити для контролю швидкості руху водіїв. Логістична компанія може встановити обмеження швидкості для своїх вантажівок і отримувати сповіщення про будь-яке перевищення цього обмеження. Це не лише сприяє безпеці на дорозі, але й допомагає зменшити споживання палива та витрати на технічне обслуговування, оскільки водії будуть керувати вантажівками з дотриманням оптимальної швидкості. Крім того, компанія може аналізувати дані про швидкість руху вантажівок і використовувати цю інформацію для вдосконалення маршрутів та розкладу доставки, що забезпечить ефективніше використання ресурсів та зниження витрат.

Прикладно, якщо логістична компанія має низку вантажівок, що доставляють товари до різних міст, вона може використовувати дані GPS та моніторингу для аналізу часу, потрібного на кожен етап доставки. Це дозволяє визначити оптимальні маршрути, зменшити кількість зайвих кілометрів та збільшити продуктивність доставки. Наприклад, компанія може знайти найкоротший шлях до пункту призначення, уникнувши непотрібних зупинок або об'їздів. Це забезпечить не лише економію часу, але й зниження витрат на паливо та зношення транспортних засобів.

Загалом, використання систем GPS та моніторингу є лише одним з багатьох способів, які допомагають оптимізувати логістичні процеси та забезпечувати швидку та ефективну доставку товарів. Ці технології сприяють усуненню проблемних ситуацій на дорозі, покращують точність прогнозування часу доставки і сприяють зниженню витрат. В результаті, логістичні компанії можуть підвищити свою конкурентоспроможність, задовольняючи потреби клієнтів у швидкій та надійній доставці товарів.

Паралельно з розвитком фізичної транспортної інфраструктури, необхідно також зосередитися на розвитку логістичної інфраструктури. Створення модерних перевантажувальних терміналів, логістичних центрів та складських просторів дозволить забезпечити ефективну обробку та розподіл товарів. Це особливо важливо в умовах зростаючого обсягу електронної торгівлі та змінюючихся споживчих звичок.

Нарешті, успішний розвиток транспортної інфраструктури потребує публічно-приватного партнерства та ефективного управління. Співробітництво між урядом, бізнесом та громадськістю є важливим для залучення інвестицій, розробки стратегічних проектів і забезпечення сталого розвитку. Транспортна інфраструктура повинна відповідати потребам економіки та суспільства, а тому широка участь різних стейкхолдерів у прийнятті рішень є важливим фактором успіху.

Залізнична інфраструктура відіграє важливу роль у логістиці та транспортних технологіях. Розширення та модернізація залізничної інфраструктури дадуть змогу підвищити швидкість і потужність перевезень, знизити витрати на логістику та сприяти розвитку залізничного транспорту в Україні. Наприклад, впровадження високошвидкісних поїздів та оновлення рейкової мережі зроблять залізничні перевезення ефективнішими та привабливішими для бізнесу та пасажирів.

Застосування нових інформаційних технологій у логістичних системах має величезний потенціал. Відстеження вантажів, оптимізація маршрутів і використання даних із супутників - все це допомагає поліпшити ефективність і надійність перевезень. Впровадження таких технологій дасть змогу точніше контролювати і відстежувати переміщення вантажів, оптимізувати маршрути з урахуванням дорожньої ситуації та економити час і ресурси. Це також підвищить надійність і якість послуг у логістиці, знизить ризики втрати і пошкодження вантажів, а також поліпшить комунікацію між різними учасниками логістичного ланцюжка.

Застосування новітніх інформаційних технологій в логістиці перетворює спосіб, яким відбуваються перевезення та керуються логістичні процеси. Розглянемо кілька конкретних прикладів, які демонструють потенціал інформаційних технологій у вдосконаленні логістичних систем.

Одним із ключових аспектів є відстеження вантажів. За допомогою сучасних систем відстеження, логістичні компанії можуть точно моніторити місцезнаходження вантажу протягом усього шляху від відправника до отримувача. Це забезпечує більшу прозорість та контроль над доставкою, дозволяючи вчасно реагувати на будь-які зміни або непередбачені обставини, такі як затримки або втрати вантажу. Клієнти, у свою чергу, можуть бути повідомлені про статус своїх вантажів у режимі реального часу, що підвищує їх довіру до логістичного провайдера та дозволяє планувати свої операції більш ефективно.

Ще одним важливим аспектом є оптимізація маршрутів за допомогою інформаційних технологій. За допомогою географічних і маршрутних систем, логістичні компанії можуть враховувати різноманітні фактори, такі як дорожня ситуація, пробки, погодні умови та час, щоб побудувати найоптимальніший маршрут доставки. Це дозволяє знизити час перевезення, економити паливо та ресурси, а також покращити загальну продуктивність логістичної системи. Наприклад, системи маршрутизації можуть автоматично визначити оптимальний маршрут на основі актуальних даних про дорожню ситуацію, враховуючи найшвидший та найбезпечніший шлях до пункту призначення. Таким чином, логістичні компанії можуть уникати заторів, об'їздів та зайвих витрат часу, що сприяє більш ефективній доставці товарів.

Крім того, інформаційні технології дозволяють збирати, аналізувати та використовувати великі обсяги даних, що допомагає удосконалювати логістичні процеси. Наприклад, шляхом збору та аналізу даних про обсяги перевезень, популярні маршрути, час доставки та інші фактори, логістичні компанії можуть отримувати цінні інсайти для планування ресурсів, встановлення оптимальних запасів та вдосконалення процесів прийняття рішень.

До того ж, інформаційні технології покращують комунікацію та співпрацю між різними учасниками логістичного ланцюжка. Завдяки електронним системам обміну даними, платформам спільного доступу та хмарним технологіям, інформація може бути легко та швидко передана між виробниками, постачальниками, логістичними провайдерами та клієнтами. Це сприяє більшій взаємодії, спільному плануванню та координації, що в свою чергу покращує ефективність та швидкість обробки замовлень, скорочує час доставки та покращує задоволеність клієнтів.

У підсумку, застосування інформаційних технологій у логістиці приводить до значних переваг. Вони дозволяють точніше контролювати та відстежувати переміщення вантажів, оптимізувати маршрути з урахуванням різних факторів і економити час та ресурси. Інформаційні технології також сприяють покращенню надійності та якості послуг у логістиці.

Одним з важливих аспектів використання інформаційних технологій у логістиці є впровадження системи управління складськими запасами (Warehouse Management System, WMS). WMS дозволяє логістичним компаніям ефективно керувати процесами зберігання, переміщення та відстеження товарів на складах. Завдяки автоматизації інвентаризації, ідентифікації товарів за допомогою штрих-кодів або RFID-міток, а також використанню розумних систем складського управління, WMS допомагає знизити помилки та покращити точність підрахунку запасів. Це веде до оптимізації управління запасами, зменшення витрат на зберігання, підвищення швидкості відгуків на замовлення та покращення обслуговування клієнтів.

Крім того, електронна комерція та використання електронних платіжних систем в логістиці також спираються на інформаційні технології. Завдяки розвитку електронної комерції, логістичні компанії можуть забезпечити ефективну обробку замовлень, спрощений процес оплати та швидку доставку товарів. Використання електронних платіжних систем дозволяє здійснювати безпечні та швидкі транзакції, уникати необхідності використовувати готівку та зменшувати ризик втрати грошей. Інтеграція електронних платіжних систем у логістичні процеси сприяє автоматизації фінансових транзакцій, спрощує облік і звітність, а також забезпечує більшу прозорість і безпеку в операціях. Крім того, це дозволяє зменшити час, пов'язаний з обробкою платежів, та покращити обслуговування клієнтів шляхом прискорення процесу оплати та зниження ймовірності помилок.

Ще одним прикладом використання інформаційних технологій у логістиці є системи управління транспортними ресурсами (Transportation Management Systems, TMS). TMS дозволяє оптимізувати управління транспортними процесами, включаючи планування маршрутів, вибір перевізників, надання інформації про транспортні засоби та відстеження вантажів. За допомогою TMS, логістичні компанії можуть знижувати витрати на транспортування, покращувати використання транспортних ресурсів, зменшувати час доставки та підвищувати задоволеність клієнтів. Крім того, TMS дозволяє забезпечити ефективний обмін даними між різними сторонами логістичного ланцюжка, такими як виробники, постачальники, перевізники та клієнти, що сприяє поліпшенню комунікації та співпраці.

Морські та річкові порти відіграють важливу роль у міжнародній торгівлі та логістиці. Підтримка та розвиток портової інфраструктури, включно з модернізацією та збільшенням потужностей, є необхідним кроком для підвищення конкурентоспроможності України на світовому ринку. Розвиток портів дасть змогу поліпшити доступність і привабливість України для міжнародних торговельних маршрутів, полегшить імпорт і експорт товарів, а також залучення іноземних інвестицій у країну.

Розвиток авіаційної інфраструктури також має велике значення для логістики і транспортних технологій. Модернізація аеропортів, розширення маршрутної мережі та підвищення якості обслуговування пасажирів і вантажів - усе це сприяє зручному та швидкому доставленню. Розвиток авіаційної інфраструктури також відкриває нові можливості для розвитку туризму та залучення іноземних інвесторів.

Крім розвитку залізничної, морської та авіаційної інфраструктури, важливим аспектом перебудови транспортної інфраструктури України є розвиток автомобільних доріг. Поліпшення стану та розширення мережі автошляхів дадуть змогу забезпечити більш ефективні та швидкі перевезення вантажів і пасажирів. Більш сучасні та безпечні дороги також сприяють розвитку внутрішнього туризму та зміцненню зв'язків між регіонами.

Крім розвитку фізичної інфраструктури, важливо також приділяти увагу розвитку логістичних центрів і складських комплексів. Розташування логістичних центрів у стратегічних місцях дає змогу оптимізувати процеси поставок, прискорити перевезення і знизити витрати. Інвестиції в модернізацію та розвиток логістичних центрів допоможуть підвищити їхню ефективність і привабливість для бізнесу.

Під час перебудови транспортної інфраструктури України необхідно приділяти увагу екологічній стійкості та енергозбереженню. Розвиток екологічно чистих видів транспорту, таких як електричні та гібридні автомобілі, а також інвестиції в інфраструктуру зарядних станцій, сприяють зниженню викидів шкідливих речовин і поліпшенню якості повітря. Крім того, впровадження енергоощадних технологій у залізничному, морському та авіаційному транспорті дасть змогу скоротити споживання енергії та зменшити вплив на навколишнє середовище.

Розвиток транспортної інфраструктури України у сфері логістики та транспортних технологій потребує співпраці з міжнародними партнерами. Партнерства з іншими країнами, міжнародними організаціями та приватними компаніями можуть сприяти обміну досвідом, залученню інвестицій та передачі передових технологій. Таке співробітництво може включати обмін знаннями та навичками, спільні дослідження та розробки, а також фінансову підтримку для реалізації проєктів з розвитку транспортної інфраструктури.

Успішна перебудова транспортної інфраструктури потребує значних інвестицій. Державна підтримка та виділення фінансових ресурсів на розвиток транспортної інфраструктури відіграють важливу роль. Важливо розробити ефективні механізми фінансування, такі як публічно-приватне партнерство та залучення інвестицій від приватних компаній. Крім того, держава має створити сприятливі умови для розвитку інфраструктури, як-от спрощення процедур і зниження бюрократичного навантаження.

Розвиток транспортної інфраструктури також вимагає наявності кваліфікованих фахівців. Необхідно приділяти увагу навчанню та підвищенню кваліфікації працівників у сфері логістики та транспорту. Створення спеціалізованих освітніх програм, курсів і тренінгів допоможе забезпечити наявність спеціалістів, які володіють знаннями та навичками, необхідними для ефективного управління та розвитку транспортної інфраструктури.

Висновок:

Перебудова транспортної інфраструктури України у сфері логістики та транспортних технологій є важливим фактором для забезпечення ефективності, конкурентоспроможності та сталого розвитку країни. Розвиток транспортної інфраструктури, впровадження інформаційних технологій та покращення екологічної стійкості у галузі транспорту та логістики мають великий потенціал для поліпшення якості життя громадян, забезпечення зростання економіки та створення нових можливостей для розвитку бізнесу.

Розвиток транспортної інфраструктури передбачає розбудову залізничних, морських, річкових та авіаційних систем, розширення автомобільних доріг та будівництво логістичних центрів. Використання сучасних інформаційних технологій, таких як системи моніторингу, аналітичні інструменти та системи відстеження вантажів, дозволяє підвищити ефективність, надійність та безпеку перевезень. Крім того, екологічна стійкість транспортної інфраструктури є необхідною умовою для збереження навколишнього середовища та забезпечення сталого розвитку.

Здійснення перебудови транспортної інфраструктури вимагає ефективного управління, стратегічного планування та співпраці між різними зацікавленими сторонами, включаючи державу, приватний сектор, академічне середовище та громадськість. Сприятливе регуляторне середовище та партнерство з міжнародними партнерами також відіграють важливу розвитку транспортної інфраструктури. Залучення приватних інвестицій і партнерство з міжнародними компаніями можуть стати додатковим стимулом для реалізації проектів з модернізації та розширення транспортної мережі України.

Одним із найважливіших аспектів успішної перебудови транспортної інфраструктури є постійне впровадження та використання інформаційних технологій у логістичних системах. Застосування новітніх технологій, таких як системи GPS, супутниковий моніторинг, аналітичні інструменти та системи керування логістичними процесами, дозволяє досягти точного відстеження вантажів, оптимізації маршрутів та кращого управління ресурсами. Це сприяє підвищенню ефективності та надійності перевезень, зменшенню ризиків втрати і пошкодження вантажів, поліпшенню комунікації між учасниками логістичного ланцюжка та підвищенню загальної якості послуг у логістиці.

Крім того, розвиток транспортної інфраструктури та впровадження інформаційних технологій є невід'ємною частиною стратегії сталого розвитку. Зменшення негативного впливу на довкілля та використання екологічно чистих технологій у галузі транспорту та логістики сприятимуть збереженню природних ресурсів та зменшенню викидів шкідливих речовин. Це дозволить забезпечити екологічну стійкість та покращити якість середовища для майбутніх поколінь.

Узагальнюючи, перебудова транспортної інфраструктури України в сфері логістики та транспортних технологій має велике значення для досягнення ефективності, конкурентоспроможності та сталого розвитку країни. Розвиток і модернізація транспортної мережі, впровадження інформаційних технологій та партнерство з міжнародними партнерами відкривають широкі можливості для поліпшення перевезень, зниження витрат, зміцнення зв'язків між регіонами та підвищення конкурентоспроможності на світовому ринку.

Проте успішна перебудова транспортної інфраструктури потребує не лише фінансових і технічних ресурсів, але й ефективного управління, координації різних зацікавлених сторін та залучення всіх суспільних груп до спільної мети. Держава, бізнес-сектор, академічна громадськість та громадяни повинні спільно працювати на створення сприятливих умов для розвитку транспортної інфраструктури, що сприятиме загальному економічному зростанню та поліпшенню якості життя громадян.

Таким чином, перебудова транспортної інфраструктури України у сфері логістики та транспортних технологій є важливим стратегічним завданням, яке сприятиме підвищенню ефективності, стійкості та конкурентоспроможності країни. Забезпечення сучасних та ефективних транспортних зв'язків, використання інноваційних технологій та збереження довкілля стануть вагомими факторами для сталого розвитку та покращення якості життя громадян України. Виконання цієї мети вимагатиме відповідальності та спільних зусиль всіх зацікавлених сторін.

Однак, необхідно зазначити, що успіх у перебудові транспортної інфраструктури не обмежується лише технічними та економічними аспектами. Суттєву роль відіграють також соціальний аспект та задоволення потреб громади. Наприклад, важливо враховувати потреби місцевого населення у доступності транспорту та логістичних послуг, збереження культурної спадщини та забезпечення екологічно чистого середовища.

Висновком можна сказати, що перебудова транспортної інфраструктури України у сфері логістики та транспортних технологій є невід'ємною складовою розвитку країни. Це великий крок у напрямку покращення перевезень, зниження витрат та підвищення конкурентоспроможності на світовому ринку. Проте, успіх цієї перебудови залежатиме від ефективного управління, партнерства між різними секторами та задоволення потреб суспільства. Тільки спільними зусиллями ми зможемо створити сучасну, стійку та ефективну транспортну інфраструктуру, яка сприятиме економічному зростанню та покращенню якості життя українських громадян.

Перелік посилань

1. Ширяєва С.В., “Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. Випуск 1 (46), 2020// Фактори, що впливають на формування і розвиток мультимодальної транспортної системи України в сучасних умовах., 446 ст.
2. Інтернет джерело https://mtu.gov.ua/content/rozvitok-infrastrukturi-ta-evrointegraciya.html
3. Інтернет джерело https://www.ukrlogos.in.ua/10.11232-2663-4139.05.10.html
4. Інтернет джерело https://rubryka.com/2023/03/31/v-ukrayini-rozroblyayut-strategiyeyu-rozvytku-aviatsijnoyi-infrastruktury-navishho-tse-rishennya/
5. Красноштан О.М., “Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки» Науковий журнал. Випуск 3 (53), 2022// Управління та розвиток людських ресурсів в процесі інноваційного розвитку транспортних систем., 186 ст.
6. Інтернет джерело http://www.visnyk-econom.uzhnu.uz.ua/archive/19_1_2018ua/38.pdf

THE RECONSTRUCTION OF UKRAINE'S TRANSPORT INFRASTRUCTURE IN THE FIELD OF LOGISTICS AND TRANSPORT TECHNOLOGIES

Dovbii Valentyna Yu., graduate student in the Department of Transport Systems and Traffic Safety, National Transport University, Kyiv, Ukraine, dovbij0056@gmail.com, +380501776523. *https://orcid.org/0009-0002-7856-3287*

Mnyshenko Roman V., graduate student in the Department of Transport Technologies, National Transport University, Kyiv, Ukraine, Romanmnyshenko@gmail.com, +380509882025. *https://orcid.org/0009-0000-1885-4723*

Abstract. This article explores the importance of restructuring Ukraine's transportation infrastructure for the development of logistics and transportation technologies. The development and improvement of infrastructure are critical to ensuring efficiency and competitiveness of the country.

The article examines key components of the transportation infrastructure restructuring, including the development of railway, maritime, river, and aviation infrastructure, the implementation of information technologies, and the development of roads and logistics centers. It highlights how these measures contribute to improving transportation efficiency, regional connectivity, and cost reduction.

It emphasizes that successful restructuring of the transportation infrastructure requires collaboration among various stakeholders, such as the government, private sector, academic community, and society. It is important to consider the social aspect and meet the needs of society, ensuring environmental sustainability and the preservation of natural resources.

In conclusion, the article underscores that the success of Ukraine's transportation infrastructure restructuring is a crucial strategic priority for the country's development. This opens up opportunities for transportation improvement.

Keywords: Ukraine's transportation infrastructure development, logistics, transportation technologies, efficiency, competitiveness, regional connectivity, economic development, information technologies, cargo tracking, route optimization, collaboration with international partners, environmental sustainability, financial investments, effective management, coordination, eco-friendly technologies, sustainable development, collaboration, innovation, quality of life.

References

1. Shyriaeva, S.V. "Factors Influencing the Formation and Development of the Multimodal Transport System in Ukraine in Modern Conditions."Visnik" of the National Transport University. Series: Technical Sciences. Scientific and Technical Collection. Issue 1 (46), 2020.
2. Internet source https://mtu.gov.ua/content/rozvitok-infrastrukturi-ta-evrointegraciya.html
3. Internet source https://www.ukrlogos.in.ua/10.11232-2663-4139.05.10.html
4. Internet source https://rubryka.com/2023/03/31/v-ukrayini-rozroblyayut-strategiyeyu-rozvytku-aviatsijnoyi-infrastruktury-navishho-tse-rishennya/
5. Krasnoshtan, A.M. "Management and Development of Human Resources in the Process of Innovative Development of Transport Systems."Visnik" of the National Transport University. Series: Technical Sciences. Scientific Journal. Issue 3 (53), 2022.
6. Internet source http://www.visnyk-econom.uzhnu.uz.ua/archive/19_1_2018ua/38.pdf

УДК 656.13.05 **DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-164-170**
UDC 656.13.05

ВПЛИВ ПАСАЖИРСЬКОГО МАРШРУТНОГО ТРАНСПОРТУ НА МАКРОСКОПІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКУ

IMPACTS OF PUBLIC TRANSPORT TO MACROSCOPIC CHARACTERISTICS OF TRAFFIC FLOW



Поліщук Володимир Петрович, *доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху, tsbdr@ukr.net, тел. +38 (044) 280-48-85,*

https://orcid.org/0000-0003-3145-7225



Попов Станіслав Юрійович, *Національний транспортний університет, здобувач кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху, popov@ntu.edu.ua, тел.*
+38 (044) 280-48-85,

https://orcid.org/0000-0002-9373-2934

Анотація. Маршрутний транспорт має в своєму складі однотипний рухомий склад. Рух маршрутного транспорту, що проходять через ділянку автомобільної дороги має ознаки стаціонарності у зв`язку з чим виникає формулювання вказаної наукової задачі. В роботі пропонується оцінювати рівень безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту через відхилення характеристик руху транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту від характеристик транспортних засобів потоку. Проведений авторами аналіз та відповідний синтез загальних умов руху пасажирського маршрутного транспорту в транспортному потоці на автомобільних дорогах загального користування дозволив сформулювати систему взаємодії між трьома елементами: транспортний потік, пасажирські маршрутні транспортні засоби, дорожні умови.

Наведені критерії відхилення характеристик руху пасажирських маршрутних транспортних засобів від характеристик транспортного потоку, що в подальшому дає можливість оцінювати рівень небезпеки на маршруті. Запропонована загальна характеристика дозволяє оцінити опосередковано рівень безпеки руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах згідно положень теорії транспортних потоків.

Ключові слова: пасажирський маршрутний транспорт, транспортний потік, автомобільні дороги загального користування, характеристики транспортного потоку, безпека руху пасажирського маршрутного транспорту.

Аналіз останніх досліджень

Було проаналізовано сучасні наукові дослідження впливу маршрутного транспорту на характеристики транспортного потоку [1-3]. Встановлено, що безпека руху пасажирського маршрутного транспорту не розкрита в повному обсязі та вимагає додаткових досліджень у зв`язку з актуальністю. При складані маршруту чи проектуванні безпека руху враховується опосередковано.

Методики розрахунку ступеня небезпеки або методики організації маршруту яка враховувала би рівень безпеки зараз не існує. Тому, для організації руху пасажирського маршрутного транспорту на автомобільних дорогах слід розробити відповідну методику, яка буде дозволяти враховувати при проектуванні маршруту безпеку руху на підставі наведених характеристик дорожнього руху.

Основна частина

Дорожні умови руху в вузлах та на ділянках вулично-дорожньої мережі, через які планується, або проходить відповідний маршрут руху автобусів, є однаковими, як для транспортних потоків, що рухаються по ним, так й для відповідних пасажирських маршрутних транспортних засобів. Зазначена особливість розкриває відсутність необхідності детального дослідження впливу дорожніх умов на безпеку руху пасажирського маршрутного транспорту, бо він знаходиться практично в тих же умовах, що й транспортні засоби загального транспортного потоку, тобто вказаний вплив вже досліджений в умовах аналізу загального впливу дорожніх умов на безпеку дорожнього руху [1, 2].

Але є дуже суттєва необхідність дослідження взаємного впливу між транспортними засобами транспортного потоку та присутніми в ньому пасажирськими маршрутними транспортними засобами.

Зараз існує наступне визначення дорожнього руху: „дорожній рух” – процес руху по дорогам транспортних засобів та учасників дорожнього руху. Відповідно до вказаних визначень безпека дорожнього руху не може бути об’єктом дослідження, тобто її не можливо розглядати як частину матеріального світу, що може підлягати дослідженню. Дослідженням повинен підлягати дорожній рух на предмет його безпеки. Транспортний потік - сукупність транспортних засобів, що рухаються по дорозі [3, 4].

З погляду вказаних понять, послідовний рух пасажирських маршрутних транспортних засобів на ділянці дороги визначеної довжини можливо розглядати як сукупність пасажирських маршрутних транспортних засобів, що рухаються по дорозі. Пасажирський маршрутний транспорт – сукупність пасажирських маршрутних транспортних засобів, що рухається по автомобільній дорозі. Транспортний потік пасажирського маршрутного транспорту можливо розглядати в межах формування схеми маршруту. Маршрутний транспорт має в своєму складі досить визначений однотипний рухомий склад, який утворюється рухомим складом відповідних маршрутів, що проходять через ділянку дороги, швидкістю руху відповідних засобів, їхньою кількістю на маршруті та відповідними довжинами маршрутів.

Дослідження руху пасажирського маршрутного транспорту дозволяє синтезувати систему взаємодії трьох елементів:

- „транспортний потік”;
- „пасажирський маршрутний транспорт”;
- „дорожні умови”.

Необхідно на предмет безпеки дорожнього руху дослідити наступні взаємодії:

- „транспортний потік” – „дорожні умови”;
- „пасажирський маршрутний транспорт” – „дорожні умови”;
- „транспортний потік” – „ пасажирський маршрутний транспорт”.

З вказаних трьох взаємодій дві перші були досліджені на достатньому рівні. Взаємодія „транспортний потік” – „ пасажирський маршрутний транспорт ” є недослідженою, особливо, з погляду безпеки дорожнього руху в чому і полягає наукова задача роботи.

За геометричними, кінематичними та динамічними характеристиками пасажирські маршрутні транспортні засоби також суттєво відрізняються від транспортних засобів транспортного потоку. У своєї більшості пасажирські маршрутні транспортні засоби, це великогабаритні та тихохідні транспортні засоби, що суттєво обмежують швидкість транспортних засобів, обмежують оглядовість для відповідних водіїв, що рухають в безпосередній близькості до маршрутного транспортного засобу.

Пасажирський маршрутний транспорт можливо описати за допомогою трьох основних характеристик транспортного потоку [5]: швидкості інтенсивності та щільності.

Швидкість транспортних засобів пасажирського маршрутного транспорту наближується одна до одної та наближуються до швидкості, що передбачена при розробці маршруту у паспорті маршруту та обумовлює розклад руху.

Зі всього складу транспортного потоку тільки пасажирські маршрутні транспортні засобі мають чітко визначену швидкість руху й це є досить важливим аспектом формування умов безпеки руху таких транспортних засобів в транспортному потоці, де швидкість руху формується умовами організації руху та наявним транспортним потоком на відповідній ділянці дороги.

Рух маршрутних транспортних засобів з визначеними інтервалами у часі та відповідною швидкістю теоретично виключає можливість виникнення ДТП між транспортними засобами окремого маршруту, що у свою чергу вказує на досить суттєві обмеження випадків виникнення вказаних ДТП.

Якщо розглядати рух пасажирських маршрутних транспортних засобів по ділянці дороги, як відповідної сукупності транспортних засобів, можливо сформулювати послідовність визначення швидкості вказаного транспортного потоку [6].

В залежності від того скільки пасажирських маршрутних транспортних засобів за відповідними маршрутами рухають на ділянці дороги з фіксованими швидкостями, можливо розрахувати швидкість пасажирського маршрутного транспорту за наступною формулою:

$$V_m = \sum_{i=1}^{m} \delta_i \cdot v_{m_i} , \qquad (1)$$

де V_m - швидкість пасажирського маршрутного транспорту, м/с;

m - кількість маршрутів, що пролягають через досліджувану ділянку дороги, од.;

δ_i - відсоток пасажирських маршрутних транспортних засобів і-го маршруту у загальному складі пасажирського маршрутного транспорту, од; є умова:

$$1 = \sum_{i=1}^{m} \delta_i , \qquad (2)$$

v_{m_i} - технічна швидкість пасажирських маршрутних транспортних засобів, що рухають по і-тому маршруту, м/с.

Інтенсивність руху пасажирського маршрутного транспорту є теж визначеною характеристикою за рахунок нормування інтервалу руху автобусів у часі. Інтенсивність руху можливо визначити за наступною формулою:

$$N_m = \sum_{i=1}^{m} \delta_i \cdot \frac{1}{I_i} , \qquad (3)$$

де N_m - інтенсивність пасажирського маршрутного транспорту, авт./с;

I_i - інтервал руху пасажирських маршрутних транспортних засобів і-го маршруту у загальному складі пасажирського маршрутного транспорту, с.

Щільність маршрутного транспорту є також визначеною, що забезпечується наявністю відповідних маршрутів на ділянці дороги та інтервалами у часі руху маршрутних транспортних засобів по вказаній ділянці дороги за вказаними маршрутами.

Значення інтервалів руху між пасажирськими маршрутними транспортними засобами у просторі можливо розрахувати за допомогою відомих співвідношень для рівномірного руху:

$$q_m = \sum_{i=1}^{m} \delta_i \cdot v_{m_i} \cdot I_i \,, \tag{4}$$

де q_m - щільність пасажирського маршрутного транспорту, авт./м.

Стан пасажирського маршрутного транспорту можливо визначити з застосуванням всіх попередніх характеристик у вигляді системи рівнянь:

$$\begin{cases} N_m = \sum_{i=1}^{m} \delta_i \cdot \frac{1}{I_i}, \\ V_m = \sum_{i=1}^{m} \delta_i \cdot v_{m_i}, \\ q_m = \sum_{i=1}^{m} \delta_i \cdot v_{m_i} \cdot I_i. \end{cases} \tag{5}$$

Для пасажирського маршрутного транспорту повинне виконуватися основне рівняння транспортного потоку, у якому при застосуванні двох характеристик (5) третя, розрахункова, буде мати усереднене значення та стан потоку буде оцінений у вигляді його усередненої моделі руху через перетин дороги (щільність потоку буде усереднена), або на ділянці дороги визначеної довжини (інтенсивність потоку буде усереднена):

$$\begin{cases} \overline{q}_m = \frac{N_m}{V_m}, \\ N_m = \sum_{i=1}^{m} \delta_i \cdot \frac{1}{I_i}, \\ V_m = \sum_{i=1}^{m} \delta_i \cdot v_{m_i}. \end{cases} \qquad \begin{cases} \overline{N}_m = q_m \cdot V_m, \\ V_m = \sum_{i=1}^{m} \delta_i \cdot v_{m_i}, \\ q_m = \sum_{i=1}^{m} \delta_i \cdot v_{m_i} \cdot I_i. \end{cases} \tag{6}$$

Транспортний потік на ділянці дороги, що досліджується, пропонується оцінювати за відомими характеристиками та за допомогою основного рівняння транспортного потоку відповідно до положень теорії транспортних потоків. З урахуванням сформульованих характеристик пасажирського маршрутного транспорту (1)...(6) та запису середніх квадратичних відхилень можливо записати наступні співвідношення для характеристики зазначених відхилень.

Відхилення інтенсивності руху, сприяє обгонам та змінам смуги руху, інтенсивному маневруванню, пропонується записувати наступним чином:

$$\sigma_N^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(N_i - N_m)^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(N_i - \left(\sum_{i=1}^{m}\delta_i \cdot \frac{1}{I_i}\right)\right)^2, \quad (7)$$

де σ_N - середнє квадратичне відхилення інтенсивності транспортного потоку від інтенсивності пасажирського маршрутного транспорту у певному перетині дороги, авт./с;

n - кількість спостережень значень інтенсивності руху транспортного потоку у певному перетині дороги, од.;

N_i - і-е значення інтенсивності руху транспортного потоку у певному перетині дороги, авт./с.

Відхилення швидкості руху, також сприяє обгонам та змінам смуги руху, інтенсивному маневруванню, обумовлює швидке зростання або скорочення дистанцій між транспортними засобами, пропонується записувати наступним чином:

$$\sigma_{V_П}^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(V_{Пi} - V_m)^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(v_{Пi} - \left(\sum_{i=1}^{m}\delta_i \cdot v_{m_i}\right)\right)^2, \quad (8)$$

де $\sigma_{V_П}$ - середнє квадратичне відхилення швидкості транспортного потоку від швидкості пасажирського маршрутного транспорту у певному перетині дороги або на ділянці дороги визначеної довжини, м/с;

n - кількість спостережень значень швидкості руху транспортного потоку у певному перетині або на ділянці дороги визначеної довжини, од.;

$V_{Пi}$ - і-е значення швидкості руху транспортного потоку у певному перетині або на ділянці дороги визначеної довжини, авт./с.

Відхилення щільності руху, також сприяє обгонам та змінам смуги руху, інтенсивному маневруванню, обумовлює наявність груп транспортних засобів між послідовними пасажирськими маршрутними транспортними засобами, пропонується записувати наступним чином:

$$\sigma_q^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(q_i - q_m)^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(q_i - \left(\sum_{i=1}^{m}\delta_i \cdot v_{m_i} \cdot I_i\right)\right)^2, \quad (9)$$

де σ_q - середнє квадратичне відхилення щільності транспортного потоку від щільності пасажирського маршрутного транспорту на ділянці дороги визначеної довжини, авт./м.

n - кількість спостережень значень щільності руху транспортного потоку на ділянці дороги визначеної довжини, од.;

q_i - і-е значення щільності руху транспортного потоку на ділянці дороги визначеної довжини, авт./с.

Таким чином, запропоновані відхилення основних характеристик транспортних засобів потоку та маршрутного транспорту уособлюють загальну характеристику, яка розкривається на відповідному макрорівні аналізу згідно положень теорії транспортних потоків [7, 8]:

$$\begin{cases} \sigma_N^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(N_i - N_m)^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(N_i - \left(\sum_{i=1}^{m}\delta_i \cdot \frac{1}{I_i}\right)\right)^2, \\ \sigma_{V_П}^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(V_{Пi} - V_m)^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(v_{Пi} - \left(\sum_{i=1}^{m}\delta_i \cdot v_{m_i}\right)\right)^2, \\ \sigma_q^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(q_i - q_m)^2 = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(q_i - \left(\sum_{i=1}^{m}\delta_i \cdot v_{m_i} \cdot I_i\right)\right)^2. \end{cases} \quad (10)$$

Висновок

Таким чином, згідно проведеного аналізу та відповідного синтезу загальних умов руху пасажирського маршрутного транспорту в транспортному потоці на автомобільних дорогах з'ясовано наступне:

- рух транспортного потоку на автомобільних дорогах пов'язаний зі значними швидкостями та інтенсивностями, тому безпека руху актуальна;
- синтезована система взаємодії у дорожньому русі на автомобільних дорогах між трьома елементами: транспортний потік, пасажирський маршрутний транспорт, дорожні умови.
- розкрита необхідність проведення досліджень на предмет безпеки руху в межах взаємодії транспортного потоку та пасажирського маршрутного транспорту;
- синтезовані основні характеристики взаємодії пасажирського маршрутного транспорту з транспортним потоком.

Перелік посилань

1. Roy, R., Saha, P. Analysis of vehicle-type-specific headways on two-lane roads with mixed traffic (2020) *Transport*, 35 (6), pp. 588-604. Cited 4 times., http://journals.vgtu.lt/index.php/Transport/about doi: 10.3846/transport.2020.14136.

2. Roy, R., Saha, P., Headway distribution models of two-lane roads under mixed traffic conditions: a case study from India (2018) *European Transport Research Review*, 10 (1), art. no. 3., http://www.springer.com/engineering/mechanical+eng/journal/12544.

3. Li, L., Chen, X.M., Vehicle headway modeling and its inferences in macroscopic/microscopic traffic flow theory: A survey (2017) *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 76, pp. 170-188.www.elsevier.com/inca/publications/store/1/3/0/. doi: 10.1016/j.trc.2017.01.007.

4. Traffic flow dynamics: Data, models and simulation. (2013) *Traffic Flow Dynamics: Data, Models and Simulation*, pp. 1-503. Doi: 10.1007/978-3-642-32460-4.

5. Drew, D. (1972). Theory of transport flows and their management. *Transport.*

6. Ali, Y., Zheng, Z., Haque, M.M., Wang, M., A game theory-based approach for modelling mandatory lane-changing behaviour in a connected environment (2019) *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 106, pp. 220-245. www.elsevier.com/inca/publications/store/1/3/0/ doi: 10.1016/j.trc.2019.07.011.

7. Daamen, W., Buisson, C., Hoogendoorn, S.P., Traffic simulation and data: Validation methods and applications (2014) *Traffic Simulation and Data: Validation Methods and Applications*, pp. 1-244. http://www.tandfebooks.com/doi/book/10.1201/b17440 ISBN: 978-148222871-7; 978-148222870-0 doi: 10.1201/b17440.

8. Ghiasi, A., Hussain, O., Qian, Z.S., Li, X., A mixed traffic capacity analysis and lane management model for connected automated vehicles: A Markov chain method, (2017) *Transportation Research Part B:*

Methodological, 106, pp. 266-292. www.elsevier.com/inca/publications/store/5/4/8/
doi: 10.1016/j.trb.2017.09.022.

IMPACTS OF PUBLIC TRANSPORT TO MACROSCOPIC CHARACTERISTICS OF TRAFFIC FLOW

Polishchuk Volodymyr P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of the Department of Transport Systems and Traffic Safety, https://orcid.org/0000-0003-3145-7225
Popov Stanislav Yu., National Transport University, Department of Transport Systems and Traffic Safety, https://orcid.org/0000-0002-9373-2934

Abstract. Public transport (buses) have similar to each other type of vehicles. Movement of public transport on automobile roads has signs of stationarity. For this reason scientific task has been designed. The authors in research evaluate the level of safety of the passenger transport through the consideration of the characteristics of the traffic of passenger transport in terms of the characteristics of the traffic flow. Analysis of the problem formulate influence system between three elements: traffic flow, passenger transport, road environment. Establish criteria for determining the characteristics of the buses movement in terms of the characteristics of the traffic flow. Shown criteria gives the possibility to assess the level of unsafety on the route. Presented general characteristic allows to estimate indirectly the level of road safety of passenger transport.

Key words: passenger transport, transport flow, public roads, traffic flow characteristics, safety of passenger route transport.

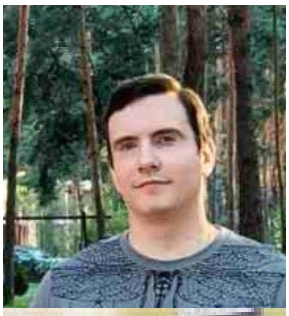
References

1. Roy, R., Saha, P. Analysis of vehicle-type-specific headways on two-lane roads with mixed traffic (2020) *Transport*, 35 (6), pp. 588-604. Cited 4 times., http://journals.vgtu.lt/index.php/Transport/about doi: 10.3846/transport.2020.14136.
2. Roy, R., Saha, P., Headway distribution models of two-lane roads under mixed traffic conditions: a case study from India (2018) *European Transport Research Review*, 10 (1), art. no. 3., http://www.springer.com/engineering/mechanical+eng/journal/12544.
3. Li, L., Chen, X.M., Vehicle headway modeling and its inferences in macroscopic/microscopic traffic flow theory: A survey (2017) *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 76, pp. 170-188. www.elsevier.com/inca/publications/store/1/3/0/
doi: 10.1016/j.trc.2017.01.007.
4. Traffic flow dynamics: Data, models and simulation. (2013) *Traffic Flow Dynamics: Data, Models and Simulation*, pp. 1-503. Doi: 10.1007/978-3-642-32460-4.
5. Drew, D. (1972). Theory of transport flows and their management. *Transport.*
6. Ali, Y., Zheng, Z., Haque, M.M., Wang, M., A game theory-based approach for modelling mandatory lane-changing behaviour in a connected environment (2019) *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 106, pp. 220-245. www.elsevier.com/inca/publications/store/1/3/0/ doi: 10.1016/j.trc.2019.07.011.
7. Daamen, W., Buisson, C., Hoogendoorn, S.P., Traffic simulation and data: Validation methods and applications (2014) *Traffic Simulation and Data: Validation Methods and Applications*, pp. 1-244. http://www.tandfebooks.com/doi/book/10.1201/b17440 ISBN: 978-148222871-7; 978-148222870-0 doi: 10.1201/b17440.
8. Ghiasi, A., Hussain, O., Qian, Z.S., Li, X., A mixed traffic capacity analysis and lane management model for connected automated vehicles: A Markov chain method, (2017) *Transportation Research Part B: Methodological*, 106, pp. 266-292. www.elsevier.com/inca/publications/store/5/4/8/
doi: 10.1016/j.trb.2017.09.022.

УДК 004.422 **DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-171-179**
UDC 004.422

ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ОЦІНКИ СКЛАДНОСТІ ЗАПИТУ У ФОРМАТІ JSON

USING NEURAL NETWORKS TO EVALUATE THE COMPLEXITY OF A JSON-FORMATTED QUERY



Сисоєв Ілля Костянтинович, *Національний транспортний Університет, аспірант кафедри інформаційних систем і технологій e-mail: i.sisoev.w@gmail.com*

orcid id: https://orcid.org/0000-0003-4823-9179



Гавриленко Валерій Володимирович, *Національний транспортний університет, завідувач кафедри інформаційних систем і технологій, доктор фізико-математичних наук, професор*
e-mail: vvgavrilenko1953@gmail.com

orcid id: https://orcid.org/0000-0001-9682-4204



Ковальчук Оксана Петрівна, *Національний транспортний університет, старший викладач кафедри інформаційних систем і технологій*
e-mail: kovalchukoksana30@gmail.com

orcid id: https://orcid.org/0000-0001-9456-8438

Анотація. В роботах [1, 2, 3, 4] було представлене описання багаторівневої системи балансування навантаження, на одному з рівнів якої пропонується використання технологій машинного навчання для аналізу вхідних запитів і прогнозування їх ресурсоємності. У даній статті розглядатиметься використання нейронних мереж для оцінки складності запиту у форматі JSON як з теоретичної, так і з практичної сторони. Проводиться теоретичний опис нейронних мереж, їх складових та особливостей, та розкривається питання складності запиту у форматі JSON.

Також пропонується системний підхід до оцінки та порівняння обчислювальної складності рівнів нейронної мережі в тестовій обробці сигналів JSON. Пов'язуються показники складності програмного

забезпечення та апаратного забезпечення, визначаючи їх як гіперпараметри шарів нейромережі. У роботі пояснюється, як обчислити метрики для прямого та повторюваного рівнів, а також визначається, у якому випадку має використовуватися певна метрика в залежності від програмного модуля, зорієнтованого на програмне або апаратне забезпечення. Ця робота може бути корисною для отримання різних рівнів (цілей) оцінки складності, пов'язаної із застосуванням нейронних мереж у тестовій обробці сигналів у реальному часі, а також для уніфікації оцінки обчислювальної складності.

Ключові слова: нейронні мережі, JSON, балансування, розробка алгоритму.

Вступ. У багаторівневій системі балансування навантаження поєднання нейронної мережі та JSON є важливим, оскільки це поєднання текстового опису системи та нейронної мережі створює адаптовані під сучасні вимоги програми, додатки тощо. Розглянемо їх поокремо, щоб зрозуміти всі особливості, функції та деталі, які пов'язують їх разом, так як разом вони створюють технологічний ефект.

Постанова задачі. Нейронні мережі – це набір алгоритмів, створених за зразком людського мозку, призначених для розпізнавання шаблонів. Вони інтерпретують сенсорні дані за допомогою свого роду машинного сприйняття, маркування або кластеризації вхідних даних. Шаблони, які вони розпізнають, є числовими, містяться у векторах, у які мають бути переведені всі дані реального світу, будь то зображення, звук, текст або часові ряди.

Нейронні мережі допомагають нам кластеризувати та класифікувати дані. Можемо розглядати нейронні мережі як підпрограми кластеризації та класифікації даних, які ви зберігаєте та керуєте ними. Вони допомагають групувати немарковані дані відповідно до подібності серед прикладів вхідних даних і класифікують дані, коли мають позначений набір даних для навчання. Нейронні мережі також можуть виділяти функції, які передаються іншим алгоритмам для кластеризації та класифікації, тому ви можете розглядати глибокі нейронні мережі як компоненти більш складних програм машинного навчання, що включають алгоритми навчання з підкріпленням, класифікацією та регресією.

JSON – це популярний формат текстових даних, який використовується для обміну даними у сучасних веб- та мобільних додатках. Крім того, JSON використовується для зберігання неструктурованих даних у файлах журналів або баз даних NoSQL, таких як Microsoft Azure Cosmos DB. Багато веб-служб REST повертають результати у форматі JSON або приймають дані у форматі JSON. Наприклад, більшість служб Azure, таких як пошук Azure, служба сховища Azure та Azure Cosmos DB, мають кінцеві точки REST, які повертають або приймають формат JSON. JSON – це також основний формат обміну даними між веб-сторінками та веб-серверами за допомогою дзвінків AJAX.

Функції JSON, які з'явилися у SQL Server 2016, дозволяють об'єднати принципи NoSQL та реляційних баз даних в одній базі даних. Тепер ви можете поєднувати в одній таблиці класичні реляційні стовпці зі стовпцями, які містять документи у форматі тексту JSON, аналізувати та імпортувати документи JSON у реляційні структури або форматувати реляційні дані у текст JSON.

Поєднання нейронних мереж та JSON є одним з корисних процесів, оскільки це основа під все, що ми можемо спостерігати на сьогоднішній час, додатки, веб-сторінки, боти та інше.

Мета статті. Мета даної статті – це теоретично описати всі складові, функції та особливості використання нейронних мереж для оцінки складності запиту у форматі JSON.

Виклад основного матеріалу. В інформаційних технологіях штучна нейронна мережа – це система апаратного та/або програмного забезпечення, що створена за принципом роботи нейронів у мозку людини. Штучні нейронні мережі, які також називають просто нейронними мережами, є різновидом технологій глибокого навчання, які також підпадають під егіду штучного інтелекту.

Комерційне застосування цих технологій, як правило, зосереджено на вирішенні проблем обробки складних сигналів або розпізнаванні зображень [5]. Приклади важливих комерційних застосувань з 2000 року включають розпізнавання рукописного тексту для обробки чеків, транскрипцію мовлення в текст, аналіз даних розвідки нафти, прогнозування погоди, розпізнавання облич тощо.

Історія штучних нейронних мереж сягає корінням у перші дні комп'ютерної техніки. У 1943 році математики Уоррен МакКаллох і Уолтер Піттс створили електричну систему, призначену для наближення функціонування людського мозку, яка керувала простими алгоритмами [6].

Лише приблизно в 2010 році дослідження знову пожвавилося. Тенденція big data, коли компанії накопичують величезні масиви даних, і паралельні обчислення дали додаткам дані для навчання та обчислювальні ресурси, необхідні для роботи складних штучних нейронних мереж. У 2012 році нейронна мережа змогла перевершити продуктивність людини в завданні розпізнавання зображень у рамках конкурсу ImageNet. Відтоді інтерес до штучних нейронних мереж різко зріс, а технологія продовжує вдосконалюватися.

Штучна нейронна мережа зазвичай включає велику кількість процесорів, що працюють паралельно та розташовані на різних рівнях. Перший рівень отримує необроблену вхідну інформацію – аналогічно зоровим нервам у обробці зору людини. Кожен наступний рівень отримує не вхідні дані, а вихідні дані від попереднього рівня – так само нейрони, розташовані далі від зорового нерва, отримують сигнали від тих, хто ближче до нього. Останній рівень створює вихідні дані системи.

Для кожного вузла обробки існує специфічна йому сфера знань, включаючи ту, що була закладена в нього спочатку, та будь-які правила, які він отримав в процесі обробки даних. Рівні взаємопов'язані, що означає, що кожен вузол рівня n буде під'єднаний до багатьох вузлів рівня (n-1) його входів і рівня (n+1) і надає вхідні дані для цих вузлів. У вихідному шарі може бути один або декілька вузлів, з яких можна прочитати отриману ним відповідь [7].

Штучні нейронні мережі відрізняються адаптивністю, що означає, що вони змінюються в міру того, як навчаються під час початкового навчання, а наступні запуски надають більше інформації про світ. Основна модель навчання зосереджена на зважуванні вхідних потоків, тобто кожен вузол зважує важливість вхідних даних від кожного зі своїх попередників. Вхідні дані, які сприяють отриманню правильних відповідей, мають вищу вагу.

Коли ми говоримо про нейронні мережі та JSON, варто сформувати їх у такому поясненні.

Позначення об'єктів JavaScript (JSON – JavaScript Object Notation) – стандартний текстовий формат для представлення структурованих даних на основі синтаксису об'єкта JavaScript. Зазвичай він використовується для передачі даних у веб-додатках (наприклад, для виправлення деяких даних із клієнтом сервера, таким чином, щоб вони могли відображатися на веб-сторінці).

JSON представляє собою рядок, формат якого дуже схожий на буквений формат об'єкта JavaScript. Ви можете включити одні й ті ж базові типи даних усередині JSON, так само як і в стандартному об'єкті JavaScript – рядки, числа, масиви, булеви та інші об'єктні літерали. Це дозволяє побудувати ієрархію даних, наприклад:

```
{
 "squadName": "Super hero squad",
 "homeTown": "Metro City",
 "formed": 2016,
 "secretBase": "Super tower",
 "active": true,
 "members": [
  {
   "name": "Molecule Man",
   "age": 29,
   "secretIdentity": "Dan Jukes",
   "powers": [
    "Radiation resistance",
    "Turning tiny",
    "Radiation blast"
   ]
```

```
    }
  ]
}
```

Нейронові мережі у використанні оцінки запитів JSON – це простий формат файлу для ієрархічного опису даних.

Keras (до прикладу) надає можливість описати будь-яку модель у форматі JSON за допомогою функції to_json(). Це можна зберегти у файл і пізніше завантажити за допомогою функції model_from_json(), яка створить нову модель із специфікації JSON [8].

Ваги зберігаються безпосередньо з моделі за допомогою функції save_weights() і пізніше завантажуються за допомогою симетричної функції load_weights().

У наведеному нижче прикладі тренується та оцінюється проста модель на наборі даних зареєстрованого автотранспорту України. Потім модель перетворюється у формат JSON і записується в model.json у локальному каталозі. Ваги мережі записуються в model.h5 у локальному каталозі.

Дані моделі та ваги завантажуються зі збережених файлів і створюється нова модель. Важливо скомпілювати завантажену модель перед її використанням. Це робиться для того, щоб прогнози, зроблені за допомогою моделі, могли використовувати відповідні ефективні обчислення з серверної частини Keras [9].

Модель оцінюється таким же чином, виконуючи наступну програму:

```
# MLP for Ukraine transport Dataset Serialize to JSON and HDF5
from tensorflow.keras.models import Sequential, model_from_json
from tensorflow.keras.layers import Dense
import numpy
import os
# fix random seed for reproducibility
numpy.random.seed(7)
# load Ukraine transport dataset
dataset = numpy.loadtxt("Ukraine-transport-diabetes.csv", delimiter=",")
# split into input (X) and output (Y) variables
X = dataset[:,0:8]
Y = dataset[:,8]
# create model
model = Sequential()
model.add(Dense(12, input_dim=8, activation='relu'))
model.add(Dense(8, activation='relu'))
model.add(Dense(1, activation='sigmoid'))
# Compile model
model.compile(loss='binary_crossentropy', optimizer='adam', metrics=['accuracy'])
# Fit the model
model.fit(X, Y, epochs=150, batch_size=10, verbose=0)
# evaluate the model
scores = model.evaluate(X, Y, verbose=0)
print("%s: %.2f%%" % (model.metrics_names[1], scores[1]*100))

# serialize model to JSON
model_json = model.to_json()
with open("model.json", "w") as json_file:
    json_file.write(model_json)
# serialize weights to HDF5
```

```
        model.save_weights("model.h5")
        print("Saved model to disk")

        # later...

        # load json and create model
        json_file = open('model.json', 'r')
        loaded_model_json = json_file.read()
        json_file.close()
        loaded_model = model_from_json(loaded_model_json)
        # load weights into new model
        loaded_model.load_weights("model.h5")
        print("Loaded model from disk")

        # evaluate loaded model on test data
        loaded_model.compile(loss='binary_crossentropy', optimizer='rmsprop',
metrics=['accuracy'])
        score = loaded_model.evaluate(X, Y, verbose=0)
        print("%s: %.2f%%" % (loaded_model.metrics_names[1], score[1]*100))
```

Ваші результати можуть відрізнятися з огляду на стохастичну природу алгоритму нейрону запиту формату JSON, на процедури оцінювання або на різницю в чисельній точності. Варто зазначити, що використання нейронних мереж для оцінки складності запиту у форматі JSON – це тема, яка досліджується, оскільки їх взаємодія та використання є мало дослідженою в області інформаційних технологій [10].

Підтримка JSON у SQL Server та базі даних SQL Azure дозволяє об'єднати принципи NoSQL та реляційних баз даних, які мають у собі нейронну мережу, легко перетворювати реляційні дані на частково структуровані і навпаки. Однак, JSON не замінює існуючі реляційні моделі. Нижче наведено деякі конкретні варіанти використання з перевагами підтримки JSON у SQL Server та базі даних SQL:

• Розгляд можливості денормалізації моделі даних із полями JSON замість кількох дочірніх таблиць.

• Збереження інформації про продукти, використовуючи в денормалізованій моделі безліч атрибутів змінних для забезпечення гнучкості.

• Завантаження та аналіз даних журналу, які зберігаються у вигляді JSON-файлів, використовуючи всі можливості мови Transact-SQL.

• Легке перетворення реляційних даних з бази даних у формат JSON, використовуваний інтерфейсами REST API, які підтримують ваш веб-сайт [11].

Отже, перш за все, ці нейронні мережі здатні виявляти приховані структури в немаркованих, неструктурованих даних, які становлять переважну більшість даних у світі. Іншим словом, для неструктурованих даних є необроблені носії, тобто зображення, тексти, відео та аудіозаписи. Таким чином, одна з проблем, яку найкраще вирішує глибоке навчання, полягає в обробці та кластеризації світових необроблених, немаркованих носіїв, розпізнанні подібності та аномалій у даних, які жодна людина не організувала в реляційній базі даних і не називала їх.

Наприклад, глибоке навчання може взяти мільйон зображень і згрупувати їх відповідно до їх схожості: легкові автомобілі в одну групу, вантажні в іншу, а в третій всі фотографії інших видів автотранспорту. Це основа так званих розумних фотоальбомів.

Тепер застосуйте ту саму ідею до інших типів даних: глибоке навчання може кластирувати необроблений текст, наприклад відгуки на стан автомобільних доріг. Відгуки, наповнені скаргами, можуть групуватися в одному секторі векторного простору, тоді як позитивні або повідомлення спаму

можуть групуватися в інших секторах розподілу. Це основа різних фільтрів повідомлень і може використовуватися в управлінні взаємовідносинами з клієнтами (CRM). Те саме стосується голосових повідомлень [12].

У часових рядах дані можуть групуватися навколо нормальної поведінки та аномальної поведінки агрегатів автомобіля. Якщо дані часових рядів генеруються за допомогою бортового комп'ютера авто, це дасть уявлення про його стан; якщо часовий ряд генерується з даних, що надходять з конкретних агрегатів автомобіля, його можна використовувати для запобігання суттєвим поломкам та попередити пошкодження агрегатів.

Мережі глибокого навчання виконують автоматичне виділення функцій без втручання людини, на відміну від більшості традиційних алгоритмів машинного навчання. Враховуючи те, що вилучення функцій – це завдання, на виконання якого команди спеціалістів із обробки даних можуть витратити роки, глибоке навчання – це спосіб обійти клопіт обмежених експертів [13]. Це збільшує повноваження невеликих наукових груп даних, які за своєю природою не масштабуються.

Під час навчання на немаркованих даних кожен рівень вузла в глибокій мережі вивчає функції автоматично, постійно намагаючись реконструювати вхідні дані, з яких він бере свої зразки, намагаючись мінімізувати різницю між припущеннями мережі та розподілом ймовірностей самих вхідних даних. Обмежені машини Больцмана, наприклад, створюють так звані реконструкції таким чином, що можуть самонавчатися без вчителя за допомогою алгоритму зворотного розподілення помилки.

У процесі нейронні мережі вчаться розпізнавати кореляції між певними релевантними функціями та оптимальними результатами – вони встановлюють зв'язки між сигналами ознак і тим, що вони представляють, будь то повна реконструкція чи дані з мітками [14].

Мережа глибокого навчання, навчена на мічених даних, може бути застосована до неструктурованих даних, надаючи їй доступ до набагато більшої кількості вхідних даних, ніж мережі машинного навчання. Це рецепт вищої продуктивності: чим з більшою кількістю даних може працювати мережа, тим точнішою вона буде. Погані алгоритми, навчені на великій кількості даних, можуть перевершити хороші алгоритми, навчені на дуже невеликій кількості даних. Здатність глибокого навчання обробляти величезну кількість непозначених даних і вчитися на них дає алгоритму явну перевагу перед попередніми алгоритмами.

Мережі глибокого навчання закінчуються вихідним рівнем: логістичним або JSON класифікатором, який призначає ймовірність певного результату або мітки. Ми називаємо це прогнозуванням, але це прогнозування в широкому сенсі. Отримавши необроблені дані у формі зображення, мережа глибокого навчання може вирішити, наприклад, що вхідні дані з імовірністю 90 відсотків представляють автомобіль певного типу.

Висновок. В статті показано, що застосовуючи нейронні мережі можна достатньо просто оцінити складність запиту. Тобто при масштабуванні і достатньому об'єму даних для навчання цю технологію можна застосувати в адаптивному алгоритмі балансування навантаження в додатках з розгалуженим обчисленням.

Перелік посилань

1. Сисоєв І.К. Адаптивний алгоритм балансування навантаження в додатках з використанням технології контейнеризації / І.К. Сисоєв, В.В. Гавриленко // Системи управління, навігації та зв′язку. Збірник наукових праць. – Полтава, 2022, вип. 1 (67). – С.81-83.

2. Гавриленко В.В. Проектування автомасштабованих високонавантажених додатків / В.В. Гавриленко, І.К. Сисоєв // VII Міжнародна науково-технічна конференція "Проблеми інформатизації", Харків, 2019. – С.15.

3. Сисоєв І.К. Адаптивний алгоритм балансування навантаження в додатках із використанням технології контейнеризації. / І.К. Сисоєв, В.В. Гавриленко // Матеріали VIII Міжнародної науково-технічної Internet-конференції «Сучасні методи, інформаційне, програмне та технічне забезпечення

систем керування організаційно-технічними та технологічними комплексами», 26 листопада 2021. – К.: НУХТ, 2021. – С.272.

4. Гавриленко В.В. Управління контейнерами високонавантажених додатків в іт-системах / В.В. Гавриленко, І.К. Сисоєв // ІІІ Всеукраїнська науково-технічна конференція "Проблеми інфокомунікацій". Полтава-Київ-Харків-Мінськ, 19 листопада 2019 р. http://conf.itm.nupp.edu.ua/index.php/pi/3pi

5. Гавриленко В.В., Іванченко Г.Ф., Шевченко Г.Є. Теорія розпізнавання образів. Навчальний посібник для студ. НТУ, які навч. за напр. «Комп'ютерні науки». – К.: НТУ, 2015. – 76 с.

6. Matt Crane and Jimmy Lin. 2017. An exploration of serverless architectures for information retrieval. In Proceedings of the 3rd ACM International Conference on the Theory of Information Retrieval (ICTIR 2017), pages 241-244, Amsterdam, The Netherlands.

7. Giuseppe DeCandia, Deniz Hastorun, Madan Jampani, Gunavardhan Kakulapati, Avinash Lakshman, Alex Pilchin, Swami Sivasubramanian, Peter Vosshall, and Werner Vogels. 2007. Dynamo: Amazon's highly available key-value store. In Proceedings of the 21st ACM Symposium on Operating Systems Principles (SOSP 2007), pages 205-220, Stevenson, Washington.

8. Yoon Kim. 2014. Convolutional neural networks for sentence classification. In Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP 2014), pages 1746-1751, Doha, Qatar.

9. Tomas Mikolov, Kai Chen, Greg Corrado, and Jeffrey Dean. 2013. Efficient estimation of word representations in vector space. arXiv:1301.3781.

10. Christopher Olston, Noah Fiedel, Kiril Gorovoy, Jeremiah Harmsen, Li Lao, Fangwei Li, Vinu Rajashekhar, Sukriti Ramesh, and Jordan Soyke. 2017. TensorFlow-Serving: Flexible, high-performance ML serving. In Workshop on ML Systems at NIPS 2017.

11. Jinfeng Rao, Hua He, and Jimmy Lin. 2017. Experiments with convolutional neural network models for answer selection. In Proceedings of the 40th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, pages 1217-1220. ACM.

12. Aliaksei Severyn and Alessandro Moschitti. 2015. Learning to rank short text pairs with convolutional deep neural networks. In Proceedings of the 38th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR 2015), pages 373-382, Santiago, Chile.

13. Сисоєв І.К. Перспективи алгоритмічної мови python в опануванні студентами дисциплін машинного навчання / І.К. Сисоєв, В.В. Гавриленко, О.А. Шумейко, Н.В. Рудоман, В.В. Донець // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2022. – Вип. 3 (53). – С.337-343. DOI: 10.33744/2308-6645-2022-3-53-337-343.

14. Гавриленко В.В. Використання штучних нейронних мереж для оцінки складності запитів / В.В. Гавриленко, І.К. Сисоєв, А.В. Ляшко // Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні тенденції розвитку інформаційних систем і телекомунікаційних технологій". – К.: НУХТ, 2023. – С.37.

USING NEURAL NETWORKS TO EVALUATE THE COMPLEXITY OF A JSON-FORMATTED QUERY

Sisoev Illya K., National Transport University, PhD-student of the Department of Information Systems and Technologies, Kyiv 01010, Omelyanovich-Pavlenko Str. 1, phone: +380958650637, e-mail: i.sisoev.w@gmail.com, orcid id: https://orcid.org/0000-0003-4823-9179

Gavrilenko Valeriy V., National Transport University, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of Department of Information Systems and Technologies, Kyiv 01010, Omelyanovich-Pavlenko Str.1, phone: +380503806406, e-mail: vvgavrilenko1953@gmail.com, orcid id: https://orcid.org/0000-0001-9682-4204

Kovalchuk Oksana P., National Transport University, Senior Lecturer of the Department of Information Systems and Technologies, Kyiv 01010, Omelyanovich-Pavlenko Str. 1, phone: +380968349605, e-mail: kovalchukoksana30@gmail.com, orcid id: https://orcid.org/ 0000-0001-9456-8438

Abstract. In the previous articles [1, 2, 3, 4], a description of a multilevel load balancing system was presented, where one of the levels proposes the use of machine learning technologies for analyzing input queries and predicting their resource requirements. This article focuses on the use of neural networks for assessing the complexity of JSON-formatted queries from both theoretical and practical perspectives. The theoretical description of neural networks, their components, and peculiarities is provided, and the issue of query complexity in JSON format is explored.

Additionally, a systematic approach is proposed for evaluating and comparing the computational complexity of neural network levels in the test processing of JSON signals. The connection between software and hardware complexity indicators is established by defining them as hyperparameters of the neural network layers. The paper explains how to compute metrics for the forward and recurrent levels and determines the specific metrics to be used based on whether the focus is on software or hardware-oriented modules. This work can be valuable for obtaining different levels (goals) of complexity assessment related to the application of neural networks in real-time signal processing and for standardizing the evaluation of computational complexity.

Overall, this research provides insights into the utilization of neural networks for assessing query complexity in the JSON format, offering a systematic approach to evaluating computational complexity in the context of neural network levels.

Keywords: neural networks, JSON, balancing, algorithm development.

References

1. Sysoev I.K. Adaptive load balancing algorithm in applications using containerization technology / I.K. Sysoev, V.V. Havrylenko // Management, navigation and communication systems. Collection of scientific works. – Poltava, 2022, issue 1 (67). – P.81-83.

2. Gavrylenko V.V. Design of self-scaling highly loaded applications / V.V. Gavrylenko, I.K. Sysoev // VII International Scientific and Technical Conference "Problems of Informatization", Kharkiv, 2019. – P.15.

3. Sysoev I.K. Adaptive load balancing algorithm in applications using containerization technology. / I.K. Sysoev, V.V. Gavrylenko // Materials of the VIII International scientific and technical Internet conference "Modern methods, information, software and technical support of management systems of organizational, technical and technological complexes", November 26, 2021. – K.: NUHT, 2021. – P.272.

4. Gavrylenko V.V. Container management of highly loaded applications in IT systems / V.V. Gavrylenko, I.K. Sysoev // III All-Ukrainian Scientific and Technical Conference "Problems of Information Communications". Poltava-Kyiv-Kharkiv- Minsk, November 19, 2019. http://conf.itm.nupp.edu.ua/index.php/pi/3pi

5. Gavrylenko V.V., Ivanchenko G.F., Shevchenko G.E. Pattern recognition theory. Study guide for students. NTU, which teaches for example "Computer Science". – K.: NTU, 2015. – 76 p.

6. Matt Crane and Jimmy Lin. 2017. An exploration of serverless architectures for information retrieval. In Proceedings of the 3rd ACM International Conference on the Theory of Information Retrieval (ICTIR 2017), pages 241-244, Amsterdam, The Netherlands.

7. Giuseppe DeCandia, Deniz Hastorun, Madan Jampani, Gunavardhan Kakulapati, Avinash Lakshman, Alex Pilchin, Swami Sivasubramanian, Peter Vosshall, and Werner Vogels. 2007. Dynamo: Amazon's highly available key-value store. In Proceedings of the 21st ACM Symposium on Operating Systems Principles (SOSP 2007), pages 205-220, Stevenson, Washington.

8. Yoon Kim. 2014. Convolutional neural networks for sentence classification. In Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP 2014), pages 1746-1751, Doha, Qatar.

9. Tomas Mikolov, Kai Chen, Greg Corrado, and Jeffrey Dean. 2013. Efficient estimation of word representations in vector space. arXiv:1301.3781.

10. Christopher Olston, Noah Fiedel, Kiril Gorovoy, Jeremiah Harmsen, Li Lao, Fangwei Li, Vinu Rajashekhar, Sukriti Ramesh, and Jordan Soyke. 2017. TensorFlow-Serving: Flexible, high-performance ML serving. In Workshop on ML Systems at NIPS 2017.

11. Jinfeng Rao, Hua He, and Jimmy Lin. 2017. Experiments with convolutional neural network models for answer selection. In Proceedings of the 40th International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, pages 1217-1220. ACM.

12. Aliaksei Severyn and Alessandro Moschitti. 2015. Learning to rank short text pairs with convolutional deep neural networks. In Proceedings of the 38th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval (SIGIR 2015), pages 373-382, Santiago, Chile.

13. Sysoev I.K. Perspectives of the algorithmic python language in mastering by students of machine learning disciplines / I.K. Sysoev, V.V. Havrylenko, O.A. Shumeiko, N.V. Rudoman, V.V. Donets // Bulletin of the National Transport University. Series "Technical Sciences". Scientific and technical collection. – K.: NTU, 2022. – Issue 3 (53). – P.337-343. DOI: 10.33744/2308-6645-2022-3-53-337-343.

14. Gavrylenko V.V. The use of artificial neural networks to assess the complexity of requests / V.V. Gavrylenko, I.K. Sysoev, A.V. Lyashko // Proceedings of the V International scientific and practical conference "Modern trends in the development of information systems and telecommunication technologies". – K.: NUHT, 2023. – P.37.

УДК 629.113 **DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-180-192**
UDC 629.113

ФОРМУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ВІД АВТОМОБІЛЯ НА ДОРОЖНЄ ПОКРИТТЯ ЗА РІЗНОЇ ШВИДКОСТІ ДОЛАННЯ НЕРІВНОСТІ

FORMATION OF THE LOAD FROM THE VEHICLE ON THE ROAD SURFACE AT DIFFERENT SPEED OF OVERCOMING THE ROUGHNESS



Поляков Віктор Михайлович, *кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри автомобілів, e-mail: poljakov_2006@ukr.net, тел.: +380673861468,*

https://orcid.org/0000-0001-7042-3066



Білякович Микола Олексійович, *Заслужений працівник народної освіти України, кандидат технічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри інженерії машин транспортного будівництва, e-mail: biliakovych.m@gmail.com, тел.:+380505027522,*

https://orcid.org/0009-0000-2760-0127



Разбойніков Олександр Олександрович, *кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, асистент кафедри автомобілів, e-mail: razboyn1k@ukr.net, тел.: +380972214790,*

https://orcid.org/0000-0003-3024-0999



Іванушко Олександр Миколайович, *доктор філософії, Національний транспортний університет, доцент кафедри технічної експлуатації автомобілів та автосервісу, e-mail: oleksandr.ivanushko@gmail.com, тел.: +380969298556,*

http://orcid.org/0000-0003-3759-5856



Місько Євген Михайлович, *кандидат технічних наук, Одеська державна академія будівництва та архітектури, доцент кафедри машинобудування, e-mail: misko@ogasa.org.ua, тел.:+380955040150,*

https://orcid.org/0000-0002-9020-5266

Анотація. Для зменшення негативного впливу транспортного засобу на дорожнє полотно, його максимальне осьове навантаження обмежується на законодавчому рівні. Разом з тим, при русі автомобіля по нерівній дорозі, його динамічне навантаження на дорожнє покриття може як в рази перевищувати статичне, так і зменшуватись до нуля (відрив колеса від опорної поверхні). При цьому еластична шина деформується в різних напрямках, що супроводжується силами і моментами, які через обід, диск та маточину передаються на систему рульового керування автомобіля та його підвіску.

Зазначене може призвести не тільки до коливань підресореної та непідресорених мас автомобіля (вплив на плавність ходу, паливну економічність тощо) та зміни його напрямку руху (втрата стійкості та керованості) [1], а й до подальшого руйнування дорожнього одягу. Варто зауважити, що відхилення значень динамічного навантаження коліс автомобіля на дорожнє покриття від статичного в значній мірі залежить від швидкості долання дорожньої нерівності. В статті наведено результати теоретичних досліджень руху середньостатистичного легкового автомобіля, що колесами лівого борту долає дорожню нерівність. Досліджувалось долання дорожньої нерівності за різної швидкості, починаючи з 30 км/год і закінчуючи швидкістю 120 км/год. Визначено залежності зміни нормальних реакцій опорної поверхні на колеса автомобіля від пройденого шляху. Для розуміння формування навантаження від автомобіля на дорожнє покриття, проведено аналіз графічних залежностей, що описують робочі процеси підвісок його коліс, які долають дорожню нерівність. Отримані дані дозволяють проаналізувати та оцінити вплив робочих процесів підвіски коліс автомобіля та швидкості долання дорожньої нерівності на формування навантаження, що діє на дорожнє покриття.

Ключові слова: швидкість руху, автомобіль, підвіска коліс автомобіля, пневматична шина, дорожня нерівність, дорожнє покриття.

Вступ. Загальні засади діяльності автомобільного транспорту і транспортних засобів представлені в Законі України «Про автомобільний транспорт» [2]. Загальні характеристика автомобільних доріг загального користування, права та обов'язки користувачів доріг, норми з будівництва, реконструкції щодо ремонту та утримання автомобільних доріг представлені в Законі України «Про Автомобільні дороги» [3]. Дані законодавчі акти формують основи концепції взаємодії між дорожнім покриттям (дорогою) і автотранспортними засобами перевізників (користувачів доріг).

Разом з тим, Постанова Кабінету Міністрів України «Про Правила дорожнього руху» [4], п. 22.5 встановлює допустимі параметри зовнішніх габаритів, фактичної маси і навантаження на вісь транспортних засобів. За погодженням з уповноваженими органами допускається проїзд великогабаритних та великовагових транспортних засобів автомобільними дорогами, вулицями та залізничними переїздами [5]. Так, максимальна фактична маса транспортного засобу, у виконанні трьохвісного автомобіля (тягач) з двовісним або трьохвісним напівпричепом (контейнеровоз), що здійснює перевезення одного або більше контейнерів чи змінних кузовів загальною максимальною довжиною 13,716 метра складає 44 і 24 т на дорогах державного і місцевого значення відповідно. При цьому, максимальне осьове навантаження (на одиночну вісь) не повинно перевищувати 11,5 і 7 т на дорогах державного і місцевого значення відповідно.

Для зменшення негативного впливу від руху транспортних засобів автомобільними дорогами України і контролю за дотриманням габаритно-вагових параметрів діє Постанова Кабінету Міністрів України «Про заходи щодо збереження автомобільних доріг» [6]. Дана постанова обмежує вплив на дорожнє полотно шляхом виявлення і затримання транспортних засобів, які мають перевищення вагових параметрів, та погодження руху великовагових транспортних засобів окремими ділянками доріг і їх відновлення за рахунок збору плати за проїзд автомобільними дорогами загального користування великовагових та/або великогабаритних транспортних засобів.

Разом з тим, при русі автомобіля по нерівній дорозі, його динамічне навантаження на дорожнє покриття може як в рази перевищувати статичне, так і зменшуватись до нуля (відрив колеса від опорної поверхні). При цьому еластична шина деформується в різних напрямках, що супроводжується силами і моментами, які через обід, диск та маточину передаються на систему рульового керування автомобіля та його підвіску. Зазначене може призвести не тільки до коливань підресореної та непідресорених мас автомобіля (вплив на плавність ходу, паливну економічність тощо) та зміни його напрямку руху (втрата стійкості та керованості) [1], а й до подальшого руйнування дорожнього одягу.

Відхилення значень динамічного навантаження коліс автомобіля на дорожнє покриття від статичного залежить від геометричних параметрів дорожньої нерівності [7], робочих процесів підвіски автомобіля [8] та швидкості долання дорожньої нерівності [9, 10]. Варто зазначити, що в роботі [9] досліджено вплив швидкості автомобіля на зміну сил, що діють в його ходовій частині при русі по нерівній дорозі, а в роботі [10] досліджувалась динаміка його руху по нерівній дорозі. Разом з тим

викликає інтерес у проведені дослідження щодо впливу швидкості руху автомобіля на формування навантаження від його коліс на дорожнє покриття.

Мета роботи полягає у дослідженні впливу швидкості долання дорожньої нерівності на формування навантаження від автомобіля на дорожнє покриття шляхом теоретичних досліджень його руху по нерівній дорозі з різними швидкостями. Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувались наступні **завдання**:

- вибір математичної моделі для проведення теоретичних досліджень руху автомобіля по нерівній дорозі;
- вибір вихідних даних для математичного моделювання руху автомобіля по нерівній дорозі;
- визначення зміни нормальних реакцій опорної поверхні на колеса автомобіля від пройденого шляху на різних швидкостях руху автомобіля;
- аналіз впливу робочих процесів підвісок коліс автомобіля, що долають дорожню нерівність на формування навантаження на дорожнє покриття.

Об'єкт дослідження – вплив швидкості долання дорожньої нерівності на формування навантаження від автомобіля на дорожнє покриття.

Основна частина дослідження. Для проведення теоретичних досліджень руху автомобіля по нерівній дорозі з різними швидкостями долання дорожньої нерівності обрано математичну модель, запропоновану в роботі [1]. Зазначена математична модель дозволяє при визначенні нормальних реакцій R_n дорожнього полотна на колеса автомобіля врахувати їх кочення з відведенням, ковзанням, та відривом від опорної поверхні. В математичному описі роботи підвіски автомобіля враховано приведені до коліс сили від деформації пружного пристрою підвіски $F_{\text{пр}}$, буферу стискання $F_{\text{б.ст}}$, а також стабілізатора поперечної стійкості $F_{\text{ст}}$. Враховано силу опору амортизатора на ході відбою та стискання, а також тертя, що діє в шарнірах підвіски автомобіля. При цьому може бути враховано конструктивне положення її пружного і демпферного пристроїв, а відповідно їх реальні (а не приведені) параметри (рис. 1). Це досягається врахуванням роботи напрямного пристрою підвіски, а саме його передаточних функцій по силі та переміщенню, які в свою чергу залежать від поточних геометричних параметрів напрямного пристрою підвіски автомобіля [1].

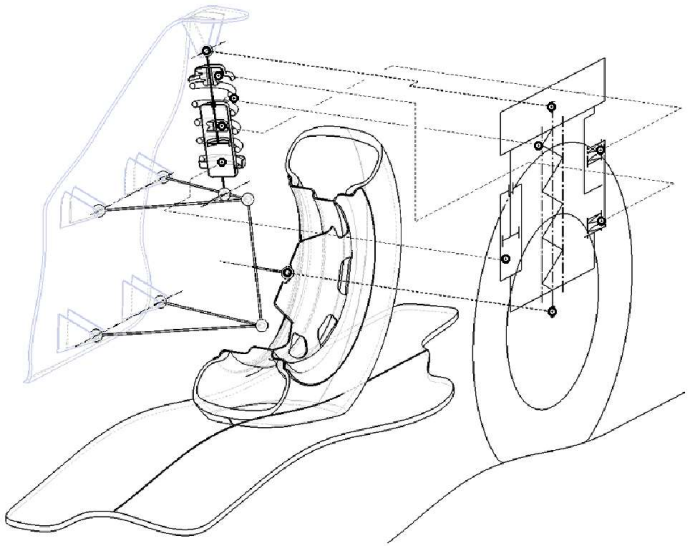


Рисунок 1 – Схема щодо приведення елементів підвіски до середньої площини його колеса [1]

Figure 1 – Scheme of how to bring the elements of the suspension to the middle plane of the wheel [1]

В якості дорожньої нерівності обрано одиничну нерівність гармонічного профілю. Такі нерівності можуть бути як з від'ємною висотою (вибоїни, гострі краї якої згладжені від впливу коліс автотранспортних засобів), так і з додатною (наприклад, виступи навколо люків (рис. 2)) [1]. В даних теоретичних дослідженнях при математичному моделюванні руху автомобіля по нерівній дорозі висота нерівності обмежена амплітудою косинусоїди 0,075 м, а довжина – її періодом 1,00 м.



Рисунок 2 – Дорожнє покриття з нерівністю гармонічного профілю [1]
Figure 2 - Road surface with harmonious profile irregularities [1]

Для вибору вихідних даних автомобіля, що рухається по нерівній дорозі, використано відомості з роботи [11], де наведено параметри середньостатистичного легкового автомобіля. Пружні характеристики підвісок та демпферів підвісок передніх і задніх коліс такого автомобіля наведено на рисунку 3.

Для досягнення поставленої в роботі мети моделювання руху автомобіля по нерівній дорозі передбачає різні швидкості долання дорожньої нерівності, починаючи з 30 км/год і закінчуючи швидкістю в 120 км/год. На початку моделювання автомобіль рухається рівномірно прямолінійно, долаючи одиничну нерівність гармонічного профілю колесами лівого борту.

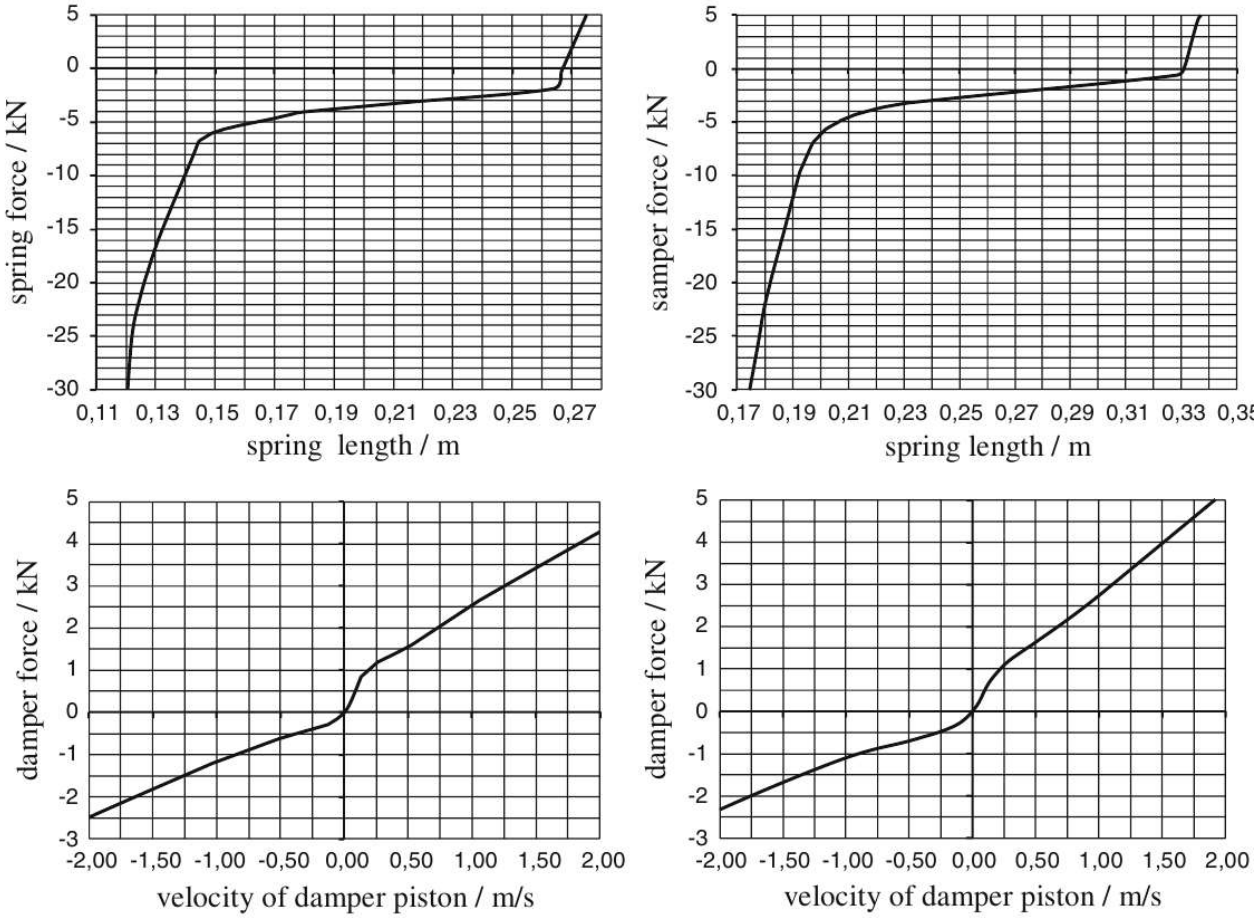


Рисунок 3 – Пружні характеристики підвісок та демпферів підвісок передніх коліс (ліворуч) і задніх (праворуч) середньостатистичного автомобіля середнього класу [11]
Figure 3 – Characteristic curves for springs and dampers of the front wheel (left) and rear wheel suspension (right) of the average mid-range vehicle model [11]

За результатами розрахунків побудовані графічні залежності зміни нормальних реакцій R_n дороги на колеса автомобіля (рис. 4, а), ходів його підвісок f та їх швидкостей f' (рис. 4, б), а також сумарних сил $F_{\text{п}}$, що діють в підвісці автомобіля, потенційних сил її пружного пристрою $F_{\text{пр}}$, буферу стискання $F_{\text{б.ст}}$, стабілізатора поперечної стійкості $F_{\text{ст}}$ та опору демпферного пристрою $F_{\text{д}}$ підвіски переднього (рис. 4, в) та заднього (рис. 4, г) коліс автомобіля, що долають дорожню нерівність на швидкості 30 км/год, від пройденого шляху $S_{\text{а}}$ (рис. 4). Також отримано результати для долання дорожньої нерівності на швидкості 60 км/год (рис. 5), 90 км/год (рис. 6) та 120 км/год (рис. 7).

Для зручності аналізу отриманих результатів на графічних залежностях (рис. 4 - 7) нанесено вертикальні прямі «$н^{\text{п}}$», «$н^{\text{в}}$» та «$н^{\text{п}}$», що відображають момент долання колесом автомобіля початку нерівності ($н^{\text{п}}$), її вершини ($н^{\text{в}}$) та кінця ($н^{\text{к}}$). Нижній індекс «1» – долання нерівності передніми колесами; «2» – задніми. На графічних залежностях також відображено області (сірого кольору) включення в роботу буферів стискання підвісок (рис. 4, б - 7, б).

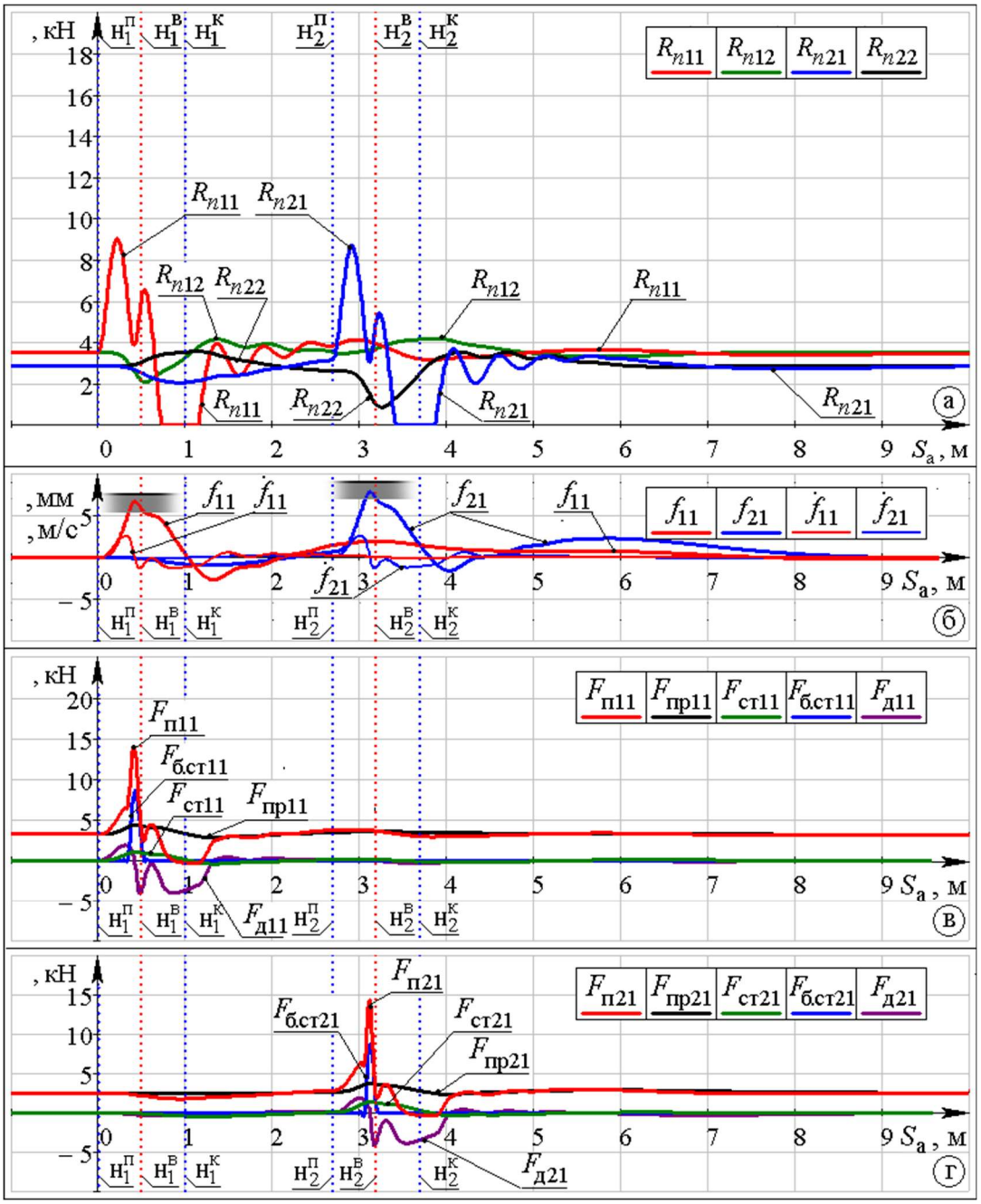


Рисунок 4 – Залежності зміни нормальних реакцій R_n дороги на колеса автомобіля (а), ходів його підвісок f та їх швидкостей $\dot{f}$ (б), а також сумарних сил, що діють в підвісці автомобіля $F_п$, потенційних сил її пружного пристрою $F_{пр}$, буферу стискання $F_{б.ст}$, стабілізатора поперечної стійкості $F_{ст}$ та опору демпферного пристрою $F_д$ підвіски переднього (в) та заднього (г) коліс автомобіля, що долають дорожню нерівність на швидкості 30 км/год, від пройденого шляху $S_а$

Figure 4 – Dependences of changes in the normal reactions R_n of the road on the wheels of the car (a), moves of its suspensions f and their speeds $\dot{f}$ (б), as well as the total forces acting in the suspension of the car $F_п$, potential forces of its elastic device $F_{пр}$, compression buffer $F_{б.ст}$, anti-roll bar $F_{ст}$ and damper device resistance $F_д$ suspension of the front (в) and rear (г) wheels of the car, overcoming road bump at a speed of 30 km/h from the distance traveled $S_а$

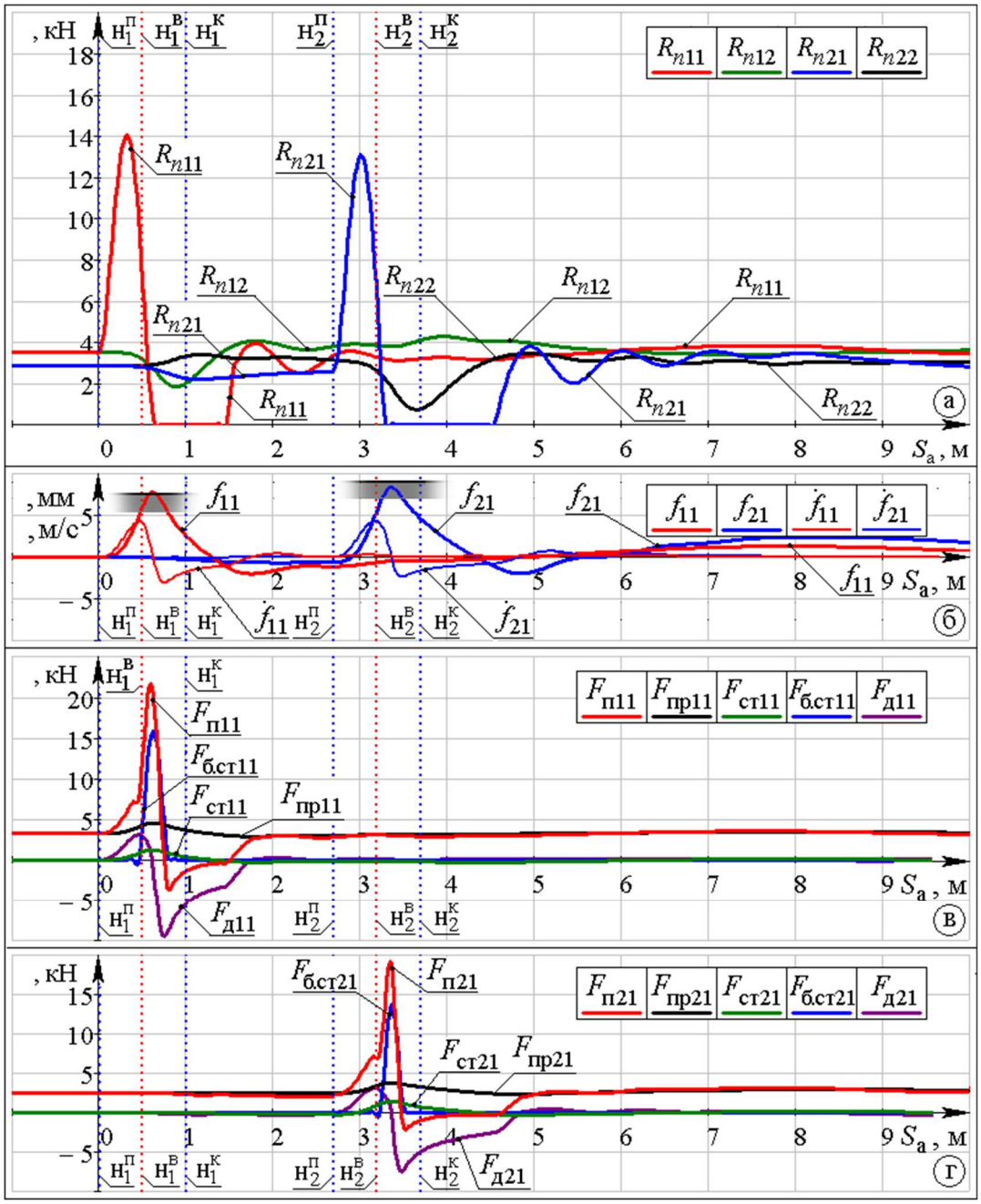


Рисунок 5 – Залежності зміни нормальних реакцій R_n дороги на колеса автомобіля (а), ходів його підвісок f та їх швидкостей $\dot{f}$ (б), а також сумарних сил, що діють в підвісці автомобіля $F_п$, потенційних сил її пружного пристрою $F_{пр}$, буферу стискання $F_{б.ст}$, стабілізатора поперечної стійкості $F_{ст}$ та опору демпферного пристрою $F_д$ підвіски переднього (в) та заднього (г) коліс автомобіля, що долають дорожню нерівність на швидкості 60 км/год, від пройденого шляху $S_а$

Figure 5 – Dependences of changes in the normal reactions R_n of the road on the wheels of the car (a), moves of its suspensions f and their speeds $\dot{f}$ (б), as well as the total forces acting in the suspension of the car $F_п$, potential forces of its elastic device $F_{пр}$, compression buffer $F_{б.ст}$, anti-roll bar $F_{ст}$ and damper device resistance $F_д$ suspension of the front (в) and rear (г) wheels of the car, overcoming road bump at a speed of 60 km/h from the distance traveled $S_а$

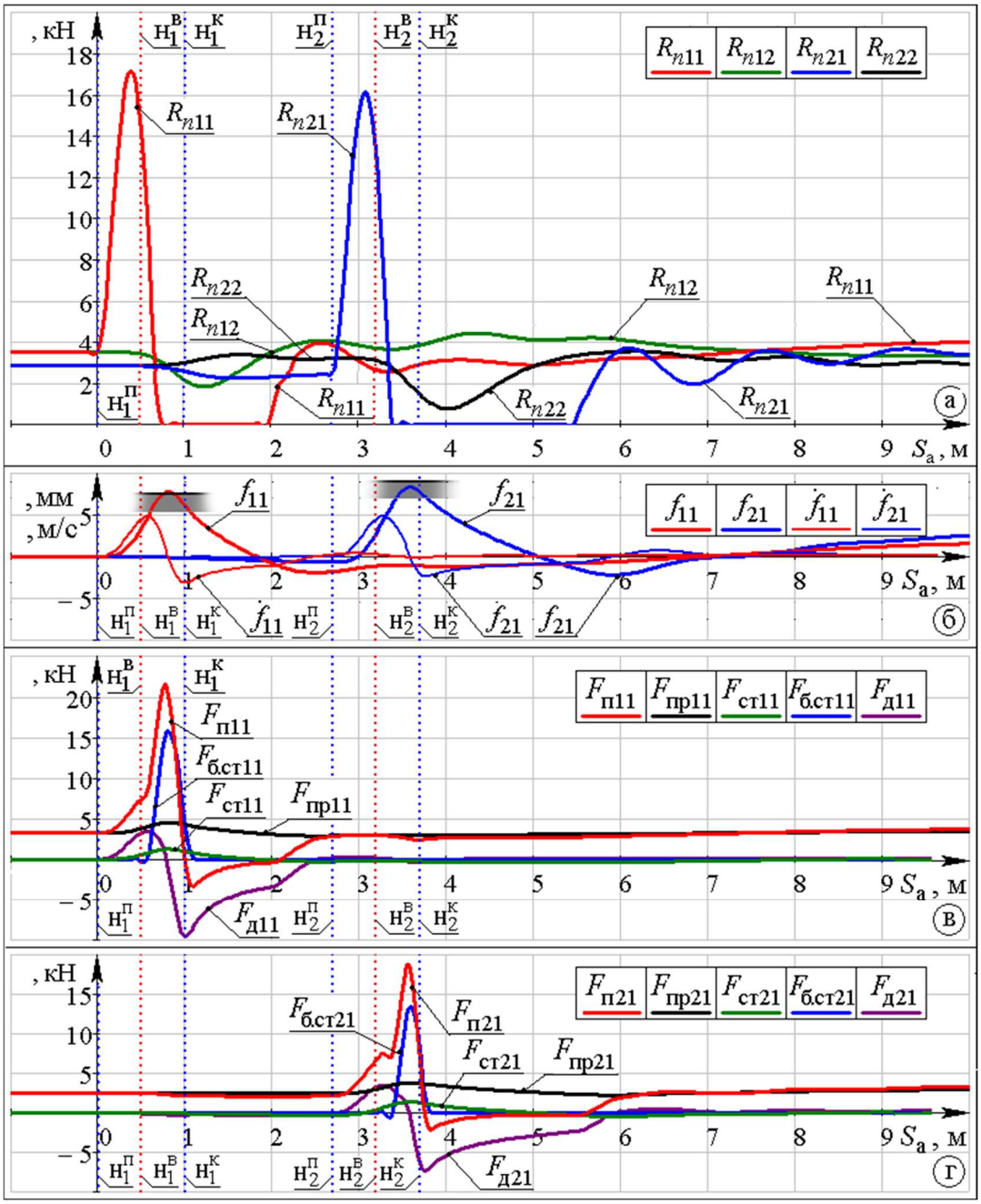


Рисунок 6 – Залежності зміни нормальних реакцій R_n дороги на колеса автомобіля (а), ходів його підвісок f та їх швидкостей $\dot{f}$ (б), а також сумарних сил, що діють в підвісці автомобіля $F_п$, потенційних сил її пружного пристрою $F_{пр}$, буферу стискання $F_{б.ст}$, стабілізатора поперечної стійкості $F_{ст}$ та опору демпферного пристрою $F_д$ підвіски переднього (в) та заднього (г) коліс автомобіля, що долають дорожню нерівність на швидкості 90 км/год, від пройденого шляху $S_а$

Figure 6 – Dependences of changes in the normal reactions R_n of the road on the wheels of the car (a), moves of its suspensions f and their speeds $\dot{f}$ (б), as well as the total forces acting in the suspension of the car $F_п$, potential forces of its elastic device $F_{пр}$, compression buffer $F_{б.ст}$, anti-roll bar $F_{ст}$ and damper device resistance $F_д$ suspension of the front (в) and rear (г) wheels of the car, overcoming road bump at a speed of 90 km/h from the distance traveled $S_а$

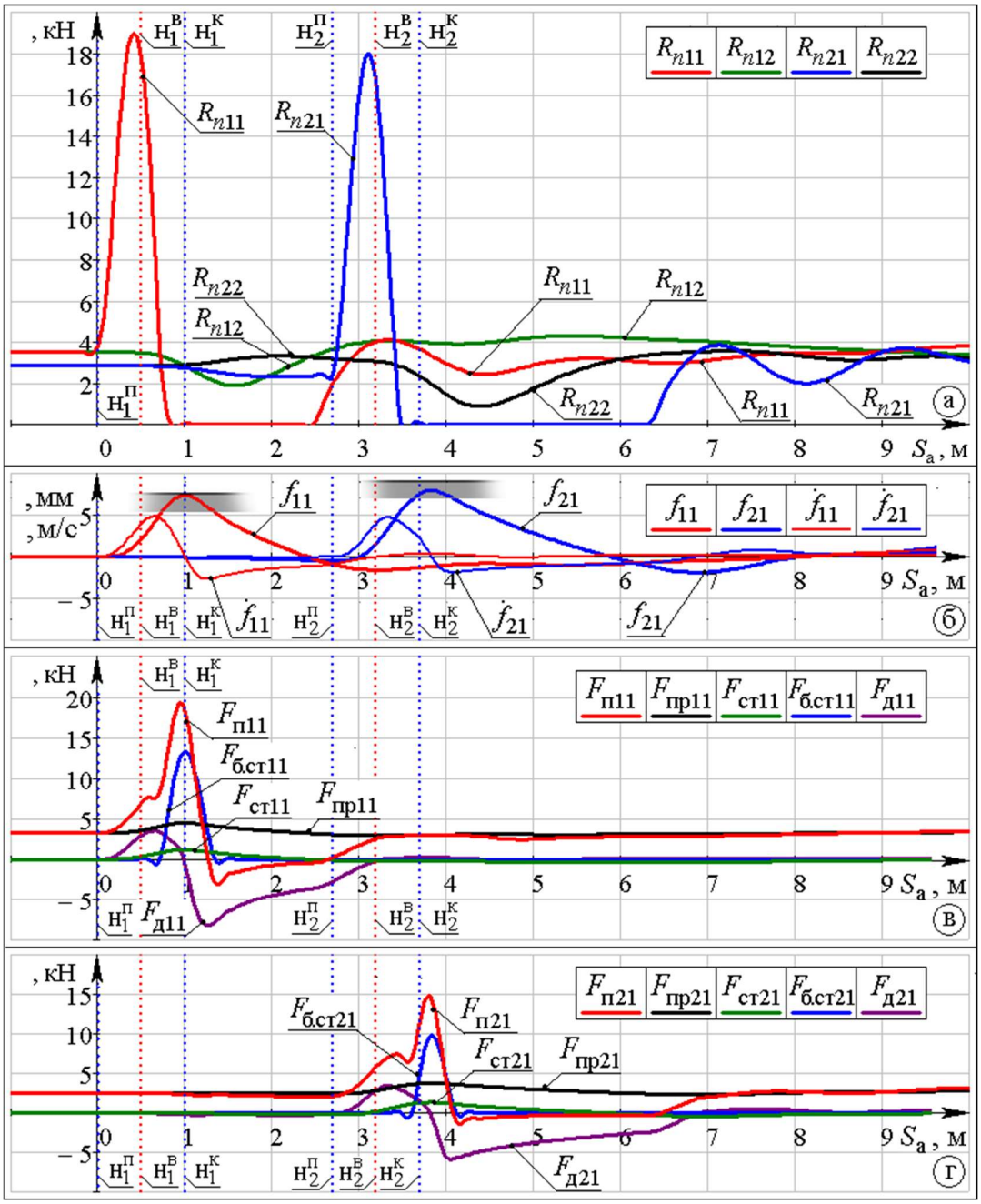


Рисунок 7 – Залежності зміни нормальних реакцій R_n дороги на колеса автомобіля (а), ходів його підвісок f та їх швидкостей $\dot{f}$ (б), а також сумарних сил, що діють в підвісці автомобіля $F_п$, потенційних сил її пружного пристрою $F_{пр}$, буферу стискання $F_{б.ст}$, стабілізатора поперечної стійкості $F_{ст}$ та опору демпферного пристрою $F_д$ підвіски переднього (в) та заднього (г) коліс автомобіля, що долають дорожню нерівність на швидкості 120 км/год, від пройденого шляху $S_а$

Figure 7 – Dependences of changes in the normal reactions R_n of the road on the wheels of the car (a), moves of its suspensions f and their speeds $\dot{f}$ (б), as well as the total forces acting in the suspension of the car $F_п$, potential forces of its elastic device $F_{пр}$, compression buffer $F_{б.ст}$, anti-roll bar $F_{ст}$ and damper device resistance $F_д$ suspension of the front (в) and rear (г) wheels of the car, overcoming road bump at a speed of 120 km/h from the distance traveled $S_а$

Аналіз отриманих результатів за рисунками 4, а - 7, а свідчить, що до наїзду на дорожню нерівність нормальні реакції опорної поверхні постійні. В момент долання переднім лівим колесом автомобіля додатного кута атаки нерівності (між вертикаллю «$н^{п}_{1}$» та «$н^{в}_{1}$») відбувається стрімке зростання нормальної реакції R_{n11} опорної поверхні. Так, для швидкості 30 км/год нормальна реакція опорної поверхні R_{n11} збільшується з 3,2 кН до 9 кН, для швидкості 60 км/год – до 14 кН, для швидкості 90 км/год – до 17,2 кН, для швидкості 120 км/год – до 19 кН. В момент долання заднім лівим колесом автомобіля додатного кута атаки нерівності (між вертикаллю «$н^{п}_{2}$» та «$н^{в}_{2}$») також відбувається стрімке зростання нормальної реакції R_{n21} опорної поверхні на нього. Так, для швидкості 30 км/год нормальна реакція опорної поверхні R_{n21} збільшується з 2,9 кН до 8,7 кН, для швидкості 60 км/год – до 13,1 кН, для швидкості 90 км/год – до 16,1 кН, для швидкості 120 км/год – до 18 кН. При цьому, після збільшення нормальних реакцій на колеса, що долають дорожню нерівність, відбувалось зменшення реакцій на колеса правого борту R_{n12} та R_{n22}. Це пояснюється зміною кутової орієнтації несучої системи автомобіля та робочими процесами в його підвісці [1].

Після долання вершини нерівності як переднім так і заднім колесами (вертикалі «$н^{в}$») нормальна реакція дороги на них зменшується до нуля (відрив колеса від опорної поверхні). Після долання колесами лівого борту кінця нерівності (вертикалі «$н^{к}$») відбувається повторне стрімке зростання нормальних реакцій R_{n11} та R_{n21} опорної поверхні на них (рис. 4, а - 7, а). Так, для переднього лівого колеса нормальна реакція R_{n11} зростає з 0 кН майже до 4 кН, для заднього R_{n21} – до 3,7 кН. Після чого поступово стабілізуються в області статичних значень.

Аналіз графіків (рис. 4, б - 7, б) та (рис. 4, в - 7, в) свідчить, що до наїзду автомобіля на дорожню нерівність (вертикаль «$н^{п}_{1}$») кінематичні та силові параметри підвісок автомобіля постійні і дорівнюють своїм статичним значенням. Після наїзду лівим переднім колесом автомобіля на дорожнє збурення (вертикаль «$н^{п}_{1}$») відбувається зміна параметрів всіх (!) підвісок коліс автомобіля. При чому сумарні сили підвіски переднього лівого колеса $F_{п11}$ інтенсивно зростають (пояснюється зростанням потенційних сил від деформації пружного елементу підвіски $F_{пр11}$, його буфера стискання $F_{б.ст11}$ та стабілізатора поперечної стійкості $F_{ст11}$, а також сил опору демпферного пристрою $F_{д}$), що залежать відповідно від ходу підвіски f_{11} та зміни його (ходу) швидкості $\dot{f}_{11}$ (рис. 4, б - 7, б). Подібні процеси характерні і для підвіски заднього лівого колеса (рис. 4, б - 7, б) та (рис. 4, г - 7, г).

Варто зазначити, що в момент досягнення максимального значення нормальної реакцій опорної поверхні на колесо автомобіля, що долає дорожню нерівність (рис. 4, а - 7, а), сума сил в його підвісці не відповідає своїм максимальним значенням. Так, при максимальному значенні нормальної реакції на переднє ліве колесо автомобіля R_{n11}, що долає дорожню нерівність на швидкості 30 км/год, сума сил в його підвісці $F_{п11}$ становить 5,3 кН, на швидкості 60 км/год – 6 кН, 90 км/год – 6 кН, на швидкості 120 км/год – 5,7 кН. В цей момент (для швидкості 120 км/год) сума сил в його підвісці $F_{п11}$ становить 5,7 кН, з яких 3,4 кН зусилля від пружного пристрою підвіски $F_{пр11}$, а 2,2 кН – опір амортизатора $F_{д11}$. Максимальні значення сумарних сил в підвісці колеса, що долає дорожню нерівність, досягається вже підчас його відриву від опорної поверхні. Так, на швидкості 30 км/год сума сил в підвісці переднього лівого колеса $F_{п11}$ досягає 13,9 кН, на швидкості 60 км/год – 21,7 кН, 90 км/год – 21,6 кН, на швидкості 120 км/год –19,1 кН. В цей момент більшу частину складає зусилля від деформації буферу обмеження ходу стискання підвіски $F_{б.ст}$ = 13 кН (для швидкості 120 км/год). Подібні процеси відбуваються також в підвісці заднього лівого колеса, що долає дорожню нерівність.

Висновки. Проведено теоретичні дослідження руху автомобіля по нерівній дорозі. Обрана математична модель дозволяє врахувати особливості робочих процесів підвіски автомобіля та процесів, що відбуваються в контакті його шин з дорожнім покриттям. В якості вихідних даних обрано параметри середньостатистичного легкового автомобіля. Визначено, що зі збільшенням швидкості долання дорожньої нерівності динамічне навантаження автомобіля на дорожнє покриття зростає. Так, максимальне значення нормальної реакції опорної поверхні на шину автомобіля, що долає дорожню нерівність на швидкості 30 км/год становить 9 кН, а на швидкості 120 км/год досягає 19 кН, що на 111% більше. В цей момент сума сил в його підвісці становить 5,7 кН, з яких 3,4 кН зусилля від пружного пристрою підвіски, а 2,2 кН – опір амортизатора. Максимальне значення сумарних сил в

підвісці цього колеса досягається підчас його відриву від опорної поверхні і досягає 19,3 кН, з яких 13 кН створює буфер обмеження ходу стискання підвіски. Тож пружні та демпферні пристрої підвіски автомобіля впливають на характер формування навантаження автомобіля на дорогу, але не є основною причиною максимальної реакції, що діє в контакті шини з дорогою.

Подальша робота буде присвячена визначенню конструктивних особливостей автомобіля, що впливають на максимальні значення динамічних реакцій в контакті шини з нерівною дорогою.

Перелік посилань

1. Разбойніков О. О. Поліпшення курсової стійкості легкового автомобіля при русі по нерівній дорозі : дис. … канд. техн. наук : 05.22.02 / Разбойніков Олександр Олександрович. – Київ : НТУ, 2021. – 214 с.

2. Закон України «Про автомобільний транспорт» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2001, № 22, ст.105) – Редакція від 23.03.2023 – [Електронний ресурс] – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14#Text

3. Закон України «Про автомобільні дороги» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2005, № 51, ст.556) – Редакція від 19.12.2021 – [Електронний ресурс] – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2862-15#Text

4. Постанова КМУ від 10 жовтня 2001 р. № 1306 «Про Правила дорожнього руху» – Редакція від 14.12.2022 р. – [Електронний ресурс] – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-%D0%BF#Text

5. Постанова КМУ від 18 січня 2001 р. № 30 «Про проїзд великогабаритних та великовагових транспортних засобів автомобільними дорогами, вулицями та залізничними переїздами» – Редакція від 05.04.2017 р. – [Електронний ресурс] – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/30-2001-п#Text

6. Постанова КМУ від 27 червня 2007 р. № 879 «Про заходи щодо збереження автомобільних доріг» – Редакція від 16.02.2022 р. – [Електронний ресурс] – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/879-2007-%D0%BF#Text

7. Поляков В. М. Визначення рівнодіючої сил взаємодії автомобільного колеса з нерівною поверхнею дороги / В. М. Поляков, О. О. Разбойніков // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки» – 2017. – Вип. 1(37). – С. 329-338.

8. Поляков В. М. Визначення параметрів роботи підвіски автомобіля при його русі по нерівній опорній поверхні / В. М. Поляков, О. О. Разбойніков // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». – 2017. – Вип. 3(39). – С. 117-126.

9. Разбойніков О. О. Вплив швидкості автомобіля на зміну сил, що діють в ходовій частині при русі по нерівній дорозі / О. О. Разбойніков. Rzeszow : Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Lukasiewicza, Monografia pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy, Systemy i Srodki Transportu Samochodowego. Seria : Transport. – 2017. – №10. – P. 87-94.

10. Поляков В. М., Філіпова Г. А., Разбойніков О. О. Теоретичне дослідження динаміки руху автомобіля по нерівній дорозі / В. М. Поляков , Г. А. Філіпова, О. О. Разбойніков // матеріали VII міжнарод. наук.-прак. конф. «Науково-прикладні аспекти автомобільної і транспортно-дорожньої галузей» (14-16 черв. 2022 року). – Луцьк : ЛНТУ – 2022. – С. 90-93.

11. Dieter Schramm, Manfred Hiller, Roberto Bardini (2014). *Vehicle Dynamics : Modeling and Simulation*. Heidelberg : Springer, 405 p.

FORMATION OF THE LOAD FROM THE VEHICLE ON THE ROAD SURFACE AT DIFFERENT SPEED OF OVERCOMING THE ROUGHNESS

Poliakov Victor M., Candidate of Technical Sciences, associate professor, National Transport University, professor of Department of Automobiles, e-mail: poljakov_2006@ukr.net, tel.: +380673861468, https://orcid.org/0000-0001-7042-3066

Biliakovych Mykola O., Honored Worker of Public Education of Ukraine, Candidate of Technical Science, National Transport University, Professor of the Department of the engineering of transport construction machines, e-mail: biliakovych.m@gmail.com, tel.: +380505027522, https://orcid.org/ 0009-0000-2760-0127
Razboinikov Oleksandr O., Candidate of Engineering Sciences, National Transport University, Assistant Lecturer of Department of Automobiles, e-mail: razboyn1k@ukr.net, tel.: +380972214790, https://orcid.org/0000-0003-3024-0999
Ivanushko Oleksandr M., Philosophy of Doctor, National Transport University, Associate Professor of the Department of motor vehicle maintenance and service, e-mail: oleksandr.ivanushko@gmail.com, tel.: +380969298556, https://orcid.org/0000-0003-3759-5856
Misko Yevgen M., Candidate of Technical Science, Odesa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering, e-mail: *misko@ogasa.org.ua*, tel.: +380955040150, https://orcid.org/0000-0002-9020-5266

Abstract. To reduce the negative impact of the vehicle on the road surface, its maximum axle load is limited to the legal level. At the same time, when the car is moving on an uneven road, its dynamic load on the road surface can both exceed the static load by several times and decrease to zero (the separation of the wheel from the supporting surface). At the same time, the elastic tire is deformed in different directions, which is accompanied by forces and moments that are transmitted to the car's steering system and its suspension through the rim, disc and hub. This can lead not only to fluctuations in the sprung and unsprung mass of the car (affecting the smoothness of the ride, fuel economy, etc.) and changing its direction of movement (loss of stability and controllability) [1], but also to further destruction of the road surface. It is worth noting that the deviation of the values of the dynamic load of car wheels on the road surface from the static one largely depends on the speed of overcoming road irregularities. The article presents the results of theoretical studies of the motion of an average passenger car that overcomes road irregularities with its left-hand wheels. Different speeds for overcoming road irregularities were studied, starting with 30 km/h and ending with a speed of 120 km/h. The dependence of the change in the normal reactions of the support surface on the wheels of the car from the traveled distance was determined. In order to understand the formation of the load from the car on the road surface, an analysis of graphical dependencies describing the working processes of the suspensions of its wheels, which overcome road unevenness, was carried out. The obtained data allow us to analyze and evaluate the influence of the working processes of the suspension of the wheels of the car and the speed of overcoming road irregularities on the formation of the load acting on the road surface.
Keywords: speed of movement, car, car suspension, pneumatic tire, road unevenness, road surface.

References

1. Razboinikov, O. O. (2021) Polipshennia kursovoi stiikosti lehkovoho avtomobilia pry rusi po nerivnii dorozi [Improvement of course stability of the car moving on uneven road]. *Candidate's thesis*. Kyiv: NTU [in Ukrainian].
2. Закон України «Про автомобільний транспорт» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2001, № 22, ст.105) – Редакція від 23.03.2023 – [Електронний ресурс] – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2344-14#Text
3. Закон України «Про автомобільні дороги» (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2005, № 51, ст.556) – Редакція від 19.12.2021 – [Електронний ресурс] – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2862-15#Text
4. Постанова КМУ від 10 жовтня 2001 р. № 1306 «Про Правила дорожнього руху» – Редакція від 14.12.2022 р. – [Електронний ресурс] – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1306-2001-%D0%BF#Text
5. Постанова КМУ від 18 січня 2001 р. № 30 «Про проїзд великогабаритних та великовагових транспортних засобів автомобільними дорогами, вулицями та залізничними переїздами» – Редакція від 05.04.2017 р. – [Електронний ресурс] – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/30-2001-п#Text

6. Постанова КМУ від 27 червня 2007 р. № 879 «Про заходи щодо збереження автомобільних доріг» – Редакція від 16.02.2022 р. – [Електронний ресурс] – URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/879-2007-%D0%BF#Text

7. Polyakov, V. M, & Razboynikov, A. A. (2017) Vyznachennia rivnodiiuchoi syl vzaiemodii avtomobilnoho kolesa z nerivnoiu poverkhneiu dorohy [Definition of interaction force between the car wheel and uneven road surface] *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu. Seriia «Tekhnichni nauky» – Herald of National Transport University. Series «Engineering», Issue 1(37)*, 329-338 [in Ukrainian].

8. Polyakov, V. M, & Razboynikov, A. A. (2017) Vyznachennia parametriv roboty pidvisky avtomobilia pry yoho rusi po nerivnii opornii poverkhni [Determining conditions of the car suspension system while driving on uneven supporting surface] *Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu. Seriia «Tekhnichni nauky» – Herald of National Transport University. Series «Engineering», Issue 3(39)*, 117-126 [in Ukrainian].

9. Razboynikov, A. A. (2017) Vplyv shvydkosti avtomobilia na zminu syl, shcho diiut v khodovii chastyni pry rusi po nerivnii dorozi [Impact of vehicle speed on change of forces acting in running gear while driving on uneven road] *Rzeszow : Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Lukasiewicza, Monografia pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy, Systemy i Srodki Transportu Samochodowego. Seria : Transport, 10*, 87-94 [in Ukrainian].

10. Poliakov V. M., Filipova H. A., Razboinikov O. O. (2022) Teoretychne doslidzhennya dynamiky rukhu avtomobilya po nerivniy dorozi [A theoretical study of the dynamics of car movement on an uneven road] *Materials VII International. science-practice conf. «Scientific and applied aspects of the automobile and transport and road industries*. (p.p. 90-93). Lutsk: LNTU [in Ukrainian].

11. Dieter Schramm, Manfred Hiller, Roberto Bardini (2014). *Vehicle Dynamics : Modeling and Simulation*. Heidelberg : Springer, 405 p. [in English].

УДК 336.1 **DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-193-201**
UDC 336.1

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ БЮДЖЕТУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

FEATURES OF THE FORMATION OF THE BUDGET UNDER THE CONDITIONS OF MARITAL STATE



Бабич Людмила Миколаївна, *кандидат економічних наук, доцент, Національний транспортний університет, Київ, Україна,*

https://orcid.org/0000-0003-1602-929X



Гречан Алла Павлівна, *доктор економічних наук, професор, Національний транспортний університет, Київ, Україна, Grechan.ap@gmail.com,*

https://orcid.org/0000-0003-3984-9952

Анотація. Стаття присвячена обґрунтуванню наукових підходів щодо формування бюджету держави в сучасних умовах воєнного стану України. Об`єкт дослідження – нормативно-правове та аналітичне забезпечення щодо формування і виконання бюджету як невід`ємного базису макроекономічного прогнозування. Мета роботи – дослідження ключових питань щодо формування бюджету та окреслення основних напрямів стосовно підвищення його ролі як основи фінансового забезпечення економічного розвитку країни з акцентом на головні пріоритети бюджетних видатків в умовах воєнного стану. Метод дослідження – теоретичне та аналітичне обґрунтування процесів формування і виконання бюджету країни в умовах воєнного стану.

В період тривалого в Україні воєнного стану, коли одночасно відбуваються процеси скорочення надходжень і видатків різних видів бюджетів, це свідчить про надважливу актуальність врахування ряду особливостей щодо формування і виконання бюджету країни з обґрунтуванням всіх реальних джерел ресурсного забезпечення. В науковій статті узагальнено питання ролі і місця бюджету у системі макроекономічного прогнозування, розглянуто актуальні аспекти виконання бюджету за основними його складниками за ряд років та в період ведення воєнних дій на території України, запропоновано алгоритм у дотриманні визначального у бюджетній системі принципу збалансованості. Авторами запропоновано власне бачення економічного змісту бюджету як категорії в умовах воєнного стану з подальшим трактуванням цього поняття у відповідному, створеному в найближчі терміни, нормативно-правовому забезпеченні щодо регулювання бюджетних відносин і бюджетних обмежень

з формування і використання ресурсів бюджетів в умовах воєнного часу, як окремого розділу у Бюджетному кодексі України.

Ключові слова: бюджет, видатки бюджету, воєнний стан, доходи бюджету, дефіцит бюджету, макроекономічне прогнозування, пріоритетні видатки, формування бюджету.

Вступ. Постановка проблеми. Обґрунтування і висвітлення у законодавстві кожної країни базисних підходів щодо формування бюджету здійснюється на засадах об'єктивної необхідності складання головного фінансового фонду для забезпечення через бюджетні видатки реалізації, насамперед, таких функцій держави, як управлінська, економічна, соціальна, оборонна, виконання боргових зобов'язань, тощо. Тобто бюджет є складовою системи відповідних фінансових відносин країни, що регламентуються її Основним Законом та чинним бюджетним законодавством і фактично виступає як матеріальне забезпечення реалізації зазначених функцій. Особливого значення набуває важливість обґрунтованих підходів при формуванні бюджету в умовах війни, коли режим роботи державних фінансів суттєво відрізняється від звичайного.

Все зазначене стало головною передумовою щодо необхідності не лише в обґрунтуванні наукового змісту бюджету, як економічної категорії в умовах воєнного стану, а і в контексті його формування і збалансування за всіма основними параметрами з відповідним віддзеркаленням положень у бюджетному законодавстві.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню наукових проблем, пов`язаних із формуванням бюджету країни присвячено ряд наукових розробок провідних вітчизняних вчених, передовсім, таких як В.М.Опарін, В.М.Федосов, С.І.Юрій, що стали фундаторами української фінансової науки. Проте, є ряд питань у сфері бюджету, як провідної складової фінансової системи, що потребують дослідження змін, які динамічно впливають на характер формування та виконання щорічного фінансового плану країни в жорстких умовах ведення воєнних дій.

Метою даної наукової роботи є дослідження ключових питань формування бюджету з окресленням основних шляхів щодо підвищення його ролі, як невід'ємного базису фінансового забезпечення економічного і соціального розвитку, з акцентом на головні пріоритети бюджетних видатків в умовах воєнного стану.

Постановка завдання. Згідно сучасного бюджетного законодавства України, бюджет – це план формування та використання фінансових ресурсів для забезпечення завдань і функцій, які здійснюються відповідно органами державної влади, органами влади Автономної Республіки Крим, органами місцевого самоврядування протягом бюджетного періоду. [1]

Бюджет, як головний фінансовий план України, що в комплексі відображає фінансово-економічну діяльність держави, формується на кожний бюджетний період за такими класифікаційними частинами: доходи бюджету; видатки та кредитування бюджету; фінансування бюджету; борг, що відповідно до законодавства України та міжнародних стандартів, уможливлює оцінювання складу та структури всіх складових частин бюджету.

Визначальною ж в системі складників є доходна частина бюджету. Дані про формування доходів Державного бюджету України, згідно бюджетної класифікації основних джерел, наводяться у табл. 1.

Розглядаючи динаміку доходів Державного бюджету України за 2015-2022 рр., варто відзначити позитивну динаміку щодо зростання в абсолютних величинах як загальних обсягів, так і, в тому числі, всіх основних складових. Певні зміни відзначаються лише у 2022 році, коли під час широкомасштабних дій на території України об`єктивно відбулось різке послаблення потенціалу бізнесових структур, а, значить, і зменшення обсягів надходжень від різних видів податків. Натомість офіційні трансферти у складі доходної частини за 2022 рік суттєво зросли і склали 481,1 млрд. грн..

Така ситуація останнього періоду не могла не позначитись і на структурних характеристиках щодо джерел доходів державного бюджету, оскільки частка податкових надходжень у доходах Державного бюджету України 2022 року значно зменшилась і складала 53,4% їх загального підсумку, порівняно з 86,2% - у 2021 році.

При цьому податківці зазначають, що найбільш результативним за час війни (24 лютого – 31 грудня 2022 р.) у наповненні бюджету був березень, адже бюджетні надходження складали майже 120 млрд. грн., що обумовлено державною політикою проведення сплати наперед платниками і податків, і дивідендів.

Таблиця 1 - Обсяги та структура доходів Державного бюджету України у 2015-2023рр.
Table 1 – Volumes and structure of revenues of the State Budget of Ukraine in 2015-2023.

Показники	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Доходи, млрд грн, з них:	531,6	612,1	787,5	920,8	989,6	1065,4	1284,3	1777,7	1310,2
податкові надходження	409,4	503,9	627,2	753,8	799,8	851,1	1107,1	949,8	1154,0
неподаткові надходження	120,0	103,6	128,6	164,7	186,8	213,0	175,4	346,3	154,9
доходи від операцій з капіталом	0,2	0,2	0,3	0,7	0,2	0,1	0,3	0,4	0,5
офіційні трансферти	1,8	4,1	1,6	1,5	1,1	1,0	1,3	481,1	0,7
Цільові фонди	0,2	0,3	29,8	0,2	1,8	0,2	0,2	0,2	0,1
Доходи, %, з них:	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
податкові надходження	77,0	82,3	79,6	81,9	80,8	79,9	86,2	53,4	88,1
неподаткові надходження	22,6	16,9	16,3	17,9	18,9	20,0	13,7	19,5	11,8
доходи від операцій з капіталом	0,03	0,03	0,04	0,1	0,02	0,01	0,03	0,02	0,04
офіційні трансферти	0,3	0,7	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	27,1	0,1
Цільові фонди	0,03	0,05	3,79	0,02	0,18	0,02	0,02	0,01	0,01

*- без урахування міжбюджетних трансфертів

Складено за даними [5].

Водночас, митні платежі складали всього 308 млрд. грн.., або 56,9 відсотка від запланованих 528 млрд. грн. Така ситуація вказує, що митниця стала прикладом неефективної діяльності щодо наповнення доходної частини бюджету і, навіть загалом головною внутрішньою проблемою 2022 року, переважно у зв`язку із неврегульованими структурними і кадровими змінами та значними корумпованими схемами, що не могло не призводити до затримки експортних операцій, які є важливою складовою сучасної економіки воєнного стану.

Тому у 2023 році передбачено сконцентрувати більше зусиль на раціональному використанні внутрішніх ресурсів, адже, як і у попередньому, саме їхнім коштом дедалі більшим вбачається фінансування потреб фронту. [2]

Загальновідомо, що доходи бюджету формуються за рахунок внутрішніх (ВВП, національного багатства) та зовнішніх (надходження від міжнародного перерозподілу доходів і фінансових ресурсів) джерел. Важливим в цьому напрямку орієнтиром у економічно розвинених країнах визнається плановий показник щодо частки перерозподілу ВВП через зведений бюджет .

Варто відразу зазначити, що впродовж всіх років незалежності України чітко не вказувалось, на які параметри можна орієнтуватися щодо перерозподілу ВВП через доходи зведеного та державного бюджетів і яка політика в цьому контексті вбачається центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування бюджету країни. Проте, не можна не відмітити, що в останній період – з 2013

по 2022 роки спостерігається тенденція до зростання частки перерозподілу ВВП через доходи Зведеного бюджету України. Так, якщо у 2013р. через доходи зведеного бюджету перерозподілялось 29,1% ВВП, то у 2019р. – 32,4, 2020 – 32,6, 2021 – 30,4, а у 2022р. – вже 44,7%. [5]

Все це свідчить про певне посилення на зразок інших країн рівня бюджетної централізації а, значить, і поступове збільшення коштів для фінансового забезпечення виконання покладених на органи управління функцій.

Отже, навіть за умов війни, одним із напрямів ресурсного забезпечення виконання функцій держави незмінно залишається подальше зростання обсягів доходів бюджетів разом із зростанням номінальних і реальних обсягів ВВП.

Слід враховувати, що планування бюджету, яке базується, передовсім, на прогнозуванні макроекономічних показників, в умовах війни суттєво ускладнене. Насамперед, через відсутність жодної надійної методики, яка б передбачала рух економіки за вже завданих війною втрат. Ось чому уряд, складаючи проект державного бюджету на 2023 рік, практично не мав іншого вибору, аніж скористатись стандартними процедурами та методиками, створеними для мирного часу. І, як результат – макроекономічний прогноз став вельми песимістичним, зокрема, йдеться про нереально очікуваний приріст ВВП у розмірі 4,6 відсотків, що, врешті, зазнав корегувань у бік зменшення.

Ускладнила прогнозування доходної частини бюджету, яка у 2022 воєнному році була виконана на 82,4 відсотка, і неможливість врахування у її складі офіційних трансфертів з міжнародної допомоги. Так, наприклад, за 9 місяців минулого року таких трансфертів надійшло на суму 342 млрд. грн. (при плані 130,9 млрд. грн. на рік), при чому в липні-вересні сукупно їх величина складала майже половину дохідної частини загального фонду зведеного бюджету. На сьогодні у фінансовій звітності з бюджету країни трансферти представлені за двома категоріями: офіційні трансферти від Європейського Союзу, урядів іноземних держав, міжнародних організацій, донорських установ; офіційні трансферти від органів державного управління.

На 2023 рік уряд запропонував зовнішні запозичення переважно від інституційних кредиторів на суму 1 596 млрд. грн., з них приблизно 1 180 млрд. грн.. має бути спрямовано на фінансування бюджету. Оскільки зарубіжні партнери заявляли про готовність надавати фінансову підтримку до перемоги, що і відбувається на сьогодні - до складу доходної частини зведеного бюджету більшість запозичень надходять в вигляді грантів і різних видів допомог. Очікувана урядом зовнішня підтримка, з огляду на середньорічний прогноз курсу національної валюти, складатиме приблизно 2,5 млрд. грн. за місяць, що, безперечно, є меншою ніж проголошена МВФ у травні 2022 року потреба у 5 млрд. доларів.

При зменшених очікуваннях у формуванні доходної частини бюджету, сформована і його видаткова частина на 2023 рік. Проте, навіть з врахуванням 30 відсоткової прогнозованої інфляції розмір видатків зведеного бюджету на 5 відсотків є меншим у порівнянні з плановими показниками 2022 року. [5] Динаміка видатків та кредитування бюджету за функціональною класифікацією надається у табл.2.

Розглядаючи структуру функціональної класифікації видатків Зведеного бюджету України, варто зазначити, що динаміка основних показників за останні роки вказує на зміщення акценту в бік фінансового забезпечення, передовсім, оборонної галузі (37,6%), а також громадського порядку і безпеки країни (майже 15%) з врахуванням оптимізації щодо соціального забезпечення населення (15%). Таке співвідношення видатків в сучасних умовах ведення тривалих воєнних дій є зрозумілим і виправданим.

Таблиця 2 - Обсяги та структура функціональних видатків Зведеного бюджету України у 2019-2022 роках

Table 2 - Volumes and structure of functional expenditures of the Consolidated Budget of Ukraine in 2019-2022

Показники	млрд грн				структура, %			
	2019	2020	2021	2022	2019	2020	2021	2022
Видатки, всього	1372,4	1595,4	1845,4	3043,4	100,0	100,0	100,0	100,0
Загальнодержавні функції (без обслуговування боргу та виплат за державними деривативами)	83,0	83,6	95,1	88,2	6,0	5,2	5,2	2,9
Обслуговування боргу та виплати за державними деривативами	120,1	121,2	157,6	160,3	8,8	7,6	8,5	5,3
Оборона	**106,6**	**120,4**	**127,5**	**1142,9**	**7,8**	**7,5**	**6,9**	**37,6**
Громадський порядок, безпека та судова влада	**143,7**	**159,5**	**176,1**	**454,4**	**10,5**	**10,0**	**9,5**	**14,9**
Економічна діяльність	154,2	262,9	293,6	156,4	11,2	16,5	15,9	5,1
Охорона навколишнього природного середовища	9,7	9,1	10,6	5,2	0,7	0,6	0,6	0,2
Житлово-комунальне господарство	34,5	32,2	56,9	41,2	2,5	2,0	3,1	1,4
Охорона здоров'я	128,4	175,8	204,1	215,3	9,4	11,0	11,1	7,1
Духовний та фізичний розвиток	31,6	31,7	43,4	33,6	2,3	2,0	2,3	1,1
Освіта	238,8	252,3	312,9	290,8	17,4	15,8	17,0	9,6
Соціальний захист та соціальне забезпечення	**321,8**	**346,7**	**367,3**	**455,2**	**23,4**	**21,7**	**19,9**	**15,0**

Складено за даними [5].

Пріоритетність здійснення видатків, вже згідно з Постановою КМУ від 09 червня 2021 року № 590, була такою: видатки на національну безпеку і оборону та на здійснення заходів правового режиму воєнного стану, обладнання робочих місць для виконання функціональних обов`язків оперативним складом пунктів управління у можливих місцях розгортання Ставки Верховного Головнокомандувача, матеріально-технічне, транспортне, соціально-побутове та інше забезпечення діяльності України, Ради Національної безпеки і оборони України, Офісу Президента України. [3] Другою чергою пріоритетного фінансування видатків бюджету України, згідно із затвердженим Розпорядженням КМУ № 181-р-24 лютого 2022 року, визначено: погашення та обслуговування державного (місцевого) боргу, виконання гарантійних зобов’язань, виплати за державними деривативами; виплати пенсій, покриття дефіциту бюджету Пенсійного фонду України, покриття тимчасових касових розривів Пенсійного фонду України; забезпечення безперервної роботи об’єктів критичної інформаційної інфраструктури, обслуговування та ремонт споруд цивільного захисту (укриття, бомбосховища, пунктів незламності, тощо); фінансування поточних видатків бюджетних установ за рахунок загального і спеціального фондів місцевого бюджету; соціальне забезпечення населення, реалізація програм державних гарантій медичного обслуговування населення; надання Фондом розвитку підприємництва фінансової державної підтримки суб’єктам підприємництва на компенсацію відсотків за кредитами та винагороди

за договорами фінансового лізингу, а також фізичним особам – позичальникам на здешевлення вартості іпотечних кредитів; видатки на програми з підтримки Збройних сил України, заходи та роботи з територіальної оборони; інші видатки, пов'язані із забезпеченням життєдіяльності громади. [4]

Якщо керуватися прогнозними та плановими показниками уряду, видатки бюджету, з урахуванням бюджетних обмежень, відносно ВВП знизяться з 56,6 відсотків, згідно плану 2022 року, до 39,3 відсотків за планом 2023 року. Та, навіть з урахуванням такого зменшення видатків, дефіцит бюджету за планом складатиме 1280 млрд. грн., або 20 відсотків від ВВП, що на 3 відсотки більше планового показника 2022 року.

В цьому аспекті при складанні бюджету країни важливо і за умов воєнного стану дотримуватися такого визначального принципу бюджетної системи, як принцип збалансованості, коли всі складники бюджету мають бути оптимально, виходячи із ресурсного забезпечення, сформовані та збалансовані за своїми параметрами. При цьому повноваження на здійснення витрат бюджету мають відповідати обсягу надходжень бюджету на відповідний бюджетний період.

З огляду на зазначене, та, враховуючи сучасну практику розробки дефіцитних бюджетів, особливо за 2022 та 2023 роки, формування саме такого бюджету на відповідний бюджетний період має неодмінно передбачати:

а) визначення реальних за джерелами обсягів доходів;

б) оптимізацію обсягів і структури видатків та кредитування;

в) збалансування бюджету, що стає можливим реалізувати через:

- збільшення доходів шляхом уведення нових податків, підвищення ставок чи розширення бази оподаткування стосовно чинних податків, розширення передумов щодо формування і використання неподаткових доходів;

- скорочення (збільшення) видатків пропорційно чи вибірково;

- обрахунок перевищення видатків над доходами (з урахуванням різниці надання і повернення кредитів) та прийняття бюджетного дефіциту із встановленням, згідно норм законодавства, джерел щодо його покриття.

Оптимізація та збалансованість структури бюджету відображає, до певної міри, і реалістичність визначених на відповідний період орієнтирів та окремих показників бюджетної політики, як підґрунтя щодо розробки основних параметрів бюджету. Тому методи збалансування бюджету обираються саме на початках обґрунтування за обраними напрямами пріоритетів та завдань бюджетної політики держави на період дії воєнного стану.

Загалом же від ступеню обґрунтованості таких основних параметрів бюджету, тобто обсягів і структури дохідної та видаткової частин бюджету, з урахуванням відповідно передбачених завдань щодо бюджетного кредитування, їх збалансованості за показником дефіциту (профіциту) бюджету разом з визначенням джерел покриття дефіциту (напрямів використання профіциту), будуть формуватися передумови стосовно подальшого розширення можливостей макроекономічного зростання і соціального розвитку. Ось чому важливим постає завдання правильного вибору концепції для побудови бюджету країни в умовах воєнного стану, що має віднайти чітке законодавче відображення.

Все зазначене щодо питань збалансування бюджету в сучасних економічних умовах має позитивно позначитись на складанні зведеного бюджету країни, що згідно чинного законодавства розглядається як сукупність показників усіх бюджетів бюджетної системи України і використовується як аналітико-статистичне узагальнення планових і фактичних показників системи бюджетів в контексті оцінювання стану і перспектив формування сфери державних фінансів серед головних складників фінансової системи, навіть поза межами воєнного часу.

Таким чином, руйнівні умови воєнного стану економіки та негативні тенденції демографічних змін в напряму переміщення за межі країни значної частини працездатного населення, неминуче призводять до подальшого звуження реальних джерел наповнення державного централізованого фонду. Такі обставини можуть вказувати на передбачуваність, в разі подальшого загострення

економічної ситуації, можливого залучення щодо фінансування дефіциту бюджету також і інфляційного джерела, тобто грошової емісії, адже виходячи з досвіду, емісія грошей у разі спрямування коштів в інвестиційну діяльність, все ж може сприяти зростанню ВВП при незначному зростанні інфляції. Водночас, такі заходи в певній мірі можуть позначитись на формуванні боргової політики щодо необхідності здійснення подальших запозичень.

В Україні загальна сума державного боргу разом із гарантованим державою нині становить більше чотирьох трильйонів гривень, що сягає три чверті номінального обсягу ВВП. Ці дані "сумної статистики" свідчать про те, що Україна в останні роки , різко збільшивши обсяги загальної суми боргу, перейшла критичну його межу на рівні 60% від ВВП і потребує врегулювання цих процесів з урахуванням вимог міжнародних фінансових інституцій як щодо погашення вже взятих боргів, так і стосовно подальшого отримання в умовах війни нових запозичень. Враховуючи, що частка гарантованого державного боргу постійно зменшується: якщо у 2014 році вона відповідала 14%, то у 2021 році – 11,6 %, а частка зовнішнього державного боргу коливається від 50% до 60%, тобто, складає левову частку боргових запозичень, це свідчить про все більші ризики використання саме зовнішніх позик для покриття дефіциту бюджету, адже стратегію зовнішніх запозичень дедалі важливіше узгоджувати із власними можливостями країни щодо експортних операцій і формування в зв'язку з цим валютних надходжень.

Через зростання боргу на 160 млрд. грн. порівняно з попереднім роком у бюджеті на 2023 рік збільшено також видатки на обслуговування боргових зобов'язань, в результаті чого видатки на соціальну сферу зменшились на 56 млрд. грн., або ж на 8 відсотків.

Відтак, надмірне зростання дефіциту та боргових зобов'язань не може не вплинути на характер дії бюджетних важелів щодо підтримання економіки в період війни та повоєнного відновлення. У цій ситуації варто застосувати ряд заходів, аби пом'якшити фінансові ризики стосовно виконання Державного бюджету України у 2023 році.

Висновки та пропозиції. Отже, бюджет, що є об'єктивною впродовж тривалого історичного періоду категорією, безпосередньо пов'язується з розподілом і перерозподілом ВВП з метою збалансованого формування і ефективного використання грошових коштів централізованого фонду для забезпечення виконання державою її завдань і функцій. З огляду на багатофункціональне призначення і важливу роль в економічному і соціальному розвитку, бюджет, на який припадає більш ніж 80 відсотків економічних відносин загальнодержавного сектору, виступає провідною ланкою державних фінансів, і, водночас, є рушієм у формуванні потенціалу щодо економічного зростання, особливо в умовах воєнного стану.

З метою забезпечення виконання бюджетних завдань у поточному 2023 році доцільно здійснити ряд невідкладних заходів. Першочергово, на нашу думку, слід запровадити методичні положення щодо регулювання бюджетних відносин і бюджетних обмежень з формування та використання бюджетних ресурсів в умовах воєнного стану, які дозволять уряду більш гнучко оцінювати очікувані надходження до бюджету, комплексно враховуючи не лише кількісні макроекономічні параметри, а і прогнозовані якісні зміни, у тому числі - в податковому, а далі і в бюджетному законодавстві. Проводити анонсовані перемовини з міжнародними донорами щодо обсягів та графіків надання грантової підтримки для їх включення до доходної частини Зведеного бюджету України в напряму посилення практики «економічного рамштайну». Розглянути можливості щодо зменшення видатків на обслуговування внутрішнього боргу шляхом його реструктуризації з використанням практики, що мала місце в Україні у післякризовому 2009 році. Урядовцям важливо періодично проводити консультації з НБУ та окремими комерційними банками в контексті компенсації жорстких бюджетних обмежень заходами монетарної політики щодо поліпшення доступності кредитів, зниження вартості депозитних сертифікатів, тощо.

Безперечно, зазначена низка заходів не скасовує необхідності подальшої раціоналізації бюджетних видатків, проте, на засадах створеного в найближчі терміни обґрунтованого нормативно-правового базису з регулювання системи бюджетних відносин та бюджетних обмежень у воєнний час з відповідним його включенням до Бюджетного кодексу України, будуть створені і чітко визначені

засади та можливості ефективно приймати в умовах воєнного стану виважені і обмірковані рішення в системі бюджетного планування та макроекономічного прогнозування.

Виходячи з того, що в умовах воєнних дій кошти бюджетного фонду країни мають першочергово слугувати досягненню головної мети – отриманню в якомога оптимальніші строки юридично визнаної остаточної перемоги над ворогом, бюджет, як економічна категорія, набуває нового , більш поглибленого згідно вимог воєнного часу, змісту. З огляду на зазначене, пропонуємо вважати, що в умовах воєнного стану бюджет – це комплексний плановий документ країни щодо формування та використання фінансових ресурсів з метою виконання завдань і головних функцій органами державної влади, органами влади АРК та органами місцевого самоврядування з акцентом на пріоритетне фінансування оборонної функції держави із залученням всіх реально можливих зовнішніх фінансових джерел (включаючи як пільгове кредитування, так і різні види офіційних трансфертів, грантів і допомоги) та – при всебічному сприянні економічного зростання – створення, згідно положень чинного на час війни бюджетного законодавства, передумов для максимальної мобілізації коштів внутрішнього ресурсного базису з подальшим збалансуванням параметрів основних бюджетних складників.

Перелік посилань

1.Бюджетний кодекс України від 08.07.2010 за № 2456-VI – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-17#Text (Дата звернення 25.03.2023р.)

2.Доходи Державного бюджету України на 2023 рік. Додаток № 1 до Закону України «Про Державний бюджет України на 2023 рік» – Режим доступу: https://mof.gov.ua/storage/files/%D0%94%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BA_%E2%84%961.pdf (Дата звернення 25.03.2023р.)

3.Постанова Кабінету Міністрів України № 590 від 9 червня 2021 року «Про затвердження Порядку виконання повноважень Державною казначейською службою в особливому режимі в умовах воєнного стану» – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/590-2021-%D0%BF#Text (Дата звернення 25.03.2023р.)

4. «Питання запровадження та забезпечення здійснення заходів правового режиму воєнного стану в Україні» Розпорядження від 24 лютого 2022 р. № 181-р. Київ – Режим доступу: https:zakon.rada.gov.ua/laws/show/181-2022-%D1%80#Text (Дата звернення 17.02.2023р.)

5.Статистичний збірник: «Бюджет України 2021» підготовлено відділом статистики державних фінансів Департаменту державного бюджету Міністерства фінансів України – Режим доступу: https://mof.gov.ua/uk/statistichnij-zbirnik (Дата звернення 28.03.2023р.)

FEATURES OF THE FORMATION OF THE BUDGET UNDER THE CONDITIONS OF MARITAL STATE

Babich Lyudmila M., Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine, babich_ludmila@ukr.net, https://orcid.org/0000-0003-1602-929X

Grechan Alla P., Doctor of Economics, National Transport University, Kyiv, Ukraine, Grechan.ap@gmail.com, *https://orcid.org/*0000-0003-3984-9952

Abstract. The article is devoted to the substantiation of scientific approaches to the formation of the state budget in the modern conditions of Ukraine's martial law. The object of the study is regulatory and analytical support for the formation and implementation of the budget as an integral basis of macroeconomic forecasting.

The purpose of the work is to study the key issues related to the formation of the budget and outline the main directions for increasing its role as a financial basis for ensuring the economic development of the country with an emphasis on the main priorities of budget expenditures in the conditions of martial law.

The research method is a theoretical and analytical substantiation of the processes of formation and implementation of the country's budget in the conditions of martial law.

In the period of long-term martial law in Ukraine, when processes of reducing revenues and expenditures of various types of budgets are taking place at the same time, this indicates the extreme urgency of taking into account a number of features regarding the formation and implementation of the country's budget with justification of all real sources of resource provision. The scientific article summarizes the issues of the role and place of the budget in the system of macroeconomic forecasting, considers the actual aspects of the implementation of the budget according to its main components for a number of years and during the period of military operations on the territory of Ukraine, and proposes an algorithm in compliance with the principle of balance, which is decisive in the budget system. The authors proposed their own vision of the economic content of the budget as a category in the conditions of martial law, with further interpretation of this concept in the corresponding, soon-to-be-created regulatory framework for the regulation of budgetary relations and budgetary restrictions on the formation and use of budget resources in wartime conditions, as a separate of the section in the Budget Code of Ukraine.

Key words: budget, budget expenditures, martial state, budget revenues, budget deficit, macroeconomic forecast, priority expenditures, budget formation.

References

1.Byudzhetnyy kodeks Ukrayiny vid 08.07.2010 za № 2456-VI URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-17#Text [Budget Code of Ukraine dated July 8, 2010 under No. 2456-VI] [in Ukrainian] (Last accessed: 25.03.2023)

2.Dokhody Derzhavnoho byudzhetu Ukrayiny na 2023 rik. Dodatok № 1 do Zakonu Ukrayiny «Pro Derzhavnyy byudzhet Ukrayiny na 2023» https://mof.gov.ua/storage/files/%D0%94%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%82%D0%BE%D0%BA_%E2%84%961.pdf [Revenues of the State Budget of Ukraine for 2023. Appendix No. 1 to the Law of Ukraine "On the State Budget of Ukraine for 2023"] [in Ukrainian] (Last accessed: 25.03.2023)

3.Postanova Kabinetu Ministriv Ukrayiny № 590 vid 9 chervnya 2021 roku «Pro zatverdzhennya Poryadku vykonannya povnovazhen′ Derzhavnoyu kaznacheys′koyu sluzhboyu v osoblyvomu rezhymi v umovakh voyennoho stanu» [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 590 of June 9, 2021 "On approval of the Procedure for the exercise of powers by the State Treasury Service in a special regime under martial law"] [in Ukrainian] (Last accessed: 25.03.2023)

4.«Pytannya zaprovadzhennya ta zabezpechennya zdiysnennya zakhodiv pravovoho rezhymu voyennoho stanu v Ukrayini» Rozporyadzhennya vid 24 lyutoho 2022 r. № 181-r. Kyyiv ["Issues of introducing and ensuring the implementation of measures of the legal regime of martial law in Ukraine" Order of February 24, 2022 No. 181 Kyiv] [in Ukrainian] (Last accessed: 17.02.2023)

5. Statystychnyy zbirnyk: «Byudzhet Ukrayiny 2021» pidhotovleno viddilom statystyky derzhavnykh finansiv Departamentu derzhavnoho byudzhetu Ministerstva finansiv Ukrayin Kyyiv Statistical collection: "Budget of Ukraine 2021" prepared by the State Finance Statistics Department of the State Budget Department of the Ministry of Finance of Ukraine] [in Ukrainian] (Last accessed: 28.03.2023.

УДК 338.47 **DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-202-214**
UDC 338.47

ЦИФРОВА КУЛЬТУРА В УПРАВЛІННІ ПЕРСОНАЛОМ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

DIGITAL CULTURE IN TRANSPORT PERSONNEL MANAGEMENT INDUSTRIES OF UKRAINE



***Спіцина Ангеліна Євгенівна**, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри економіки, Національний транспортний університет, Київ, Україна, angel7a@ukr.net, tel. +380679053181, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1*

https:// orcid.org/0000-0001-9730-6249

Анотація. У статті досліджено еволюцію розвитку та становлення цифрової культури персоналу як перспективного напряму діяльності транспортних підприємств. Проаналізовано й узагальнено теоретичні засади розвитку цифрової культури. Розглянуто існуючі підходи до трактування цифрової культури, які запропоновано різними авторами. Досліджено структуру цифрової компетентності з урахуванням світового досвіду, яка містить такі складові: спілкування й співпраця, інформаційна грамотність, уміння вирішувати проблеми і поставлені завдання, інформаційна безпека, цифрова ерудиція, цифровий талант, цифровий ентузіазм, створення цифрового контенту тощо.

У результаті дослідження встановлено, що цифрову культуру варто розглядати як набір принципів, цінностей і методів у системі управління персоналом з використанням інформаційно-комунікаційних технологій для взаємодії керівництва, співробітників і вирішення завдань у професійній діяльності. Це сформований спосіб і характер поведінки співробітників підприємства, які виникли під впливом трансформації цифрового суспільства та має на увазі підвищення рівня цифрових навичок, грамотності і умінь користуватися сучасними інформаційно-комунікаційними технологіями і програмним забезпеченням. Визначено ключові принципи формування та розвитку цифрової культури підприємств в умовах діджитал-економіки: організаційна гнучкість; орієнтація на результат; прозорливість; технологічна грамотність; адаптивність до глобальних викликів та організаційних змін; мережевий підхід до формування цифрових платформ; постійне навчання.

Ключові слова: цифрова культура, цифрова трансформація, транспортна галузь, управління персоналом, принципи, мотивація, менеджмент персоналу.

Вступ. Динамічний розвиток цифрових технологій впливає на всі сфери життєдіяльності людини. У зв'язку з цим людство зіткнулося з новою фазою свого розвитку – глобальним цифровим суспільством, перехід до якого передбачає здійснення певних трансформацій в культурній структурі суспільства кожної країни, зокрема й України.

В Україні, як і в більшості європейських країн, одним із пріоритетів державної політики є створення цифрового середовища, орієнтованого на людину, формування нового інформаційного

суспільства, орієнтованого на розвиток, у якому кожен може створювати, збирати, отримувати, використовувати та обмінюватися інформацією та знаннями.

Наразі основними завданнями Міністерства цифрової трансформації України є генерування та втілення державної стратегії у сфері цифрової трансформації, цифрового розвитку, цифрових електронного урядування та електронної демократії, цифрової економіки та цифрових інновацій [14].

В Стратегії регіонального розвитку на 2021-2027 роки цифрова трансформація визначена, як один з важливих факторів процвітання регіонів та підвищення їх конкурентоспроможності. Експерти наголошують, що низький рівень цифровізації на даний момент суттєво стримує розвиток регіонів, тому ця сфера потребує нових рішень [13]. Сучасна проблема для регіонів України - це значні розриви. Є регіони, які є явними лідерами процессу цифровізації, зокрема це Київ, Львів. Є явно виражені регіони-аутсайдери, де процес цифровізації уповільнюється через брак коштів на впровадження цифрових рішень, відсутність потрібних кадрів, небажання місцевої влади змін. На Сході та Півдні України ситуація ускладнилась бойовими діями і тимчасовою окупацією, а також руйнуванням транспортної інфраструктури.

Широкомасштабна агресія росії проти України актуалізує необхідність цифрової трансформації як всієї економіки, так і її окремих секторів та регіонів. Одним з ключових секторів нині є транспорт, який забезпечує організацію доставки матеріальних потоків між різними регіонами в середині країни, включаючи тимчасово окуповані регіони та ті, які знаходяться в зоні бойових дій та деокуповані. Покращення роботи транспортної системи в регіонах можливе насамперед завдяки використанню цифрових технологій.

Рівень розвитку транспортної системи держави - одна із найважливіших ознак її технологічного прогресу й цивілізованості. Потреба у високорозвиненій транспортній системі ще більш підсилюється при інтеграції в європейську і світову економіку, транспортна система стає базисом для ефективного входження України у світове співтовариство й заняття в ньому місця, що відповідає рівню високорозвиненої держави.

Ефективне функціонування підприємств сфери транспорту вважається необхідною умовою забезпечення високого рівня конкурентоспроможності країни в цілому. Діяльність транспортних підприємств є визначальною умовою досягнення соціальних та фінансових цілей розвитку не лише галузі, а й економіки країни загалом. Інтенсивність процесів розвитку національної економіки, впровадження новітніх технологій у надання послуг (у тому числі й транспортних) потребує дотримання загальних стратегічних напрямів та орієнтирів, що дозволять їм максимально ефективно адаптуватися до нових сучасних умов ведення господарства. Саме тому виникає проблема врахування загальних національних стратегій розвитку галузі при формуванні стратегічних орієнтирів транспортних підприємств.

Цифрові технології дозволяють транспортним компаніям автоматизувати та оптимізувати логістичні процеси. Застосування розумних транспортних систем впливає на безпеку, швидкість та комфорт перевезень. Цифрові технології надають транспортним компаніям доступ до великої кількості даних, які можуть бути використані для аналізу та прогнозування.

Ефективність організації транспортного процесу і управління ним і, в кінцевому рахунку, подальший розвиток транспорту значною мірою визначається підготовкою та наявністю висококваліфікованих кадрів, які своєчасно вмотивовані на якісну працю.

Враховуючи особливості зовнішнього середовища підприємства, розвиток персоналу має розглядатись насамперед як процес цілеспрямованого вдосконалення структури персоналу з метою забезпечення ефективності діяльності підприємств транспорту з урахуванням впливу євроінтеграції.

Наразі актуальною є проблема дослідження процесу формування структури персоналу підприємств транспорту, яка відповідала б сучасним умовам їхньої діяльності. Безперечної важливості набуває розроблення теоретичних засад розвитку персоналу в умовах поглиблення європейської інтеграції України, оскільки наявні підходи до розвитку персоналу поки що недостатньо враховують вплив євроінтеграційних процесів на діяльність підприємств транспортної сфери.

Питання цифровізації транспортної системи України не знайшли належного висвітлення в науковій літературі та нормативно-правових актах.

В сучасному науковому дискурсі використовується ряд термінів, зміст яких дозволяє поєднувати феномени культури та цифрові технології: «комп'ютерна культура», «інформаційна культура», «електронна культура», «цифрова культура», «кіберкультура», «медіакультура» тощо. Отже, світоглядною основою для таких феноменів має бути усвідомлення того, що наш світ, наша сучасність перебувають у стадії посиленого технодетермінізму, який прискорено змінює як епістемологічні можливості культури, так і соціальні процеси. Тому однією з головних стає проблема збереження зразків традиційної культури, особливо під час війни.

Мета статті полягає у теоретичному узагальненні підходів до визначення цифрової культури та базових складових у системі управління персоналом підприємства.

Постановка задачі. Для досягнення поставленої мети визначено такі наукові завдання:

дослідити еволюцію розвитку та становлення цифрової культури як перспективного розвитку транспортної галузі;

розглянути існуючі підходи до трактування цифрової культури, які запропоновано різними авторами;

запропонувати структуру цифрової компетентності з урахуванням світового досвіду;

надати авторський підхід до трактування поняття «цифрова культура»;

визначити ключові принципи формування та розвитку цифрової культури підприємств транпортної галузі в умовах діджитал-економіки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Актуальність дослідження та опанування цифровізації як ключового тренду суспільного розвитку було підкреслено у 2006 р. в «Рекомендаціях Європейського Парламенту та Ради Європи щодо формування ключових компетентностей ціложиттєвої освіти» ("Proposal for a Recommendation", 2006). Як результат процесів імплементації європейських трендів суспільного розвитку Кабінет Міністрів України у 2016 р. ухвалив «Цифровий порядок денний України 2020» ("Цифрова адженда України", 2016), що визначав першочергові сфери «цифровізації» на 2016–2020 рр. У цьому документі поняття «цифрова грамотність» та «цифрова компетентність» використовувалися як синоніми, зазначалося, що цифрова компетентність у широкому сенсі – це упевнене, критичне та творче використання інформаційно-комп'ютерних технологій для досягнення цілей, пов'язаних із роботою, працевлаштуванням, навчанням, дозвіллям, громадським життям. Далі підкреслювалось, що цифрова грамотність (або цифрова компетентність) визнана ЄС однією з восьми ключових компетентностей для навчання протягом усього життя.

У процесі вивчення домінанти розвитку цифрової економіки дослідники Н.М. Краус, О.П. Голобородько та К.М. Краус [12] розглянули особливі тренди цифрової економіки та її якісні характеристики. Науковці вважають, що впровадження цифрової економіки в Україні на початковому етапі має відбуватися одночасно за трьома напрямами: технологічним, виробничим та інституційно-економічним. Цифровізація України має сприяти розвитку інформаційного суспільства, засобів масової інформації, креативного середовища та креативного ринку тощо.

Питання трансформації організаційної культури підприємств в умовах зміни внутрішнього і зовнішнього середовища вивчає Н.С. Ринкевич [24]. Вона досліджує комплекс заходів із цифрової трансформації організаційної культури підприємств, до яких відносить: застосування employee-driven-менеджменту, впровадження модульної платформи нового покоління для управління персоналом Hrmaps та ін.

С.В. Іванов та О.С. Вишневський вивчають питання модернізації економіки України за рахунок розвитку її цифрової складової, досліджують тенденції розвитку цифрових платформ як частини цифрової економіки [5].

С.В. Коляденко досліджує основні етапи становлення цифрової економіки [14]. Н.Ю. Коровайченко приділяє увагу вивченню передумов інтеграції України до Єдиного цифрового ринку ЄС з точки зору відповідності реалій вітчизняного ринку цифрових технологій інтеграційним пріоритетам [16].

Різні аспекти проблеми цифрової культури розглядались як окремими авторами, так і знайшли відображення в документах міжнародного рівня (Базелюк, 2018; Гаврилова & Топольник, 2017; Соколова, 2012; Ferrari, 2011; "Про схвалення Концепції розвитку", 2018; "The Digital Competence", 2019; "Digital culture", 2017.

Значний внесок у вивчення означеного питання здійснили й вітчизняні науковці, такі як: Н. Дащенко [8], О. Астаф'єв [2], О. Струтинська [23] та інші. Ними запропоновано тлумачення понять «цифрова грамотність», «цифрова компетентність», «цифрова культура», визначено їх структуру та специфічні особливості, які пов’язано зі стрімким розвитком сучасних цифрових технологій.

Виклад основного матеріалу. Під впливом цифрової культури, починаючи з 90-х років минулого століття, у США та в інших розвинених країнах виникли нові напрямки фундаментальних і стратегічних досліджень: постматеріалізм, постгуманітаристика, нове екомислення та екомоделювання, які суттєво переглянули класичні міждисциплінарні підходи модерного наукового пізнання та врахували тотальність цифрового фактору у житті сучасного людства.

Відтак очевидно, що «цифрова культура» – це базова основа сучасної світової культури, котра є невід’ємною складовою усіх без виключення суспільних процесів. Саме тому дослідження явища цифрової культури та її впровадження мають вагоме значення для подальшого розвитку країни, її наукового, освітнього й виробничого потенціалу, особливо з точки зору вироблення оперативної та доступної візуальної інформації (зовнішня реклама та знаки повідомлень у великих містах, інфографіка, науково-популярні фільми, наукова журналістика, електронна книжка, гаджети для дітей і підлітків тощо) [9].

Проблемі розвитку цифрової економіки та трансформаційним процесам, що відбуваються в суспільстві під впливом цифровізації, значну увагу приділяють сучасні вітчизняні та зарубіжні вчені. Цифрова культура сьогодні створює світ навколо нас і забезпечує складним набором цифрових інструментів для організації нових відносин та культурної взаємодії. Цифрова економіка перш за все залежить від розвитку технологій комунікації, які засновані на broadband доступі до Інтернету, також як і розвитку мобільних зв’язків, зв’язків через супутник. Дослідження говорять, що коли інфраструктура доступу до Інтернету зростає до 10%, це призводить до 1,38% зростання в економіці країни [30].

Соціально-економічні заходи реалізації політики цифрової трансформації включають впровадження сучасних цифрових рішень в транспортну систему, забезпечення всіх населених пунктів швидкісним інтернетом, переведення адміністративних послуг в онлайн формат, проведення освітніх програм «Цифрової грамотності». Це у перспективі дозволить створити цифровий, комфортний та безпечний життєвий простір в усіх регіонах України.

Цифрова трансформація усіх сфер життєдіяльності соціуму потребує оперативної та якісної підготовки кадрів для реалізації завдань розбудови цифрової економіки. В «Економічній стратегії України - 2030» підкреслено, що «освіта - це один із базових елементів екосистеми цифрових інновацій та цифрової економіки загалом. Створення, залучення й утримання достатньої кількості спеціалістів, які володіють новими технологіями, потрібне для досягнення конкурентної переваги в цифровому світі» ("Україна 2030Е")[26].

Стрімкий розвиток цифрових технологій, масова цифровізація в усіх сферах діяльності та активне використання суспільством діджитал технологій, сьогодні утворили нову, сучасну культура людства - цифрову культуру.

Цифрова культура особистості лежить в основі та складає ядро цифрової культури організацій та суспільства. Цифрова культура організації у сучасному розумінні - це корпоративна культура, яка пов'язана як з високою інтенсивністю інформаційного потоку, так і з раціональною організацією масивів даних (Big Data) та особистою цифровою культурою, яка має унікальні особливості. Необхідність та важливість вивчення та глибокого аналізу холістичного феномену цифрової культури неодноразово відзначається соціологічними опитуваннями. Так, за результатами опитування керівників усього світу, проведеного McKinsey, серед проблем цифрової трансформації найістотнішими названо питання цифрової культури, які перебувають у прямому взаємозв'язку з

негативними економічними результатами організацій. Дослідники McKinsey доводять необхідність планомірного коригування цифрової культури організації відповідно до напрямів стратегії цифрового розвитку [13].

Ґрунтуючись на успішному досвіді компаній-лідерів, вони запропонували зосередитися на таких складових цифрових перетворень:

- створити чітку стратегію цифрового розвитку компанії;
- визначити необхідні цифрові інструменти та оцінити їх вплив;
- оцінити наявний та необхідний рівень навичок персоналу;
- розробити правильну систему організації та управління цифровими змінами;
- побудувати дорожню карту цифрових трансформацій;
- створити систему розвитку цифрової культури[13].

На розвиток цифрової культури впливає велика кількість факторів. Зазвичай у системі управління розвитком персоналу виділяють професійне навчання, підвищення кваліфікації та перепідготовку кадрів тощо. У сучасних умовах, коли цифровізація стає стратегічним пріоритетом багатьох компаній, напрями професійного навчання персоналу мають бути доповнені ще одним важливим блоком - формуванням та розвитком цифрових навичок (рис.1).



Рисунок 1 – Фактори впливу на формування і розвиток цифрової культури персоналу
Figure 1 – Factors influencing the formation and development of the digital culture of personnel

У рамках стратегії цифрової трансформації підприємств транспортної галузі необхідним компонентом є системна підтримки процесів формування і розвитку цифрової культури, включаючи вирішення питань цінностей, лідерства, комунікацій, інфраструктури, безпеки й навчання[11].

Саме під впливом цифрової культури докорінно змінюється й розуміння власне культури, яка є рушієм складних цивілізаційних процесів та їх стадій.

До основних компонентів цифрової культури підприємства належать:

- інноваційне мислення та відкритість до експериментів та ризику;

- відкрита культура, що полягає у відкритих, чесних, своєчасних, унікальних комунікаціях із партнерами, постачальниками, клієнтами, стартапами;

- прийняття управлінських рішень на основі даних та бізнес-аналітики;

- співробітництво: створення крос-функціональних міжвідомчих команд для оптимізації навичок підприємства;

Інші аспекти цифрової культури акцентує К. Літвінова у власному DigitleBlog, розуміючи її як систему правил поведінки людини, яких вона дотримується під час використання інформаційно-комунікаційних технологій [15]. До компонентів цифрової культури авторка відносить: раціональне споживання інформації; критичне мислення, що стосується кількості та якості сприй нятої інформації і вміщує пошук (вибір достовірних та надійних інформаційних джерел), інтерпретацію (надання переваги фактам, ніж думкам), дослідження (глибокий аналіз інформації для формування висновків) й оцінку (погляд на інформаційне повідомлення з різних аспектів); цифрову грамотність, тобто вміння користуватися сучасними ІТ та програмним забезпеченням, особливо у професій ній діяльності; ІТ-волонтерство – використання ІКТ не лише для власних потреб, а й для вдосконалення навколишнього світу; «зелене» використання інформаційних технологій («Greening IT»), участь у вирішенні екологічних проблем, спричинених інформаційним прогресом.

Вважаємо за доцільне вказати на підпорядкованість цифрової грамотності цифровій культурі як її складового компонента та відзначити його педагогічну зорієнтованість[24].

Цифрова грамотність передусім передбачає сформованість певних навичок:

– взаємодії з комп’ютером та будь-якими іншими пристроями (hardware skills), з допомогою яких можна вийти в Мережу або створювати цифрові артефакти;

– взаємодії з програмним забезпеченням (software skills), що забезпечують можливості роботи з контентом.

– роботи з цифровими технологіями (metaskills), зокрема конструювання, розроблення цифрового онлайн чи офлайн середовища (Г. Дженкінс (Jenkins, Purushotma, Weigel et al., 2009)).

Сучасне розуміння цифрової грамотності європейськими й американськими дослідниками обов’язково вміщує екологічне відношення до цифрових технологій як особливого середовища життя людини, що вимагає дотримання норм гігієни й відповідальності користувача[6].

Наразі для підвищення ефективності розвитку корпоративної культури підприємств у контексті цифрової економіки варто впроваджувати комплексний підхід, основна мета якого полягає у симбіозі та постійному взаємозв'язку чинників впливу, складових елементів, цифрових компетенцій та навичок, інформаційних технологій.

Цифрова компетентність - ключова компетентність в умовах четвертої промислової революції. Вона охоплює такі поняття як інформаційна грамотність та медіаграмотність, комунікація та співпраця, створення цифрового контенту, цифрова ерудиція; цифровий талант; цифровий ентузіазм; управління організаційними змінами; управління знаннями; активізація лідерських якостей; стимулювання залучення співробітників;емпатія, безпеку та захист персональних даних та навчання протягом життя[24].

Цифрова компетентність – це не лише сума загальних та професійних знань та умінь користувача технологіями, які представлені в різних моделях сучасних гаджетів, а й установка на ефективну діяльність та особисте ставлення до цього процесу, що ґрунтується на відповідальності.

Високий рівень сформованості цифрових навичок та цифрової компетентності надає можливість людям використовувати дані, добирати та оцінювати їх; створювати цифровий контент, у тому числі на основі програмування, а також вміти користуватись сучасним програмним забезпеченням та пристроями, що працюють на основі штучного інтелекту, зокрема роботами[22].

До основних технократичних феноменів, що визначають сучасну цифрову культуру, належать персональний комп’ютер, інтернет-технології та сервіси, штучний інтелект, системне і прикладне програмне забезпечення, комп’ютерна графіка та системи віртуальної реальності, цифрові формати традиційних засобів комунікації (книги, фотографії, аудіо- і відеозаписи, цифрове ТБ тощо), комп’ютерні ігри, технологічне мистецтво. Ці засоби комунікації докорінно змінюють взаємодію між

членами суспільства та усталені культурні практики, впливають на усі аспекти життєдіяльності людства[18].

Дослідженнями Всесвітнього економічного форуму (WEF – World Economic Forum) [21] за 2018 р про оптимістичний прогноз щодо змін професій. Поряд із скороченням одних робочих місць очікується зростання кількості робочих місць за рахунок виникнення нових професій. До 2022 року в усіх галузях промисловості прогнозується зростання частки нових професій від 16% до 27% - зростання на 11%. Деякі з оцінок таких тенденцій вказують на те, що до 75 млн робочих місць можуть бути витіснені зміною розподілу праці у зв'язку з прискоренням швидкості автоматизації виробництва. В той же час, може з’явитися до 133 млн нових робочих місць для працівників, які зможуть пристосуватись до нових умов розподілу праці між людьми та роботизованими системами; прогнозується зміна навичок та компетентностей, необхідних для більшості професій. Переважна більшість роботодавців очікують, що до 2023 р. навички, необхідні для великої кількості професій, значно зміняться; необхідність у перекваліфікації. Очікується, що до 2024 р. не менше 54% всіх працівники будуть потребувати суттєвої перекваліфікації та підвищення кваліфікації.

За підрахунками ООН [27], у майбутньому буде створено близько двох мільйонів нових робочих місць у сферах технологій, логістики, математики, архітектури та техніки. Та й взагалі близько 90% робочих місць потребуватимуть цифрових навичок та впровадження цифрової культури. Згідно з аналізом Бостонської консалтингової групи цифровізація та цифрова культура є ключовими драйверами зростання ВВП.

Незважаючи на всі досягнення в автоматизації бізнес-процесів, люди з їх інтуїцією, знаннями, вміннями і навичками залишаються ключовим фактором успіху цифрового підприємства, тому традиційні системи управління кадрами трансформуються в управління талантами, навчанням і розвитком творчої та інтелектуальної діяльності персоналу.

Цифрові технології мають значний вплив на підвищення ефективності управління персоналом підприємств виробничої та обслуговуючої сфери транспортної галузі. Використання інноваційних цифрових технологій створюють для підприємств суттєві конкурентні переваги. Залишається недостатньо вивченим питання використання цифрової моделі управління персоналом, яка була б узгоджена із загальною стратегією розвитку підприємства та спрямована на забезпечення її реалізації. Тому проблема впровадження цифрових технологій у сферу менеджменту персоналу набуває дедалі більшої актуальності та потребує більш детальних досліджень[7].

В умовах сучасної цифрової HR-трансформації для підвищення ефективності управління персоналом Бей Г. В., Г. В. Середа пропонують розширити використання інтегрованих мобільних додатків, поглибити автоматизацію процесів управління працівниками, застосовувати прогнозну HR-аналітику, використовувати переваги штучного інтелекту, продовжити цифрову інтеграцію з хмарними сервісами. Це вимагає відповідних змін компетентностей менеджера з персоналу [3].

О. І. Кравчук провела загальне оцінювання основних напрямів електронного менеджменту персоналу, охарактеризувала його основні концепції, акцентувала увагу на провідних HR-технологіях [11]. Г.С. Лопушняк відзначила важливий вплив цифрових технологій на процес управління персоналом і розвиток менеджерських компетентностей [16].

Отже, вивчаючи питання впливу цифрових технологій на ефективність управління персоналом, можна зробити висновок, що цифровізація сприятиме удосконаленню системи менеджменту персоналу в кожному підприємстві, позитивно вплине на підвищення гнучкості, оперативності, мобільності, поглиблення автоматизації управлінських процесів, що в кінцевому результаті приведе до зростання конкурентного потенціалу. Так, окремі напрями розвитку цифрових компетентностей менеджерів потребують модернізації відповідно до вимог цифровізації підприємства.

Ми вважаємо, що застосування інноваційних цифрових технологій сприятиме підвищенню рівня ефективності управління персоналом за рахунок вирішення таких завдань: зростання продуктивності праці; підвищення кваліфікації та перекваліфікація працівників; створення умов для реалізації креативних ідей персоналу; поєднання індивідуальної мети працівника з місією транспортного підприємства.

Війна в Україні ще більше поглибила процеси цифровізації та прискорила розвиток цифрової інфраструктури. Застосування цифрових технологій передбачає наявність легкого доступу до необхідних ресурсів, а також можливість працювати у віддаленому режимі, що призводить до підвищення продуктивності праці як окремого працівника, так і підприємства загалом.

Активна роль HR-процесів змушує в прискореному темпі впроваджувати цифрові технології у сферу управління персоналом. На наш погляд, найбільш ефективними та зручними є такі додатки та чат-бот-сервіси [1]:

3	Додатки та чат-бот-сервіси для управління персоналом
1	Wade and Wendy – чат-бот-сервіс, що здійснює консультації у сферахпланування кар'єри, ознайомлює претендентів з умовами працевлаштування, показує кар'єрні можливості в підприємстві;
2	Firstjob Mya – чат-бот, який може виконувати близько 75,0 % роботи спеціаліста з рекрутингу. Додаток створений на основі штучного інтелекту, ставить питання кандидатам, уточнює їх відповідність вимогам вакансії, відповідає на питання стосовно діяльності, політики й культури підприємства;
3	Switch – популярна платформа, що допомагає кандидатам у пошукахроботи та найму;
4	Unitive – програма, яку використовують для розробки та написання посадових обов'язків, дискусійних обговорень, пов'язаних із наймом на роботу. На основі розроблених алгоритмів програма може визначати девіантну поведінку претендентів, що сприяє скороченню чисельності неусвідомлених
5	Moxie та Telligent – програмне забезпечення, що використовується переважно в соціальних мережах із метою відстеження, оцінки та залучення наявних і потенційних клієнтів;
6	Jive – соціальна платформа, що займається пошуком контенту, передбачає створення блогів, здійснює аналітичні операції, проводить моніторинг окремих людей, груп,
7	E-staff – автоматизована програма, з допомогою якої можна оперативно отримувати та опрацьовувати нову інформацію, консультувати працівників режимі онлайн, здійснювати опитування, проводити конкурси тощо;
8	Hurma Systems – система, яка може здійснювати затвердження відпусток чи вихідних, оцінку тих чи інших досягнень працівників, відстежувати заявки від претендентів і публікувати інформацію про вакансії в соціальних мережах. Нові співробітники отримують вітального листа-програму з описом першого робочого дня;
9	BetterWorks – додаток, який дозволяє давати завдання й отримувати на них відповідь у формі зворотного зв'язку від колег. Тобто можливе безпосереднє спілкування з керівниками підрозділів, провідними спеціалістами та директором;
10	LMS – інтерактивні платформи навчання на основі використання штучного інтелекту та віртуальної реальності. Суттєвою перевагою є те, що можна в будь-який час займатися саморозвитком. І працівники, й викладачі є носіями знань. Вони можуть здійснювати обмін контентом і отримувати відгуки без залучення керівництва

Основними завданнями цифрової трансформації в сфері менеджменту персоналу (human resources management, HRM) є: забезпечення мобільності працівників і соціальної взаємодії, управління знаннями і людьми, зміна організаційної структури, культури і системи управління, реалізація політики сприйняття змін і розвитку нових компетенцій персоналу.

З огляду на це, традиційні HRM-системи трансформуються в управління талантами, навчанням і розвитком працівників [11]. Цифрові трансформації внесли значні зміни в системі управління персоналом, вдосконалили його функції та бізнес-процеси.

Щоб підвищити рівень цифровізації управління персоналом та цифрової культури працівників підприємства, необхідно прагнути до мети – розвитку цифрових компетенцій персоналу та доступ до керівних посад серед найближчого конкурентного середовища з точки зору цифровізації управління персоналом.

Застосування цифрових технологій передбачає зміну підходу до ведення виробничо-комерційної діяльності. Також змінюються вимоги до системи управління в підприємствах, ведення облікових систем, документообігу тощо [3].

Зростає гнучкість зайнятості, підвищується рівень здобутих знань, розвитку практичних навичок, рівень компетентності та професіоналізму. Суттєвою перевагою є можливість зберігання та передавання інформації на міжнародному рівні [23].

Таким чином, подальший розвиток інноваційних цифрових технологій сприятиме формуванню нових конкурентних переваг і допомагатиме підвищити ефективність управління персоналом транспортних підприємств.

Висновки. Інформаційний розвиток сучасності проголошує появу нового суспільства, яке виникає завдяки поширенню мереж. Цифрова культура є матрицею цих процесів, котра за своєю гнучкістю, операційністю та мобільністю виявляється значно ефективнішою за моделі системного бачення та відповідної організації економічних процесів. Тому масштабна інтеграція в цифрову культуру українського суспільства на його різних соціальних рівнях лише посилить ділову активність, зростання соціального капіталу, сприятиме підвищенню конкурентоспроможності національної освіти і науки.

Наявність цифрової культури суспільства – головна ознака його успішності в усіх секторах життєдіяльності країни. Йдеться не лише про розвиток в Україні новітніх моделей соціальної залученості та соціальної мобільності загалом, а, насамперед, про потребу підготовки громадян до «цифрової» соціалізації та культури, які репрезентують суспільство XXI сторіччя.

Впровадження цифрових технологій, а саме, цифрових каналів зв’язку, штучного інтелекту, роботизації, дозволяє менеджерам організувати максимальну персоналізовану взаємодію, якої так прагнуть досягти переважна більшість клієнтів, а підприємству отримати конкурентні переваги на ринку, збільшити прибуток та розвиватися в ногу з часом. Вдосконалення управління персоналу в умовах цифровізації економіки є відповідальністю не тільки бізнесу, але і держави, оскільки вона створює передумови формування кваліфікованого ринку праці.

Перелік посилань

1.Аналітична записка «Питання розвитку цифрової культури українського соціуму», Нац. ін-т стратегічних досліджень (2014). [Елект. ресурс]. Доступно: http://www.niss.gov.ua/articles/1631/.

2.Астаф'єв, О. А. Питання розвитку цифрової культури українського соціуму. Офіційний сайт Національного інституту стратегічних досліджень. URL: https://niss.gov.ua/doslidzhennya /gumanitarniy-rozvitok/pitannya-rozvitku-cifrovoi-kulturi-ukrainskogo-sociumu (дата звернення: 17.03.2023).

3. Бей Г.В. Трансформація HR-технологій під впливом цифровізації бізнес-процесів/ Г. В. Бей, Г. В. Середа // Економіка і організація управління. – 2019. – № 34. – С. 93-101.

4. Bersin J. HR Technology Disruptions for 2017: Nine Trends Reinventing the HR Software Market [Electronic resource] / J. Bersin // Perspective. – 2016. – Accessed mode:https: //www. ig.cl/ wpcontent/uploads/2016/11/HR-Technology-trends-2016-by-Bersin.pdf.

5.Вишневський В. П., Вієцька О. В., Гаркушенко О. М., Князєв С. І., Лях О. В., Чекіна В. Д., Череватський Д. Ю. Смарт-промисловість в епоху цифрової економіки: перспективи, напрями і механізми розвит- ку: монографія; В. П. Вишневський (заг. ред.). Київ: НАН України, Ін-т економіки пром-сті, 2018. 192 с

6.Гаврилова Л. Г., Топольник Я. В. Цифрова культура, цифрова грамотність, цифрова компетентність як сучасні освітні феномени. *Інформаційні технології і засоби навчання.* 2017. Т. 61, № 5. С. 1-14.

7.Грішнова О.А., Заїчко О.С. Новітні технології в економіці персоналу: нові можливості і нові виклики.Вісник економічної науки України. 2016. № 2. С. 52—57.

8. Дащенко Н.М. Соціально відповідальне управління персоналом підприємства в умовах цифровізації економіки. Бізнес Інформ. 2020. № 4. С. 424—432.

9.Digitle. Про компоненти цифрової культури. Блог про розвиток цифрового суспільства. URL: https://digitle.wordpress.com/2016/10/04/12499875/. 2016. (дата звернення: 12.03.2023).

10.Концепція розвитку цифрової економіки [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://www.kmu.gov.ua/ua/npas/pro-shvalennya-koncepciyi-rozvitku-cifrovoyi-ekonomiki-ta-suspilstva-ukrayini-na 2018-2020-roki-ta-zatverdzhennya-planu-zahodiv-shodo-yiyi-realizaciyi

11. Кравчук О. І. Цифрова компетентність менеджера з персоналу / О. І. Кравчук //Соціально-трудові відносини: теорія і практика. – 2018. – № 1. – С. 172-191.

12.Краус Н.М., Голобородько О.П., Краус К.М. Цифрова економіка: тренди та перспективи авангардного характеру розвитку. Ефективна економіка. 2018. № 1. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/1_2018/8.pdf (дата звернення: 17.03.2023).

13. Klei A., Moder M., Stockdale O., Weihe U., Winkler G.Digital in chemicals: From technology to impact. McKinsey & Company. 2017.

14.Кудлай, В. О.. Цифрова грамотність особистості в контексті розвитку інформаційного суспільства. Вісник Маріупольського державного університету. Серія: філософія, культурологія, соціологія, 10, (2015). С. 97-104.

15.Літвінова К. Про компоненти цифрової культури. *Digitle. Блог про розвиток цифрового суспільства.* URL: https://cutt.ly/qyJ3oi8/ (дата звернення: 15.03.2023).

16. Лопушняк Г. Вплив цифрових технологій на формування компетенцій управлінського персоналу / Г. Лопушняк, Р. Миляник // Інвестиції: практика та досвід. – 2019. –№ 24. – С. 10-16.

17. Національний інститут стратегічних досліджень (2014). Питання розвитку цифрової культури українського соціуму: аналіт. записка. URL: http://www.niss.gov.ua/articles/1631/ (дата звернення: 10.03.2023).

18.Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 20182020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації : розпорядження Кабінету Міністрів України від 17 січ. 2018 р. № 67-р. URL: https://cutt.ly/byJ3LZO (дата звернення: 15.03.2023).

20.Про компоненти цифрової культури. Digitle Blog. URL: https://digitle.wordpress.com/2016/10/04/12499875/

21.World Economic Forum (2021). Economic Progress. URL: https://www.weforum.org/ (дата звернення: 11.03.2023).

22.Соціальні, економічні та освітні трансформації в цифрову епоху : монографія / С. В. Лєонов та ін. ; за заг. ред. д-ра екон. наук С. В. Лєонова, к-ки екон. наук О. А. Криклій. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 204 с.

23.Струтинська, О. В. Цифрові навички і цифрова компетентність: зарубіжний досвід країн ЄС і перспективи для України. Фізико-математична освіта, 3(25(1)), 2020. С.94-102.

24.Спіцина А.Є. Калашнік О.В., Мороз С. Е. Цифрова культура і цифрова компетентність в творчому освітньому середовищі. International Scientific Conference (Varna University of Management), July, 3rd–5th, 2018: Varna, Dobrich P. 258–264.Болгарія. 2021. E-mail:research@vumk.eu

25.Trushkina, N., Abazov, R., Rynkevych, N., Bakhautdinova, G. (2020). Digital Transformation Organizational Culture under Conditions of the Information Economy. Virtual Economics, 3(1), 7-38. https://doi.org/10.34021/ve.2020.03.01(1).

26.Україна 2030Е - країна з розвинутою цифровою економікою. *Український інститут майбутнього.* URL:https://strategy.uifuture.org/kraina-z-rozvinutoyu-cifrovoyu-ekonomiko yu. html (дата звернення: 15.05.2020).

27.UN (2019). The Age of Digital Interdependence. Digital Cooperation un secretary-general's high-level panel. URL: https://www.un.org/en/pdfs/DigitalCooperation-report-for%20web.pdf (дата звернення: 10.03.2023).

28.Цифрова адженда України - 2020 («Цифровий порядок денний - 2020») : концептуальні засади (версія 1.0). Першочергові сфери, ініціативи, проекти «цифровізації» України до 2020 року : проект. Київ : Hi-tech office, 2016. 90 с. URL: https://cutt.ly/6yJ8PgO (дата звернення: 15.03.2023).

29. Цифрова грамотність населення України. Міністерство цифрової трансформації України. 2019. URL: https://osvita.diia.gov.ua/uploads/0/585-cifrova_gramotnist_ naselenna_ ukraini_2019_ compressed.pdf

30.Чернух, Д., & Трушкіна, Н. (2022). Цифрова культура як сучасний тренд розвитку логістичних компаній. *Modern ways of solving the latest problems in science*: Proceedings of the XXXVII International Scientific and Practical Conference (Bulgaria, Varna, September 20-23, 2022) (pp. 97-105). Varna: International Science Group. https://doi.org/10.46299/ ISG.2022.1.37.

DIGITAL CULTURE IN TRANSPORT PERSONNEL MANAGEMENT INDUSTRIES OF UKRAINE

Spitsyna Anhelina Ye., Ph.D., Associate Professor of the Department of Economics National Transport University, Kyiv, Ukraine, angel7a@ukr.net, tel. +380679053181, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovich-Pavlenko, 1, https://orcid.org/0000-0001-9730-6249

Abstract. The article examines the evolution of the development and formation of the digital culture of personnel as a promising area of activity of transport enterprises. The theoretical foundations of the development of digital culture are analyzed and summarized. Existing approaches to the interpretation of digital culture proposed by various authors are considered. The structure of digital competence was studied, taking into account world experience, which includes the following components: communication and cooperation, information literacy, ability to solve problems and tasks, information security, digital erudition, digital talent, digital enthusiasm, creation of digital content, etc.

As a result of the study, it was established that digital culture should be considered as a set of principles, values and methods in the personnel management system using information and communication technologies for the interaction of management, employees and solving tasks in professional activities. This is the formed way and nature of the behavior of the company's employees, which arose under the influence of the transformation of the digital society and implies an increase in the level of digital skills, literacy and the ability to use modern information and communication technologies and software. The key principles of the formation and development of the digital culture of enterprises in the conditions of the digital economy are defined: organizational flexibility; result orientation; insight; technological literacy; adaptability to global challenges and organizational changes; network approach to the formation of digital platforms; continuous learning.

Keywords: digital culture, digital transformation, transport industry, principles, motivation, values, personnel management, personnel management,

References

1.Analytychna zapyska «Pytannia rozvytku tsyfrovoi kultury ukrainskoho sotsiumu», Nats. in-t stratehichnykh doslidzhen (2014,Veresen). [Elektronnyy resurs]. Dostupno:
http://www.niss.gov.ua/articles/1631/.

2.Astafiev, O. A. Pytannia rozvytku tsyfrovoi kultury ukrainskoho sotsiumu. Ofitsiinyi sait Natsionalnoho instytutu stratehichnykh doslidzhen. URL: https://niss.gov.ua/doslidzhennya/gumanitarniy-rozvitok/pitannya-rozvitku-cifrovoi-kulturi-ukrainskogo-sociumu (data zvernennia: 17.09.2022).

3. Bei H.V. Transformatsiia HR-tekhnolohii pid vplyvom tsyfrovizatsii biznes-protsesiv/ H. V. Bei, H. V. Sereda // Ekonomika i orhanizatsiia upravlinnia. – 2019. – № 34. – S. 93-101.

4. Bersin J. HR Technology Disruptions for 2017: Nine Trends Reinventing the HR Software Market [Electronic resource] / J. Bersin // Perspective. – 2016. – Accessed mode:https://www.ig.cl/wpcontent/uploads/2016/11/HR-Technology-trends-2016-by-Bersin.pdf.

5.Vyshnevskyi V. P., Viietska O. V., Harkushenko O. M., Kniaziev S. I., Liakh O. V., Chekina V. D., Cherevatskyi D. Yu. Smart-promyslovist v epokhu tsyfrovoi ekonomiky: perspektyvy, napriamy i mekhanizmy rozvyt- ku: monohrafiia; V. P. Vyshnevskyi (zah. red.). Kyiv: NAN Ukrainy, In-t ekonomiky prom-sti, 2018. 192 c

6.Havrylova L. H., Topolnyk Ya. V. Tsyfrova kultura, tsyfrova hramotnist, tsyfrova kom¬petentnist yak suchasni osvitni fenomeny. Informatsiini tekhnolohii i zasoby navchannia. 2017. T. 61, № 5. S. 1-14.

7.Hrishnova O.A., Zaichko O.S. Novitni tekhnolohii v ekonomitsi personalu: novi mozhlyvosti i novi vyklyky.Visnyk ekonomichnoi nauky Ukrainy. 2016. № 2. S. 52—57.

8. Dashchenko N.M. Cotsialno vidpovidalne upravlinnia personalom pidpryiemstva v umovakh tsyfrovizatsii ekonomiky. Biznes Inform. 2020. № 4. C. 424—432.

9.Digitle. Pro komponenty tsyfrovoi kultury. Bloh pro rozvytok tsyfrovoho suspilstva. URL: https://digitle.wordpress.com/2016/10/04/12499875/. 2016. (data zvernennia: 12.09.2022).

10.Kontseptsiia rozvytku tsyfrovoi ekonomiky [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu :

https://www.kmu.gov.ua/ua/npas/pro-shvalennya-koncepciyi-rozvitku-cifrovoyi-ekonomiki-ta-suspilstva-ukrayini-na 20182020-roki-ta-zatverdzhennya-planu-zahodiv-shodo-yiyi-realizaciyi

11. Kravchuk O. I. Tsyfrova kompetentnist menedzhera z personalu / O. I. Kravchuk //Sotsialno-trudovi vidnosyny: teoriia i praktyka. – 2018. – № 1. – S. 172-191.

12.Kraus N.M., Holoborodko O.P., Kraus K.M. Tsyfrova ekonomika: trendy ta perspektyvy avanhardnoho kharakteru rozvytku. Efektyvna ekonomika. 2018. № 1. URL: http://www.economy.nayka.com.ua/pdf/1_2018/8.pdf (data zvernennia: 17.12.2019).

13. Klei A., Moder M., Stockdale O., Weihe U., Winkler G.Digital in chemicals: From technology to impact. McKinsey & Company. 2017.

14.Kudlai, V. O.. Tsyfrova hramotnist osobystosti v konteksti rozvytku informatsiinoho suspilstva. Visnyk Mariupolskoho derzhavnoho universytetu. Seriia: filosofiia, kulturolohiia, sotsiolohiia, 10, (2015). S. 97-104.

15.Litvinova K. Pro komponenty tsyfrovoi kultury. Digitle. Bloh pro rozvytok tsyfrovoho suspilstva. URL: https://cutt.ly/qyJ3oi8/ (data zvernennia: 15.05.2020).

16. Lopushniak H. Vplyv tsyfrovykh tekhnolohii na formuvannia kompetentsii upravlinskoho personalu / H. Lopushniak, R. Mylianyk // Investytsii: praktyka ta dosvid. 2019. –№ 24. – C. 10-16.

17. Natsionalnyi instytut stratehichnykh doslidzhen (2014). Pytannia rozvytku tsyfrovoi kultury ukrainskoho sotsiumu: analit. zapyska. URL: http://www.niss.gov.ua/articles/1631/ (data zvernennia: 10.09.2022).

18.Pro skhvalennia Kontseptsii rozvytku tsyfrovoi ekonomiky ta suspilstva Ukrainy na 2018¬2020 roky ta zatverdzhennia planu zakhodiv shchodo yii realizatsii : rozporiadzhennia Kabi¬netu Ministriv Ukrainy vid 17 sich. 2018 r. № 67-r. URL: https://cutt.ly/byJ3LZO (data zvernennia: 15.05.2020).

20.Pro komponenty tsyfrovoi kultury. Digitle Blog. URL: https://digitle.word-press.com/2016/10/04/12499875/

21.World Economic Forum (2021). Economic Progress. URL: https://www.weforum.org/ (data zvernennia: 11.09.2022).

22.Sotsialni, ekonomichni ta osvitni transformatsii v tsyfrovu epokhu : monohrafiia / S. V. Lieonov ta in. ; za zah. red. d-ra ekon. nauk S. V. Lieonova, k-ky ekon. nauk O. A. Kryklii. – Sumy : Sumskyi derzhavnyi universytet, 2022. – 204 s.

23.Strutynska, O. V. Tsyfrovi navychky i tsyfrova kompetentnist: zarubizhnyi dosvid krain YeS i perspektyvy dlia Ukrainy. Fizyko-matematychna osvita, 3(25(1)), 2020. S.94-102.

24.Spitsyna A.Ie. Kalashnik O.V., Moroz S. E. Tsyfrova kultura i tsyfrova kompetentnist v tvorchomu osvitnomu seredovyshchi. International Scientific Conference (Varna University of Management), July, 3rd–5th, 2018: Varna, Dobrich P. 258–264.Bolhariia. 2021. E-mail:research@vumk.eu

25.Trushkina, N., Abazov, R., Rynkevych, N., Bakhautdinova, G. (2020). Digital Transformation Organizational Culture under Conditions of the Information Economy. Virtual Economics, 3(1), 7-38. https://doi.org/10.34021/ve.2020.03.01(1).

26.Ukraina 2030E - kraina z rozvynutoiu tsyfrovoiu ekonomikoiu. Ukrainskyi instytut maibutnoho. URL: https://strategy.uifuture.org/kraina-z-rozvinutoyu-cifrovoyu-ekonomiko yu. html (data zvernennia: 15.05.2020).

27.UN (2019). The Age of Digital Interdependence. Digital Cooperation un secretary-generals high-level panel. URL: https://www.un.org/en/pdfs/DigitalCooperation-report-for%20web.pdf (data zvernennia: 10.09.2022).

28.Tsyfrova adzhenda Ukrainy - 2020 («Tsyfrovyi poriadok dennyi - 2020») : kontseptualni zasady (versiia 1.0). Pershocherhovi sfery, initsiatyvy, proekty «tsyfrovizatsii» Ukrai¬ny do 2020 roku : proekt. Kyiv : Hi-tech office, 2016. 90 s. URL: https://cutt.ly/6yJ8PgO (data zvernennia: 15.05.2020).

29. Tsyfrova hramotnist naselennia Ukrainy. Ministerstvo tsyfrovoi transformatsii Ukrainy. 2019. URL: https://osvita.diia.gov.ua/uploads/0/585-cifrova_gramotnist_ naselenna_ ukraini_2019_compressed.pdf

30.Chernukh, D., & Trushkina, N. (2022). Tsyfrova kultura yak suchasnyi trend rozvytku lohistychnykh kompanii. Modern ways of solving the latest problems in science: Proceedings of the KhKhXVII International Scientific and Practical Conference (Bulgaria, Varna, September 20-23, 2022) (rr. 97-105). Varna: International Science Group. https://doi.org/10.46299/ ISG.2022.1.37.

УДК 656.338.12 **DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-215-224**
UDC 656.338.12

СТАЛИЙ РОЗВИТОК, ЯК ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМОК УДОСКОНАЛЕННЯ ЛОГІСТИЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

SUSTAINABLE DEVELOPMENT AS A PROSPECTIVE DIRECTION FOR IMPROVING THE LOGISTICS ACTIVITIES OF THE ENTERPRISE



***Волинець Людмила Миколаївна**, кандидат економічних наук, професор, Національний транспортний університет, професор кафедри «Транспортного права та логістики", e-mail: Volinec_3@ukr.net, тел. +380979022993,*

https://orcid.org/ 0000-0002-5064-2349



***Добровольська Анна Михайлівна**, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Транспортного права та логістики», e-mail: anet_chechet@ukr.net , тел. +380634321538,*

https://orcid.org/0000-0002-5912-0678



***Добровольський Олександр Сергійович**, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри «Двигунів і теплотехніки», e-mail: dobrovolskiy@ukr.net , тел. +380632977210,*

https://orcid.org/0000-0003-0048-1388



***Пеньківська Катерина Сергіївна**, асистент, Національний транспортний університет, асистент кафедри «Транспортного права та логістики», e-mail: katerinapenkivska@gmail.com , тел. +380939206627,*

https://orcid.org/0000-0002-2418-9851



***Янішевський Андрій Андрійович**, здобувач вищої освіти, кафедри «Транспортного права та логістики», Національний транспортний університет, e-mail: yanishevskyiandrii@gmail.com, тел. +380958682621,*

https://orcid.org/0009-0002-2700-803X

Анотація. Стаття присвячена дослідженню вагомості сталого розвитку для підвищення ефективності та якості логістичної діяльності в Україні. Цілі сталого розвитку України на період до 2030 р. передбачають необхідність забезпечення національних інтересів України щодо сталого

розвитку економіки, громадянського суспільства і держави для досягнення зростання рівня та якості життя населення. В контексті забезпечення зазначеної мети особливу увагу приділено забезпеченню збалансованості економічного, соціального та екологічного вимірів сталого розвитку України, що, в тому числі, має передбачати необхідність забезпечення відповідного розвитку логістичної діяльності підприємств.

У статті розглядається визначення поняття сталого розвитку і його еволюція. Проведено аналіз сутності, особливостей і переваг удосконалення логістичної діяльності підприємств згідно концепції сталого розвитку.

Запропоновано теоретичні положення щодо покращення логістичного забезпечення сталого розвитку підприємств. Визначено, що глобалізація бізнесу веде до виділення нових логістичних функцій, які будуть рушійною силою для здобуття підприємством позицій інноваційного розвитку. Запропоновано нові виклики, які диктують необхідність якісної зміни сфери логістики – її функціонального навантаження та інформаційного відображення.

Обґрунтовано, різноманітні напрями діяльності, які сприятимуть досягненню сталості. Досліджуються економічні вигоди від впровадження стратегії сталого розвитку. Подається огляд сучасних тенденцій розвитку сталості, висвітлюються проблеми та перешкоди, з якими стикаються логістичні компанії в Україні. Обґрунтовується важливість взаємодії різних секторів суспільства для досягнення спільної мети переходу до моделі сталого розвитку та підвищення конкурентоспроможності національної логістичної системи.

Таким чином, урахування екологічних норм поведінки вимагає зміни традиційних підходів до управління логістичною діяльністю, переорієнтувати підприємства на застосування безпечних із погляду навколишнього середовища логістичних технологій, поступаючись місцем сталій логістиці.

Ключові слова: сталий розвиток, логістична діяльність, транспортна галузь, економічна діяльність, конкурентоспроможність, національна логістична система.

Вступ. Логістика відіграє надважливу роль у ланцюгах постачання, які лежать в основі світової економіки. Галузь особливо важлива для України, адже міжнародна торгівля складає значну частину валового внутрішнього продукту країни. Незважаючи на важливість та значний потенціал логістичних послуг, транспортні потужності України використовуються лише частково, а здійснення логістичних операцій супроводжується негативним впливом на оточення, що проявляється в соціально-екологічних проблемах. Це зокрема створення шумових та вібраційних впливів, порушення рівноваги екосистем, забруднення повітря, води і ґрунту шкідливими викидами тощо. Рівень розвитку інфраструктури та послуг, що пропонуються вантажовідправникам і постачальникам логістичних послуг в Україні, є нижчим від стандартів розвинутих європейських країн, а логістичні витрати для кінцевих споживачів при цьому є вищими. В сучасних умовах глобалізації та визначеного курсу інтеграції України до ЄС існує потреба побудови транспортно-логістичних систем у відповідності до світових стандартів. Одним із основних напрямків підвищення конкурентоспроможності національної транспортної системи, її ефективної інтеграції у міжнародні транспортні мережі, є перехід до моделі сталого розвитку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Забезпечення сталого розвитку є актуальною проблемою не лише для окремих галузей або підприємств, але й для національної економіки загалом. Дослідженню проблем сталого розвитку, теоретико-методичним засадам впровадження принципів концепції в транспортно-логістичні системи приділяють увагу досить велика кількість українських та зарубіжних науковців. Цій тематиці присвячені роботи таких авторів, як Воркут Т.А., Гурнака В.М., Двуліт З.П., Крикавського Є.В., Лазоренко Т.В., Мних О.Б., Саєнсус М.А. тощо. Сучасний процес переходу до моделі сталого розвитку в Україні є складним та динамічним, супроводжується значною кількістю проблем, тому існує потреба постійного аналізу і дослідження в цьому напрямку.

Метою статті є дослідження теоретичних і практичних засад сутності та особливостей впровадження концепції сталого розвитку в логістичну діяльність, тенденцій розвитку та вагомості сталості для підвищення конкурентоспроможності логістичної галузі України.

Викладення основного матеріалу. Тривалий час логістичні рішення були покликані мінімізувати витрати, максимізувати прибутки або досягти цілей оптимізації обслуговування клієнтів. І не дивно, оскільки минуле століття було тим періодом, коли людство віддавало перевагу економічному та технологічному розвитку в усіх сферах діяльності, а успіх зазвичай вимірювався зростанням валового внутрішнього продукту. Вважалося, що це обов'язково призведе до добробуту і значного підвищення рівня життя людей. Прогрес майже завжди забезпечувався за рахунок нещадної експлуатації та забруднення навколишнього середовища, проте суспільство такого типу фактично жило за рахунок майбутніх поколінь [3]. Як наслідок, на початку XXI століття світ зіштовхнувся з глобальними екологічними та соціальними проблемами. Ці обставини змусили науковців розробити новий підхід до подолання зазначених проблем, який отримав назву концепція сталого розвитку.

Термін «сталий розвиток» вперше з'явився у 1987 р. в доповіді Міжнародної комісії з навколишнього середовища і розвитку, що мала назву «Наше спільне майбутнє». На засіданні Генеральної Асамблеї ООН було заявлено, що зробити розвиток сталим – означає забезпечити задоволення потреби сьогодення, не піддаючи ризику здатність майбутніх поколінь задовольняти свої потреби [1].

В сфері логістики ця концепція отримала відображення в напрямку «зелена логістика». Початок «зеленої логістики» для реалізації принципів сталого розвитку було покладено ще в середині 1980-х рр. з появою концепції загальної відповідальності.

Розвитку концепції спільної відповідальності сприяли такі чинники:

– обмеженість енергетичних і сировинних ресурсів, а отже потреба підвищення енергоефективності та застосування технологій і систем бережливого виробництва;

– формування етичних засад ведення бізнесу;

– необхідність переходу бізнесу до міжнародних стандартів і норм щодо охорони навколишнього середовища;

– формування нових поведінкових трендів, основними з яких є орієнтація на здоровий спосіб життя, що трансформує поведінку споживача і визначає його вибір на користь придбання товарів і послуг, що відповідають вимогам екологічної безпеки.

Сутність концепції полягає в комплексній трансформації логістичних стратегій, структур, процесів і систем у бік більш раціонального та ефективного використання ресурсів впродовж усього ланцюга поставок. Метою стійкої логістичної системи є підвищення прибутковості та зменшення впливу на навколишнє середовище для довгострокової ефективності.

Як зазначає Р. Поіст, ця концепція розглядає, на відміну від загальної теорії управління, також соціальну складову економічної діяльності, зокрема логістичної. Цей факт свідчить про достатній потенціал використання стійкої логістики у вирішенні соціальних проблем, серед яких слід назвати зростання споживання, низький рівень екологічної культури персоналу, забезпечення необхідного рівня безпеки й комфортності праці, екологічні проблеми [5].

Перші публікації в галузі логістики щодо екологічного впливу на довкілля з'являються на початку 1990-х рр. Основні теми, які вони розкривають – це «рециклінг», утилізація та переробка відходів, «реверсна» логістика. Для цієї першої хвилі «зеленої логістики» характерною рисою є функціональна орієнтованість. З кінця XX ст. – початку XXI ст. концепція «зеленої логістики» набуває більшої актуальності [4]. Дослідження в галузі логістики характеризуються уникненням негативних екологічних наслідків та підвищенню ефективності використання ресурсів. Цьому сприяли зовнішні чинники, серед яких Кіотський протокол (1998 р.) до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату, який зобов'язував країни до зниження викидів парникових газів; звіт Стерна (2005 р.) щодо потреби стабілізації температури та концентрації CO_2 [6].

У транспортно-логістичній діяльності значний вплив на розвиток галузі у найближчі десятиліття має Паризька Угода (2015 р.), за якою країни, незалежно від їхнього рівня економічного розвитку, зобов'язалися зменшувати шкідливі викиди діоксиду вуглецю в атмосферу. Попри критику щодо недостатньої жорсткості угоди, міжнародна діяльність у сфері реалізації домовленості активно проводиться протягом останніх років. У 2018-2019 рр. багато світових компаній-гігантів, діяльність

яких пов'язана з логістикою (зокрема таких як Maersk, DHL, Amazon) прийняли і опублікували стратегії переходу до нульових викидів CO2 до 2050 р. Як зазначається у звіті стосовно сталого розвитку датського гіганта у сфері вантажного судноплавства Maersk, домінуючими змінами за останні десять років стало встановлення глобальних цілей ООН щодо сталого розвитку та зростаюча нагальність подолання зміни клімату [7].

Як вважають дослідники, поступово застосування принципів сталого розвитку перетворюється на обов'язкову складову корпоративної політики більшості сучасних транснаціональних логістичних компаній [8]. Завдяки цій концепції досягається збільшення економічної цінності при одночасному зменшенні негативного впливу компанії на навколишнє середовище та покращення якості життя людей. Фактично можна констатувати, що однією з цілей розвитку логістики є створення ресурсозберігаючої, екологічно й соціально-відповідальної бізнес-моделі.

Основні пріоритети сталого розвитку національної транспортно-логістичної системи відображені в Стратегії сталої логістики для України на період до 2030 року, проєкт та план дій якої був розроблений Міністерством інфраструктури України за підтримки експертів Світового банку [8]. Логістична стратегія є важливою складовою Національної транспортної стратегії України до 2030 року.

Сталий розвиток логістичної діяльності в Україні покликаний сформувати такі основні напрями:

– мінімізація втрат, пов'язана з неефективністю логістичного процесу;

– ефективне використання енергетичних ресурсів;

– ефективне використання матеріальних і сировинних ресурсів;

– ефективне використання наявних потужностей (виробничих, складських, транспортних);

– мінімізація екологічних впливів на навколишнє середовище;

– розробка та впровадження інноваційних методів управління та організації логістичних процесів [5].

Щоб досягти сталого розвитку, підприємству необхідно поставити за мету усунення або мінімізацію відходів, оптимізацію ресурсів і мінімізацію втрат. Досягнення цих цілей призведе до екологічної, економічної та соціальної сталості, які є трьома стовпами сталого розвитку [7].

Таким чином, «стала логістика» застосовує тривимірний підхід, на відміну від традиційного одновимірного, орієнтованого лише на економіку. Для досягнення сталого розвитку необхідна інтеграція усіх трьох його вимірів та їх збалансованість, а будь-який недолік хоча б одному з цих трьох вимірів сталого розвитку призведе до неможливості його досягнення.

Міжнародні зобов'язання України, що передбачають поступовий перехід до екологічно ощадливого транспорту та безпечної організації дорожнього руху, відповідно до стандартів ЄС в логістичній сфері, актуалізують широке коло взаємопов'язаних завдань щодо модернізації транспортної системи України на засадах сталого розвитку [2]. Усвідомлення цього на державному і галузевому рівнях має пріоритетне значення для забезпечення збалансованого розвитку транспортної системи України [3].

Але існує чимало перешкод, які гальмують впровадження принципів сталого розвитку на логістичних підприємствах. Чинники цьому впливу можна розділити на фактори внутрішнього та зовнішнього середовища. Внутрішніми перешкодами для ініціювання екологічних питань можуть бути високі інвестиційні витрати, брак фінансових або людських ресурсів, а також нестача знань або навичок у персоналу компанії. Зовнішні передбачають обмежений доступ до технологій, які зменшують вплив на навколишнє середовище, відсутність зацікавленості та підтримки з боку постачальників і партнерів, відсутність державної системи підтримки, ринкова конкуренція та невизначеність

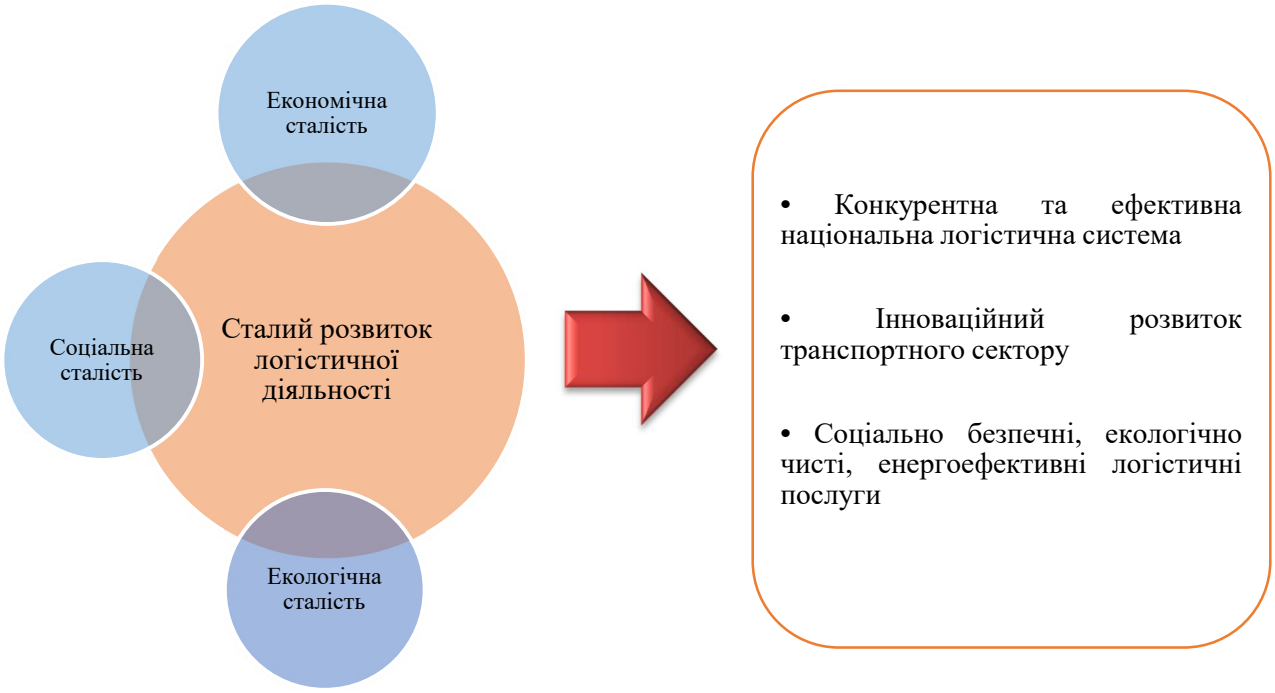


Рисунок 1 – Сталий розвиток логістичної діяльності та його складові елементи

Figure 1 – Sustainable development of logistics activity and its constituent elements

. Наявні фінансові ресурси та технології, природно, обмежують те, наскільки швидко чи в яких межах можна пом'якшити негативні наслідки такої діяльності. Багато з них вимагає застосування регуляторних або фіскальних заходів. Після впровадження цих заходів відповідні органи влади також повинні забезпечувати їх виконання.

До технологічних проблем можна віднести пошук ефективних технологій альтернативних або відновлюваних джерел енергії, складність впровадження сучасних IT рішень стосовно операцій з логістики і ланцюгів поставок.

Перспективи реалізації в Україні принципів сталого розвитку не можна розглядати окремо від здійснюваних у державі ринкових реформ. Особливо важливим для прискорення переходу на модель сталої економіки в Україні є організація ефективної співпраці між основними учасниками цього процесу: уряд; науковці; громадські організації; громадяни; бізнес. До втілення концепції сталого розвитку повинні долучитися всі сектори суспільства [3].

Основні завдання, спрямовані на підвищення якості та ефективності роботи у секторі вантажних автомобільних перевезень покладаються на приватний сектор, особливо з огляду на нагальну потребу в оновленні автопарку, що також вимагає фіскальної та регуляторної підтримки з боку Кабміну. За необхідність вдосконалення системи перевірок на дорогах та автомобільному транспорті, а також питання, пов'язані з виконанням міжнародних конвенцій та угод з питань автомобільного транспорту, в першу чергу відповідальними є Кабінет Міністрів України та Міністерство інфраструктури України. Ключовими кроками у розвитку вантажних автомобільних перевезень є:

- модернізація автопарків вантажного транспорту, особливо для внутрішніх перевезень, з міркувань економічного, а також екологічного характеру;
- посилення габаритно-вагового контролю, контролю технічного стану транспортних засобів, перевірок сертифікації та відповідності водіїв;
- статус дотримання відповідних міжнародних конвенцій у сфері автомобільного транспорту;

• підвищення доступу до багатосторонніх і двосторонніх транспортних дозволів паралельно зі сприянням оновленню реєстрації автопарку в Україні [8].

Інститути, що регулюють сектор вантажних автомобільних перевезень, можуть час від часу становити перешкоду на шляху реформування галузі. Ситуацію слід покращити, наскільки це можливо, наприклад, шляхом застосування таких заходів:

• посилення ролі Державної служби статистики;

• поліпшення умов роботи, а також рівня підготовки державних службовців;

• забезпечення стабільної роботи наявних державних структур та організацій, визначення вимог до комунікацій між усіма компетентними органами, що управляють автомобільною галуззю;

• посилення участі галузевих асоціацій, навчальних закладів та освітньо-наукових установ у соціальному діалозі заради розвитку сектора автомобільного транспорту;

• сприяння створенню представницьких асоціацій вітчизняних перевізників без державного управління [8].

Значний потенціал для вдосконалення має логістика останньої милі; реверсна логістика; оптимізація складської логістики; розвитку логістичної інфраструктури; зменшення споживання енергії, браку та відходів; застосування новітніх інформаційні технології, використання інтермодальних та комбінованих транспортних рішень; впровадження економіки спільного використання в логістичних процесах тощо.

Нині найбільший прогрес щодо переходу до моделі сталого розвитку у ланцюгах постачання приділяється сфері транспортування [2]. Перехід на електромобілі, більш екологічно чисті види палива та більш ефективні способи організації доставки останньої милі – це основні шляхи, які використовують передові логістичні компанії. У багатьох розвинених країнах прийнято плани на найближчі кілька років, за якими на окремих територіях рух автомобілів на двигунах внутрішнього згорання буде заборонено. З іншого боку, вводяться митні і податкові пільги на електротранспорт, скасовується оплата за користування деякими платними дорогами в країнах ЄС тощо. В Україні перехід на електротранспорт стимулюється скасуванням акцизу при ввезенні електромобілів і ПДВ.

Порівняно менше уваги приділяється інфраструктурі логістики, хоча розподільчі центри, перевантажувальні термінали та інші види будівель, що використовуються в логістиці, також містять значний потенціал зменшення шкоди навколишньому середовищу. Передусім це стосується раціонального розміщення такого вузла, енергоспоживання, а також технологій, якими він оснащений. Деякими компаніями враховуються також архітектурні рішення, що сприятимуть підвищенню екологічності і зменшенню витрат енергії (зокрема щодо конструювання стелі, врахування особливостей ландшафту, раціоналізація використання води тощо). Сталий розвиток логістичної галузі обов'язково повинен включати підвищення ефективності використання транспортної інфраструктури та впровадження інноваційних рішень, таких як інтермодальний транспорт, що дозволить зменшити транспортні затори та скоротити час доставки вантажів [2].

Для зменшення екологічних наслідків логістичної діяльності можна застосовувати різні заходи, такі як: оптимізація маршрутів, зниження споживання палива, використання екологічно чистих видів транспорту, рециклінг та переробка відходів тощо. Керівники підприємств повинні працювати над зменшенням негативних соціальних наслідків, забезпеченням безпеки праці та поліпшенням умов праці. Також важливо зменшувати кількість аварій та нещасних випадків, покращувати умови життя працівників та розвивати спільноти, в яких вони працюють.

Основними економічними вигодами від застосування концепції сталого розвитку в логістичній діяльності є:

1) Скорочення зайвих витрат. Сталість сприяє підвищенню ефективності логістичних процесів шляхом уникнення зайвих витрат, зниження відходів, збільшення продуктивності роботи. Застосування ресурсозберігаючих технологій у логістиці дає змогу скоротити запаси матеріалів на 40 – 60%, прискорити оборотність оборотних коштів на 20 – 40%, скоротити транспортні витрати на 7 – 20%, знизити витрати на вантажно-розвантажувальні і складські роботи на 15 – 30% [6].

2) Зниження ризиків. Впровадження сталих методів логістики дозволяє зменшити ризики виникнення серйозних екологічних проблем та непередбачуваних подій.

3) Покращення репутації. Логістичні оператори, які забезпечують сталість у своїй діяльності, отримують позитивний іміджевий вплив та підвищену довіру з боку споживачів.

4) Покращення умов праці, що включає увагу до безпеки роботи працівників, забезпечення прав працівників, відповідність вимогам етичного бізнесу та дотримання принципів соціальної відповідальності.

Сталість логістичної діяльності покращує умови праці персоналу, що, в свою чергу, може збільшити їх задоволеність та продуктивність, а отже призведе до зниження витрат та поліпшення якості обслуговування клієнтів.

5) Залучення інвестицій. Логістичні компанії, які прагнуть до сталого розвитку, можуть бути більш привабливими для інвесторів, які шукають підприємства з високою соціальною відповідальністю.

Отже, логістичні оператори, які забезпечують сталість у своїй діяльності, мають значну перевагу над конкурентами на сучасному ринку, що дозволяє їм зберігати свої позиції та залучати нових клієнтів. У цілому, перехід до сталої концепції розвитку в логістиці може допомогти підприємству знизити витрати, поліпшити репутацію та збільшити конкурентоспроможність, що в свою чергу призведе до збільшення прибутку.

Оскільки сьогодні бізнес стає все складнішим, компаніям життєво необхідно практикувати стійке управління ланцюгом поставок, щоб залишатися конкурентоспроможними. Окрім звичних критеріїв якості логістичного обслуговування, таких як вартість послуг або швидкість, до показників оцінки логістичного сервісу слід ввести стійкість, яка стосується захисту навколишнього середовища, соціальної відповідальності та економічного зростання в довгостроковій перспективі [7].

Показники сталого розвитку повинні відображати ефективність розвитку підприємства і слугувати основою для внесення змін у разі розбіжностей між існуючим і бажаним становищем у процесі розвитку підприємства. Вони повинні бути достатніми для аналізу результатів діяльності підприємства, щоб чітко простежувати взаємозв'язок кожного показника з факторами зовнішнього і внутрішнього середовища для подальшого визначення «вузького місця» і вироблення відповідних рішень, що усувають несприятливий вплив будь-якого фактору на сталий розвиток підприємства.

Оцінюючи сталий розвиток підприємства, слід аналізувати наступні функціональні складові:

– Фінансова сталість – передбачає забезпеченість підприємства фінансовими ресурсами. Оцінка фінансової сталості є дуже важливою, оскільки стійке фінансове становище підприємства є результатом вмілого, прорахованого управління всією сукупністю виробничо-господарських факторів, що визначають результати діяльності підприємства.

– Маркетингова сталість – передбачає оцінку сталості підприємства на ринку (місткість ринку відповідного товару, частка підприємства на ринку, темпи росту об'єму продаж тощо). Для оцінки маркетингової сталості необхідно провести діагностику оновлення продукції, її прогресивності і якості.

– Виробнича сталість – пов'язана з оцінкою ефективності використання засобів праці, забезпеченістю способами використання факторів виробництва та ефективністю їх використання.

– Інвестиційна сталість – обумовлена наявністю коштів для безперервності саморозвитку, можливості підприємства сприймати інноваційні процеси суспільства.

– Соціальна сталість – пов'язана з оцінкою сталості складу персоналу, плинності кадрів, співвідношенням середньої заробітної плати на підприємстві з середньою заробітною платою по галузі тощо [8].

Висновки

Географічне розташування України на перетині магістральних транспортних шляхів створює унікальні можливості для розвитку логістичної галузі. Проте із провадженням логістичної діяльності пов'язаний ряд соціально-екологічних проблем, які посилюються одночасно з розвитком економіки та збільшенням обсягів перевезень, зокрема через зростання автомобілізації. До таких проблем належать: зростання кількості дорожньо-транспортних пригод; підвищення негативного впливу від логістичної діяльності на стан навколишнього середовища і здоров'я населення; зростання втрат, пов'язаних із транспортними заторами; зростання викидів парникових газів і витрати палива тощо.

У сучасному світі логістичним компаніям необхідно здійснювати свою діяльність із врахуванням принципів сталого розвитку, створюючи таку логістичну систему, яка орієнтована на довгострокове вдосконалення. Дотримання підприємствами принципів сталого розвитку логістичної діяльності є важливою складовою успіху бізнесу, оскільки все більше споживачів усвідомлюють цінність невідновлюваних ресурсів та шукають баланс між потребами організації, суспільства та природи. Окрім оптимізації витрат сталий розвиток може бути інструментом залучення додаткових інвестицій, підвищення репутації підприємства, отримання конкурентної переваги та заохочення нових клієнтів.

Логістична інфраструктура, така як розподільчі центри та перевантажувальні термінали, також має значний потенціал для зменшення впливу на навколишнє середовище, але отримує менше уваги, ніж безпосередньо транспорт.

Для визначення ефективності щодо досягнення сталості розвитку підприємства та оперативного коригування важливо проводити моніторинг та аналізувати показники сталого розвитку, які відображатимуть відповідність цілям зменшення негативного впливу на навколишнє середовище, забезпечення економічного зростання та соціального добробуту підприємства.

Перелік посилань

1. Брутланд Г.Х. Наше спільне майбутнє. *Доповідь Комісії ООН щодо навколишнього середовища та розвитку*. 1987. М.: Прогрес, 1988. С. 50.

2. Волинець Л.М. Науково-методичні підходи до збалансування показників сталого розвитку мультимодальних перевезень вантажів у міжнародному сполученні. *Економіка транспортного комплексу*. – Харків: ХНАДУ, 2018. – Вип. 32. – С. 137 – 151.

3. Волинець Л.М. Концептуальні засади сталого розвитку транспортної галузі України в контексті фінансової безпеки держави. Управлінський аспект забезпечення фінансової безпеки України: монографія. За ред. Черевка О.В. Черкаси : ЧНУ ім. Б. Хмельницького. Черкаси, 2019. 312 с. С.252-272.

4. Галак І.І., Крюковська Л.І. Особливості управління реверсивними потоками у замкненому ланцюзі постачань. *Вісник Національного транспортного університету*. Сер. Технічні науки. 2021. Вип. 48. С. 73-82

5. Саєнсус М.А. Основні напрями сталої логістики: вимір впливу на навколишнє середовище. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського*. Серія: Економіка і управління, 2018. Т. 29 (68), № 4. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/UZTNU_econ_2018_29_4_8

6. Крикавський Є.В.,Чорноиська Н.В. Логістика та сталий розвиток: взаємовплив концепцій URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/26093/1/Krykavskyi.pdf

7. Сандул М.С. Тенденції та перспективи імплементації концепції сталого розвитку в міжнародній логістиці URL: https://ir.kneu.edu.ua/bitstream/handle/2010/32089/Sandul.pdf

8. Стратегія сталої логістики та План дій для України (Проект) URL: https://mtu.gov.ua/files/Logistics.pdf

SUSTAINABLE DEVELOPMENT AS A PROSPECTIVE DIRECTION FOR IMPROVING THE LOGISTICS ACTIVITIES OF THE ENTERPRISE

Volynets' Lyudmyla M., PhD, professor, National Transport University, professor of Department of transport Law and Logistics, e-mail: Volinec_3@ukr.net, tel. +380979022993, orcid.org/0000-0002-5064-2349

Dobrovolska Anna M., Ph.D., associate professor, National Transport University, associate professor of Department of transport Law and Logistics, e-mail: anet_chechet@ukr.net, tel. +380634321538, https://orcid.org/0000-0002-5912-0678

Dobrovolskiy Oleksandr C., Ph.D., associate professor, National Transport University, associate professor of Department of Engines and Heating Engineering, e-mail: dobrovolskiy@ukr.net, tel. +380632977210, https://orcid.org/0000-0003-0048-1388

Penkivska Kateryna C., Assistant, National Transport University, Assistant of the Department of Transport Law and Logistics, *e*-mail: katerinapenkivska@gmail.com, тел. +380939206627, https://orcid.org/0000-0002-2418-9851

Yanishevskyi Andrii A., National Transport University, higher education student of the first (bachelor) level, specialty 073 "Management", educational program "Logistics", *e*-mail: yanishevskyiandrii@gmail.com, *тел. +380958682621,* https://orcid.org/0009-0002-2700-803X

Summary. The article is devoted to the study of the importance of sustainable development for improving the efficiency and quality of logistics activities in Ukraine. The goals of the sustainable development of Ukraine for the period until 2030 foresee the need to ensure the national interests of Ukraine regarding the sustainable development of the economy, civil society and the state in order to achieve an increase in the level and quality of life of the population. In the context of ensuring the specified goal, special attention is paid to ensuring the balance of the economic, social and ecological dimensions of sustainable development of Ukraine, which, among other things, should include the need to ensure the appropriate development of the logistics activities of enterprises.

The article considers the definition of the concept of sustainable development and its evolution. The analysis of the essence, features and advantages of improving the logistics activities of enterprises according to the concept of sustainable development was carried out.

Theoretical provisions on improving logistics support for the sustainable development of enterprises are proposed. It was determined that the globalization of business leads to the allocation of new logistics functions, which will be the driving force for the enterprise to acquire innovative development positions. New challenges are proposed, which dictate the need for a qualitative change in the field of logistics - its functional load and information display.

Various areas of activity that will contribute to achieving sustainability are substantiated. Economic benefits from the implementation of the strategy of sustainable development are studied. An overview of modern trends in sustainability development is presented, problems and obstacles faced by logistics companies in Ukraine are highlighted. The importance of the interaction of various sectors of society to achieve the common goal of transition to a model of sustainable development and increase the competitiveness of the national logistics system is substantiated.

Thus, taking into account environmental norms of behavior requires changing traditional approaches to managing logistics activities, reorienting enterprises to the use of environmentally safe logistics technologies, giving way to sustainable logistics.

Key words: sustainable development, logistics activity, transport industry, economic activity, competitiveness, national logistics system.

References

1. Brundtland, G.H. (1988). Our common future [Nashe spilne maibutnie] Report of the World Commission on Environment and Development – Dopovid Komisiyi OON shchodo navkolyshnogo seredovyshcha ta rozvytku, Moscow: Progress. (Original work published 1987).
2. Volynets, L.M. (2018). Scientific and methodical approaches to balancing indicators of sustainable development of multimodal freight transportation in international traffic [Naukovo-metodychni pidkhody do zbalansuvannia pokaznykiv staloho rozvytku multimodalnykh perevezeнь vantazhiv u mizhnarodnomu spoluchenni]. Economics of the transport complex - Ekonomika transportnoho kompleksu , 32, 137-151.
3. Volynets, L.M. (2019). Conceptual foundations of sustainable development of the transport sector of Ukraine in the context of financial security of the state. In O. V. Cherevka (Ed.) Management aspects of ensuring financial security of Ukraine: monograph [Kontseptualni zasady staloho rozvytku transportnoi haluzi Ukrainy v konteksti finansovoi bezpeky derzhavy. Upravlinnkyi aspekt zabezpechennia finansovoi bezpeky Ukrainy: monohrafiia. Za red. Cherevka O.V.]. (pp. 252-272). Cherkasy: ChNU named after B. Khmelnytskyi.
4. Halak, I.I., & Kriukovska, L.I. (2021). Features of reverse flow management in a closed supply chain [Osoblyvosti upravlinnia reverysnymy potokamy u zamknennomu lantsiuzi postachan]. Bulletin of the National Transport University. Technical Sciences Series – Visnyk Natsionalnoho transportnoho universytetu. Ser. Tekhnichni nauky, 48, 73-82.
5. Sainsus, M.A. (2018). The main directions of sustainable logistics: measurement of impact on the environment [Osnovni napriamy staloi lohistyky: vymir vplyvu na navkolyshnie seredovyshche.]. Scientific notes of V.I. Vernadsky Taurida National University. Series: Economics and Management – Vcheni zapysky Tavriiskoho natsionalnoho universytetu imeni V.I. Vernadskoho. Seriia: Ekonomika i upravlinnia, 29(68), 51-58. http://nbuv.gov.ua/UJRN/UZTNU_econ_2018_29_4_8
6. Krykavskyi, Y.V., & Chornopyska, N.V. (2013). Logistics and sustainable development: interaction of concepts [Lohistyka ta stalyy rozvytok: vzaiemovplyv kontseptsii]. Electronic Scientific Professional Edition of Sumy State University "Economic Processes Management", 2. https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/26093/1/Krykavskyi.pdf
7. Sandul, M.S. (2019). Trends and prospects of implementing the concept of sustainable development in international logistics [Tendentsii ta perspektyvy implementatsii kontseptsii staloho rozvytku v mizhnarodnii lohistytsi]. Scientific Bulletin of the International Humanities University. Series: Economics and Management, 34(2), 103-106. https://ir.kneu.edu.ua/bitstream/handle/2010/32089/Sandul.pdf

Sustainable Logistics Strategy and Action Plan for Ukraine (Project) [Stratehiia staloi lohistyky ta Plan dii dlia Ukrainy (Proekt)]. Ministry of Infrastructure of Ukraine. https://mtu.gov.ua/files/Logistics.pdf.

УДК 005.8:65.018:656.073 **DOI: 10.33744/0365-8171-2023-113.2-225-234**
UDC 005.8:65.018:656.073

МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ СУКУПНОСТІ ПРОЄКТІВ ГРОМАДСЬКОЇ УЧАСТІ ЯК ПОРТФЕЛЯ ПРОЄКТІВ

METHODOLOGICAL ASPECTS OF THE FORMATION OF PUBLIC PARTICIPATION PROJECTS AS A PROJECT PORTFOLIO



Воркут Тетяна Анатоліївна, *Заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, Київ, Україна, vorkutt@ukr.net,*

http://orcid.org/0000-0003-0354-476X



Божок Юлія Олександрівна, *Національний транспортний університет, Київ, Україна, bozhok2008@bigmir.net,*

http://orcid.org/0000-0002-0404-0961



Харута Віталій Сергійович, *кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна, kharuta_vitaliy@ukr.net*

http://orcid.org/0000-0002-8897-7558

Анотація. Актуальність теми дослідження зумовлена необхідністю вдосконалення і подальший розвиток методологічного підходу до визначення оптимального складу портфеля проєктів, в частині розроблення моделі визначення оптимального складу портфеля проєктів громадської участі (ГУ), яка виходить із передумов альтернативної постановки завдання щодо оптимізації портфеля (підпортфеля) проєктів ГУ – на основі індивідуальних рейтингів проєктів ГУ або портфеля проєктів ГУ, розглядуваного разом.

Мета дослідження: підвищення ефективності управління проєктами ГУ на основі розроблення науково-методичних засад управління сукупністю проєктів ГУ як портфелем проєктів ГУ.

Об'єкт дослідження – процеси управління портфелями проєктів і процеси управління проєктами ГУ.

Методика дослідження. При формуванні понятійної бази дослідження використано метод наукової ідентифікації; при аналізі науково-методичних підходів до структурування, визначення критеріїв (оцінювання, відбору, пріоритизації) і оптимізації за портфелями проєктів ГУ – метод зіставно-порівняльного аналізу; для перевірки гіпотези щодо незначущості відмінностей у сукупностях проєктів ГУ, виокремлюваних за тематичними спрямуваннями, – непараметричний критерій (тест) значущості Краскела–Волліса.

Ключові слова: управління проєктами, портфель проєктів, портфельно-орієнтоване управління, проєкти громадської участі, громадський проєкт, громадський бюджет.

Постановка проблеми. На початок 2022 р., як наголошується в роботі [1], спостерігалися високі темпи росту загальної кількості приймаємих до реалізації проєктів ГУ і бюджетів, які виділялися на цю реалізацію, в містах України. Так, у м. Києві кількість прийнятих до реалізації проєктів ГУ зросла від 62 у 2017 р. до 348 у 2021 р. (на 2022 р. було заплановано до реалізації 393 проєкти), а відповідний бюджет зріс із 50 млн. грн. у 2017 р. до 170 млн. грн. у 2021 р. (на 2022 р. було заплановано виділення 200 млн. грн.). Зазначене вимагає підвищення результативності і ефективності управління даними проєктами, як в цілому, так і за виокремлюваними сферами, зокрема, за сферою транспорту і ремонту та будівництва доріг.

Узагальнено, процес оцінювання, відбору і пріоритизації проєктів ГУ, на основі якого проєкти ГУ приймаються до реалізації, розглядуваний в даній роботі за прикладом м. Києва, натепер виглядає наступним чином. Запити на проєкти ГУ мають пройти попередній відбір у відповідних структурах виконавчої влади територіальної громади. Надалі, ті із запитів, які успішно пройшли попередній відбір, пропонуються на розгляд мешканцям територіальної громади. Останні мають певну, наперед встановлену, кількість голосів на одну особу. Визначення поняття "мешканець територіальної громади" може зазнавати змін, зокрема, у часі.

В подальшому, на основі кількості набраних голосів на підтримку – як окремого показника, або показника, представленого у вигляді певної функціональної залежності від кількості набраних голосів на підтримку, або у встановленому поєднанні з іншими показниками – проєкти ГУ, в наперед визначений спосіб, рекомендуються до реалізації.

Огляд робіт. В стандартах управління портфелем поняття «портфель» і «управління портфелем» виступають за вихідні. При цьому на теперішній час PMI, насамперед, запропонував чотири версії стандарту управління портфелем, які побачили світ, відповідно, в 2006 р. [2], 2008 р. [3], 2013 р. [4] і 2017 р. [5]. Як зазначалося в першій версії даного стандарту, управління проєктами – це один із тих термінів, який має багато значень. Тривалий час він асоціювався виключно з проєктами. Проте, на сьогодні, стає зрозумілим, що управління проєктами охоплює також управління портфелями і програмами, зосереджуючись на тезі «робити правильну роботу», на відміну від традиційної для управління проєктами і програмами, – «робити роботу правильно» [2].

Результати дослідження, проведеного з використанням статистичної методології на базу даних проєктів ГУ, які було реалізовано в м. Києві в 2017-2021 рр., показали, що вид критерію, на основі значень якого приймається рішення щодо рекомендації проєктів ГУ до реалізації, може ситуаційно значуще впливати на характеристики сукупності обираємих до реалізації проєктів ГУ [6]. При використанні в якості критерію показника кількості голосів на підтримку спостерігається збільшення середнього значення величини запиту на обсяг фінансування за проєктами ГУ, прийнятими до реалізації, порівняно до проєктів ГУ, допущених до голосування, за більшістю тематичних спрямувань. При використанні альтернативного критерію, за який виступає показник відношення кількості голосів на підтримку до запиту на обсяг фінансування, для більшості тематичних спрямувань маємо відмінні

наслідки – середнє значення величини запиту на обсяг фінансування за проєктами ГУ, прийнятими до реалізації, є меншим від середнього значення величини запиту на обсяг фінансування за проєктами ГУ, допущеними до голосування.

Можна ґрунтовно припускати, що простежувані зміни в середньому значенні величини запиту на обсяг фінансування за проєктами ГУ при одночасному збільшенні, збереженні на попередньому рівні або зменшенні відповідного коефіцієнта варіації відбувається, насамперед, за рахунок збільшення частки проєктів ГУ, які мають відносно більший або менший, залежно від використовуваного критерію, запит на обсяг фінансування.

При існуванні обмеження на бюджет ГУ за обставин використання за критерій показника кількості голосів на підтримку маємо збільшення частки відмов у прийнятті проєктів ГУ до реалізації і, відповідно, зменшення частки проєктів ГУ прийнятих до реалізації, якщо співставляти з умовами використання в якості критерію показник відношення кількості голосів на підтримку до запиту на обсяг фінансування.

Відповідно, можна очікувати, що проєкти ГУ, які мають більший запит на обсяг фінансування, матимуть відносно більшу ймовірність бути рекомендованими до реалізації, якщо за критерій виступатиме показник кількості голосів на підтримку. Разом із тим, коли за критерій виступатиме відношення кількості голосів на підтримку до запиту на обсяг фінансування, то можна очікувати, що проєкти ГУ, які мають більший запит на обсяг фінансування матимуть відносно меншу ймовірність бути рекомендованими до реалізації.

В розвиток вищезазначеного можна припускати, що якщо проєкти ГУ відмінних тематичних спрямувань значуще різняться між собою за запитом на обсяг фінансування, відповідно до природи свого тематичного спрямування, то умови сумісного оцінювання, відбору і пріоритизації в рамках єдиного портфеля можуть привести, залежно від обраного критерію, можуть привести до надання переваг проєктам ГУ тематичних спрямувань з відносно більшим, або меншим, запитом на обсяг фінансування. Тобто, до, свого роду прихованої дискримінації або, навпаки, «преференції» щодо проєктів ГУ певних тематичних спрямувань.

Таким чином, залежно від ситуації, яка складається щодо наявності значущої відмінності проєктів ГУ виокремлюваних тематичних спрямувань за запитом на обсяг фінансування, бюджет ГУ може бути розділений за виокремлюваними тематичними спрямуваннями – коли дана відмінність є значущою, або збережений як єдиний – коли дана відмінність значущою не є.

При цьому має бути коректно обрано метод для перевірки зазначеної значущості. Очевидно, що в умовах розділення бюджету ГУ за тематичними спрямуваннями ми матимемо справу, відповідно до методології портфельного управління, з підпортфелями портфеля проєктів ГУ. Якщо розділення не буде визнано за доцільне, то сукупності проєктів ГУ тематичних спрямувань можуть виступати за підрозділи портфеля проєктів ГУ. Зауважимо, що, як слідує з методології портфельного управління, підходи до управління підпортфелями і підрозділами, виокремлюваними в рамках портфеля, різняться. Виходячи з вищенаведеного, можемо дійти висновку, що система управління сукупністю проєктів ГУ як портфелем має бути адаптивною – в розумінні створення умов до виявлення і врахування в процесах управління значущості відмінностей за виокремлюваними тематичними спрямуваннями у запиті проєктів ГУ на обсяг фінансування.

Мета роботи – підвищення ефективності управління проєктами громадської участі (ГУ) на основі розроблення науково-методичних засад управління сукупністю проєктів ГУ як портфелем проєктів ГУ.

Об’єкт дослідження – процеси управління портфелями проєктів і процеси управління проєктами ГУ.

Предмет дослідження – методи і моделі формування портфелів і підпортфелів проєктів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Аналіз існуючих практик за процесом формування сукупності проєктів ГУ, яка розглядається в даній роботі як портфель проєктів ГУ, дає підстави

виокремити, принаймні, два принципово відмінних підходи до структурування цього портфеля. За першим із них не передбачається окреме попереднє виділення (фіксація) бюджетів відносно будь-яких складових портфеля проєктів ГУ. Проєкти, які є відмінними за своїми характеристиками, за основні з яких можна розглядати приналежність до певного тематичного спрямування і запит на обсяг фінансування, отримують свій рейтинг у межах загального списку, відповідно до якого потім можуть пріоритизуватися, в тому числі, за потреби, і у межах тематичного списку. При цьому бюджет на них виділяється спільний. Відповідно, слідуючи наведеній у вищепредставленому огляді робіт інтерпретації портфеля або підпортфеля, в цьому випадку ми можемо мати справу тільки з підрозділами портфеля проєктів ГУ, які, тобто, підрозділи якщо й виокремлюються, то відбувається це, за більшості випадків, лише для зручності управління. Як приклад можна навести громадські проєкти м. Києва, умови виокремлення тематичних спрямувань за якими, починаючи з 2017 р., як видно з табл. 1, зазнавали постійних змін. При цьому щодо кожного проєкту ГУ міською робочою групою з питань громадського бюджету, якщо локалізація проєкту ГУ є загальноміською, або районною робочою групою з питань громадського бюджету, в разі районної локалізації проєкту ГУ, передбачається визначення відповідального за експертизу проєкту ГУ підрозділу за тематикою реалізації такого проєкту. Мають місце й інші аспекти управління проєктами ГУ в м. Києві, умови здійснення за якими залежать від тематичного спрямування громадського проєкту [6, 7]. Разом із тим, виділення окремих бюджетів за тематичними спрямуваннями в період часу, який розглядається в даній роботі, тобто, 2017-2022 рр., не було передбачено.

Таблиця 1 – Умови виокремлення тематичних спрямувань за проєктами ГУ, які було реалізовано в м. Києві в 2017-2021 рр. і планувались до реалізації в 2022 р.

Table 1 – Conditions for the selection of thematic areas under the PP projects, which were implemented in the city of Kyiv in 2017-2021 and were planned for implementation in 2022

Тематичне спрямування	Рік					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022 (план)
1	2	3	4	5	6	7
ІТ (інформаційні технології)	+	+	+	+	+	+
Безпека	+	+	+	+	–	–
Освіта	+	+	+	+	–	–
Громадянське суспільство	–	+	+	+	–	–
Освіта, громадянське суспільство	–	–	–	–	+	+
Дороги, транспорт	+	+	+	+	+	+
Екологія	+	+	+	+	+	+
Комунальне господарство, енергозбереження	+	+	+	+	–	–
ЖКГ (комунальне господарство, енергоефективність)	–	–	–	–	+	+
Культура, туризм	+	+	+	+	+	+
Охорона здоров’я	+	+	+	+	–	–
Здоров’я	–	–	–	–	+	+
Публічний простір	–	–	+	+	–	–
Соціальний захист	+	+	+	+	–	–
Соціальний захист, інклюзія	–	–	–	–	+	+
Спорт	+	+	+	+	–	–
Молодь, спорт	–	–	–	–	+	+
Інше	–	+	+	+	–	–
Міжтематичні	–	–	–	–	+	+

Узагальнено, структурна будова сукупності проєктів ГУ, як портфеля проєктів ГУ, яка відповідає вищезазначеному, першому, підходу до його структурування, може бути представлена у вигляді моделі, яка наведена на рис. 1.

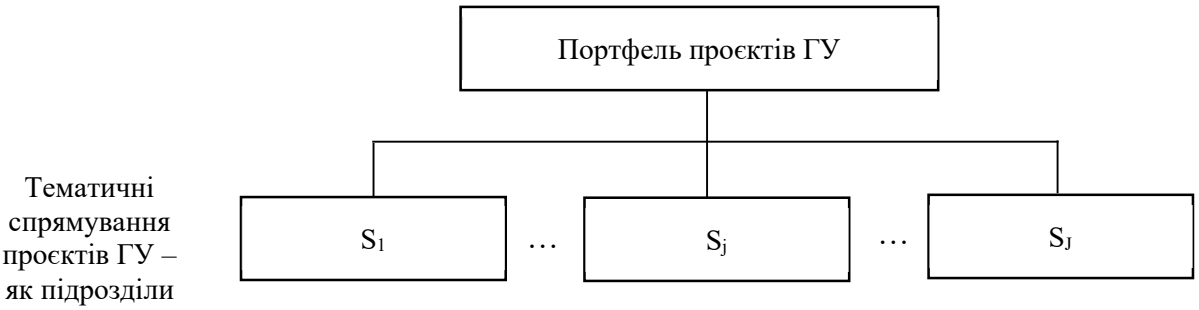


Рисунок 1 – Модель структури портфеля проєктів ГУ: тематичні спрямування проєктів ГУ виступають як підрозділи

Figure 1 – Model of the structure of the portfolio of PP projects: the thematic directions of PP projects act as subdivisions

За другим підходом до структурування портфеля проєктів ГУ, на відміну від першого, окремі бюджети для проєктів ГУ, які значуще різняться за значеннями певних, визначених і обраних для категоризації, характеристик, передбачаються. Якщо звернутись, знову таки, до громадських проєктів м. Києва, то на 2022 р. передбачалось виокремлення, як і у деякі з попередніх років, зокрема, в 2018 р. і 2021 р., категорій "малі" і "великі" проєкти ГУ. До категорії "малі" проєкти ГУ, які повинні були бути прийнятими до реалізації в м. Києві, наприклад, у 2022 р., було віднесено проєкти ГУ з бюджетом від 100,0 до 999,9 тис. грн., а до категорії "великі" від 1000,0 до 3000,0 тис. грн. При цьому бюджет для категорії "великі" складав 60%, а для категорії "малі" – 40% від загального бюджету, виділеного на проєкти ГУ. Аналогічні умови поділу за категоріями "малі" і "великі" проєкти ГУ мали місце і в 2021 р.

Таким чином, за "мовою" портфельно-орієнтованого управління, можемо інтерпретувати сукупність громадських проєктів м. Києва на 2018 р., 2021 р. і 2022 р. як портфель, в складі якого виокремлюються дві категорії: категорія "малі" і категорія "великі" проєкти. Дані категорії, відповідно до визначення підпортфеля, можна інтерпретувати як підпортфелі. Поділ проєктів ГУ за тематичним спрямуванням, в свою чергу, можемо продовжувати розглядати як виокремлення підрозділів портфеля (підпортфеля) для зручності управління.

Узагальнено, структурна будова сукупності проєктів ГУ, як портфеля проєктів ГУ, яка відповідає вищезазначеному, другому, підходу до його структурування, може бути представлена у вигляді моделі, яка наведена на рис. 2.

Вирішення завдання визначення переліку і змісту тематичних спрямувань, які виокремлюються щодо проєктів ГУ, має самостійне значення. Це завдання має різні аспекти. Закцентуємо увагу на одному з них – умовах підвищення ефективності реалізації відібраних проєктів ГУ. Таке підвищення ефективності може мати місце, насамперед, завдяки можливості централізації закупівель однотипних ресурсів ззовні за певною сукупністю проєктів ГУ і/або реалізації проєктів ГУ разом із іншими проєктами територіальної громади на спільному пулі ресурсів, які є власними для громади, – люди, обладнання тощо. В обох цих випадках можна очікувати на додатній ефект від синергії.

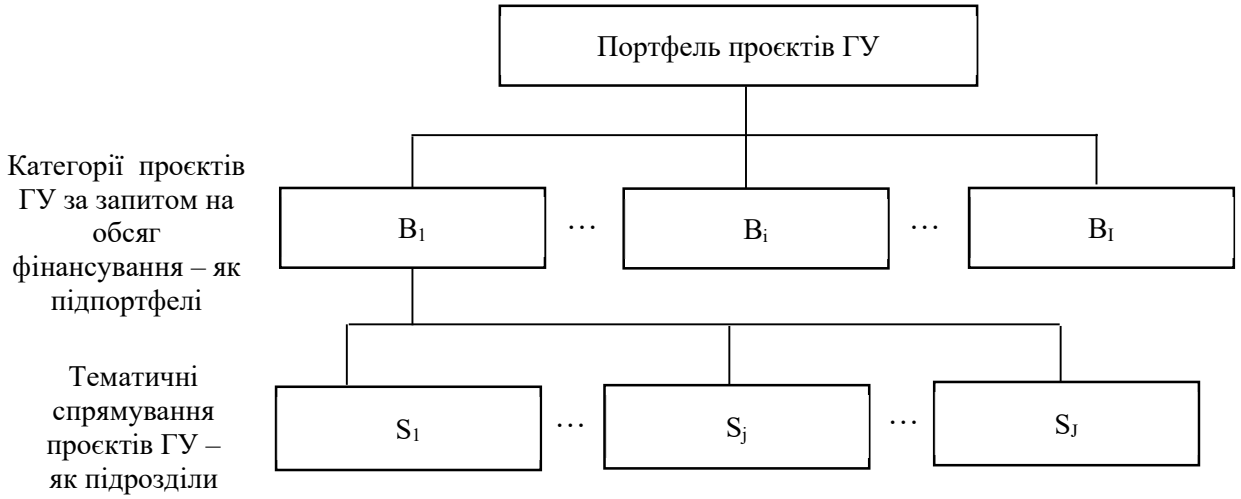


Рисунок 2 – Модель структури портфеля проєктів ГУ: категорії проєктів ГУ за запитом на обсяг фінансування виступають як підпортфелі; тематичні спрямування проєктів ГУ виступають як підрозділи

Figure 2 – Model of the structure of the portfolio of PP projects: categories of PP projects appear as sub-portfolios according to the request for the amount of funding; the thematic directions of PP projects act as subdivisions

В свою чергу, в якості механізму досягнення такої синергії може виступати об'єднання проєктів ГУ в портфелі. Разом із тим, це можуть бути як портфелі проєктів ГУ, в рамках яких останні рекомендувались до виконання, так і нові портфелі, до яких можуть увійти проєкти ГУ, насамперед, відповідні певним тематичним спрямуванням. За приклад, який ілюструє перший випадок, можна навести проєкти ГУ, які реалізовувались у 2020 р. у м. Києві за тематичним спрямуванням "Освіта". Ми можемо бачити там значну кількість запитів на фінансування в однаковому обсязі однотипних проєктів ГУ для різних шкіл із встановлення звукового та мультимедійного обладнання. За гіпотетичний приклад, який може ілюструвати другий випадок, можуть виступати проєкти ГУ за тематичним спрямуванням "Дороги, транспорт". Реалізація багатьох із проєктів ГУ даного тематичного спрямування вимагає залучення людських ресурсів, обладнання тощо, які задіяні в транспортно-дорожньому комплексі міста, зокрема, при виконанні проєктів, які реалізуються в рамках відповідних видатків бюджету територіальної громади за функціями, або елементами, – "Транспорт" чи "Капітальне будівництво". При цьому має передбачатися формування календарно-ресурсних планів робіт за проєктами з урахуванням обмеженості відповідних ресурсів. Тобто, в другому випадку, проєкти ГУ тематичного спрямування "Дороги, транспорт" – всі або частково – можуть розглядатися в складі принаймні двох портфелів: портфеля проєктів ГУ, який формується в умовах прийняття проєктів ГУ до реалізації, і портфеля проєктів, який об'єднує дані проєкти ГУ зі "звичайними" проєктами, які реалізуються в рамках загального бюджету територіальної громади за відповідними видатками останнього. Водночас, у цьому, другому, випадку проєкти ГУ тематичного спрямування "Дороги, транспорт" можуть залишатися і в портфелі проєктів ГУ, за якими зберігається, повністю або частково, функція моніторингу і контролю щодо реалізації зазначених проєктів ГУ.

Повертаючись до завдання визначення переліку і змісту тематичних спрямувань, які виокремлюються щодо проєктів ГУ, і виходячи з вищевикладеного, вважаємо за доцільне виокремлювати тематичні спрямування за проєктами ГУ узгоджуючись із переліком і змістом тематичних спрямувань щодо видатків бюджетів територіальних громад. Зокрема, протягом багатьох років, витрати бюджету м. Києва виокремлюються за такими функціями як: освіта; транспорт і дорожнє господарство; охорона здоров'я; соціальний захист; житлово-комунальне господарство; культура і

мистецтво; фізкультура і спорт; будівництво. Мають місце й інші видатки, зміст яких, у певній частині, варіює по роках.

За окреме завдання, яке потребує вирішення в контексті виокремлення тематичних спрямувань за проєктами ГУ, як однієї з основних характеристик останніх, виступає визначення якості, в якій будуть виокремлювані тематичні спрямування виступати, – як підпортфелі, що передбачає виділення на них окремих бюджетів, чи як підрозділи портфеля ГУ. Як вже зазначалось вище у цій роботі простежується існування принаймні двох відмінних підходів до структурування портфелів ГУ – без попередньої фіксації бюджетів відносно будь-яких складових портфеля ГУ і з фіксацією бюджетів відносно певних складових портфеля ГУ. Відповідно, якщо виокремлювані тематичні спрямування будуть виступати як підпортфелі, то моделі структури портфеля проєктів ГУ, наведені на рис. 1 і 2, можуть бути трансформовані у моделі, які предсталено на рис. 3 – 5.

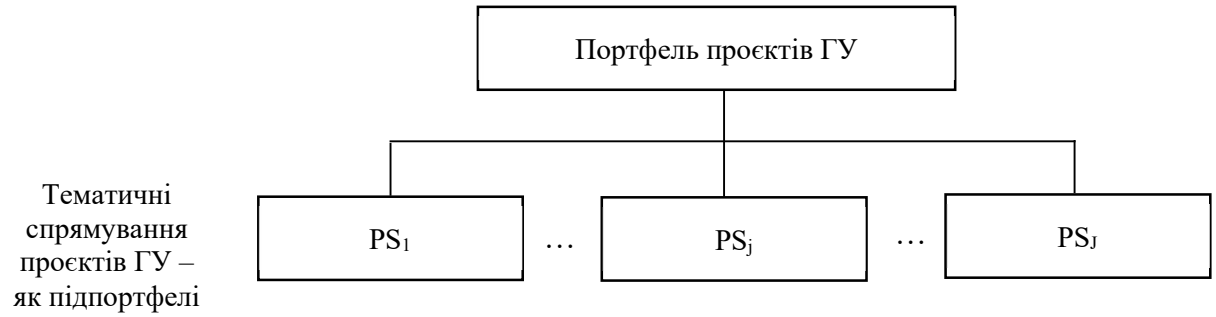


Рисунок 3 – Модель структури портфеля проєктів ГУ: тематичні спрямування проєктів ГУ виступають як підпортфелі

Figure 3 – Model of the structure of the PP project portfolio: the thematic directions of the PP projects act as sub-portfolios

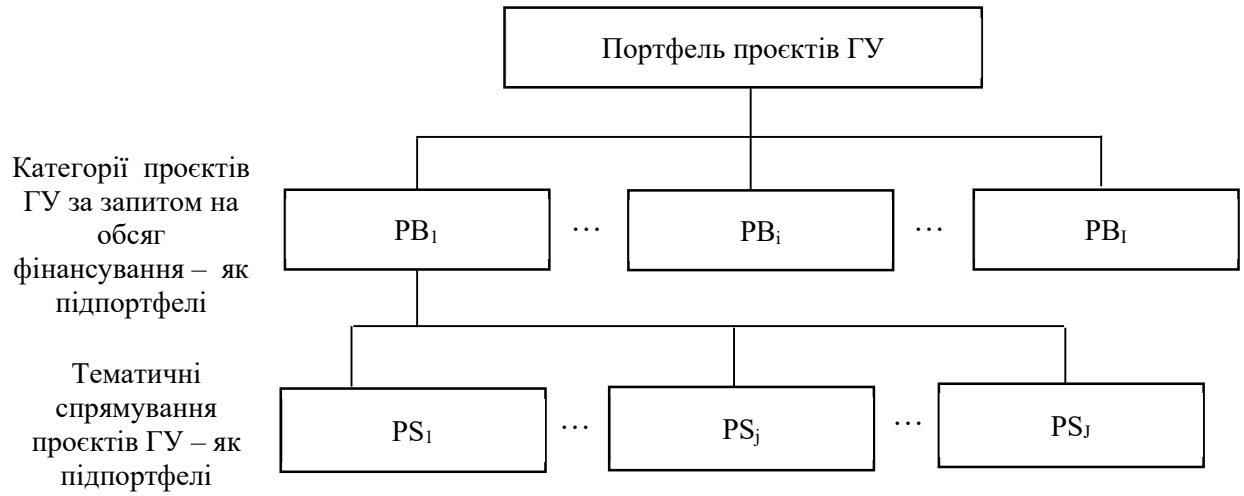


Рисунок 4 – Модель структури портфеля поєктів ГУ (варіант а): категорії проєктів ГУ за запитом на обсяг фінансування виступають як підпортфелі; тематичні спрямування проєктів ГУ виступають як підпортфелі

Figure 4 – Model of the structure of the portfolio of PP objects (option a): the categories of PP projects according to the request for the volume of financing act as sub-portfolios; the thematic directions of PP projects act as sub-portfolios

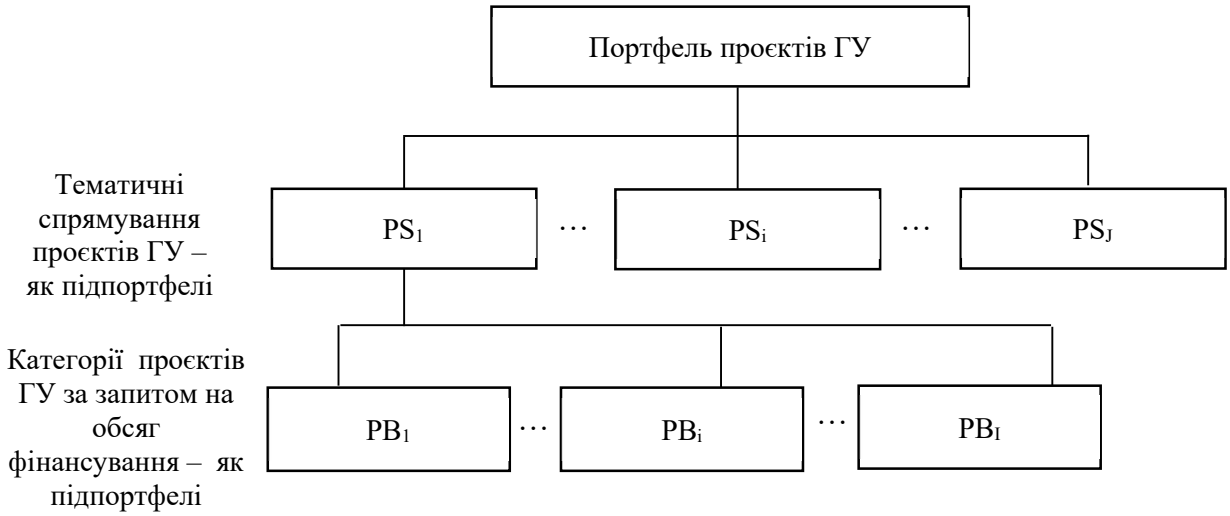


Рисунок 5 – Модель структури портфеля поєктів ГУ (варіант б): категорії проєктів ГУ за запитом на обсяг фінансування виступають як підпортфелі; тематичні спрямування проєктів ГУ виступають як підпортфелі

Figure 5 – Model of the structure of the portfolio of PP objects (option b): categories of PP projects according to the request for the volume of financing act as sub-portfolios; the thematic directions of PP projects act as sub-portfolios

Звертаючись до питання доцільності узгодження виокремлення тематичних спрямувань із переліком і змістом тематичних спрямувань, за якими формуються видатки бюджетів територіальних громад, маємо наголосити, що, крім вищезазначеного, воно є важливим і з іншої точки зору. В умовах аналізу умов введення окремих бюджетів за тематичними спрямуваннями можуть, гіпотетично, використовуватись різні варіанти розподілу бюджету громадської участі. Наприклад, такий розподіл може виконуватись пропорційно до кількості поданих запитів або кількості отриманих голосів на підтримку вже за результатами голосування за тематичними спрямуваннями. Разом із тим, розглядаючи портфелі, в тому числі, і проєктів ГУ, територіальних громад за засіб реалізації, а, за певних умов, і формування стратегії територіальної громади, рівень вагових коефіцієнтів при розподілі громадського бюджету можна встановлювати як такий, що стимулює розвиток, насамперед, певних тематичних спрямувань. При цьому це може бути або "посилення" визнання важливих натепер для територіальної громади стратегічних напрямів розвитку, або "посилення" стратегічних напрямів, які "не добирають" коштів за "звичайним" бюджетом територіальної громади, або вишукування нових перспективних напрямів стратегічного розвитку територіальної громади, орієнтованих на виявлення і задоволення потреб мешканців цієї громади. В останньому випадку проєкти ГУ за окремими тематичними спрямуваннями можуть розглядатися за такі, що носять, до певної міри, характер експериментів, а вагові коефіцієнти при розподілі бюджету ГУ між тематичними спрямуваннями встановлюватися ситуаційно, наприклад, пропорційно кількості голосів, які набрали разом проєкти ГУ відповідних тематичних спрямувань.

Структурні моделі портфеля проєктів ГУ, представлені на рис. 3 – 5, можуть бути використані при визначені вагових коефіцієнтів для бюджетів тематичних спрямувань, якщо останні будуть виступати за підпортфелі. При цьому може використовуватись метод аналізу ієрархій.

Висновки з проведеного дослідження та перспективи подальших розвідок за даним напрямом. Спостерігаєма світова практика управління проєктами ГУ дає підстави розглядати останнє, узгоджуючись із відомими натепер уявленнями про управління портфелями проєктів, насамперед,

представленими в стандартах управління проєктами і портфелями проєктів, як таке, для підвищення результативності і ефективності якого може бути застосовано механізм портфельного управління.

Відповідно до засад методології портфельного управління портфель проєктів ГУ за своєю ієрархічною структурною будовою може містити в своєму складі такі структурні одиниці як підпортфелі і/або підрозділи. Умови виокремлення даних структурних одиниць може відповідати окремим характеристикам проєктів ГУ, зокрема, таким як тематичне спрямування і/або запит на обсяг фінансування. При цьому сам портфель проєктів ГУ може розглядатися за підпортфель в структурі загального портфеля проєктів територіальної громади.

При виокремленні тематичних спрямувань у якості підпортфелів за портфелем проєктів ГУ ієрархічної структурної будови постає завдання встановлення, крім переліку та змісту даних тематичних спрямувань, значень вагових коефіцієнтів за умовами розподілу бюджету ГУ між підпортфелями тематичних спрямувань. Виокремлення тематичних спрямувань як підпортфелів за портфелем проєктів ГУ на засадах відповідності переліку та змісту тематичних спрямувань щодо видатків загального бюджету територіальної громади створює передумови до можливості розглядати портфель проєктів ГУ територіальної громади в якості засобу реалізації, а, за певних умов, і формування стратегії територіальної громади. Таким чином, значення вагових коефіцієнтів при розподілі бюджету ГУ можна приймати на рівні, що сприяє розвитку наперед визначених тематичних спрямувань у контексті реалізації стратегії територіальної громади. За варіанти даного розвитку можуть виступати: “посилення” тематичних спрямувань, які визначені за особливо важливі для територіальної громади; “посилення” тематичних спрямувань, які мають дефіцит коштів в межах загального “звичайного” бюджету територіальної громади; вишукування нових перспективних напрямів стратегічного розвитку територіальної громади орієнтованих на виявлення і задоволення потреб мешканців цієї громади. В останньому випадку проєкти ГУ за окремими тематичними спрямуваннями можуть розглядатися за такі, що носять характер експериментів, а вагові коефіцієнти при розподілі бюджету ГУ між тематичними спрямуваннями встановлюватися ситуаційно, наприклад, пропорційно кількості голосів, які набрали разом проєкти ГУ відповідних тематичних спрямувань.

Перелік посилань

1. Воркут Т.А. Управління проєктами громадської участі – як сфера застосування портфельноорієнтованого управління / Т.А. Воркут, О.Є. Білоног, О.В. Горбенко, А.М. Дмитриченко, А.В. Петунін, Н.В. Срібна // Вісник Національного транспортного університету. Серія «Економічні науки». Науковий журнал. – К. : НТУ, 2022. – Вип. 2 (52). С. 65-80.

2. Project Management Institute, Standard for Portfolio Management – First Edition, Project Management Institute Inc, 2006, 79 p.

3. Project Management Institute, Standard for Portfolio Management – Second Edition, Project Management Institute Inc, 2008, 146 p.

4. Project Management Institute, Standard for Portfolio Management – Third Edition, Project Management Institute Inc, 2013, 121 p.

5. Project Management Institute, Standard for Portfolio Management – Fourth Edition, Project Management Institute Inc, 2017, 140 p.

6. Рішення Київської міської ради "Про затвердження Положення про громадський бюджет міста Києва" від 22 грудня 2016 року із змінами і доповненнями. Режим доступу: https://kmr.gov.ua/uk/provisions-public-budget.

7 Громадський бюджет Києва. Дані по проєктам за 2020 рік. Режим доступу: https://wiki-projects.kyivcity.gov.ua/pages/viewpage.action?pageId=28180652#tab-2020

METHODOLOGICAL ASPECTS OF THE FORMATION OF PUBLIC PARTICIPATION PROJECTS AS A PROJECT PORTFOLIO

Vorkut Tetyana A., Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine, vorkutt@ukr.net, http://orcid.org/0000-0003-0354-476X.
Bozhok Julia O., National Transport University, Kyiv, Ukraine, bozhok2008@bigmir.net, http://0000-0002-0404-0961.
Kharuta Vitaly S., PhD, National Transport University, Kyiv, Ukraine, kharuta_vitaliy@ukr.net, http://0000-0002-8897-7558.

Abstract. The relevance of the research topic is due to the need to improve and further develop the methodological approach to determining the optimal composition of the portfolio of projects, in terms of developing a model for determining the optimal composition of the portfolio of public participation (PP) projects, which is based on the premises of an alternative formulation of the task of optimizing the portfolio (sub-portfolio) of PP projects - on based on individual ratings of PP projects or a portfolio of PP projects considered together.

The purpose of the study: to increase the effectiveness of the management of PP projects on the basis of the development of scientific and methodological principles of management of the totality of PP projects as a portfolio of PP projects.

The object of the study is project portfolio management processes and PP project management processes.

Research methodology. The method of scientific identification was used when forming the conceptual basis of the study; in the analysis of scientific and methodical approaches to structuring, determination of criteria (evaluation, selection, prioritization) and optimization according to portfolios of PP projects - the method of comparative analysis; to test the hypothesis regarding the insignificance of differences in the aggregates of PP projects separated by thematic directions, the Kruskel–Wallis non-parametric criterion (test) of significance.

Keywords: project management, project portfolio, portfolio-oriented management, public participation projects, public project, public budget.

References

[1] Vorkut T.A., Bilonoh O.Ye., Horbenko O.V., Dmytrychenko A.M., Petunin A.V., Sribna N.V. Public Participation Project Management as a Scope of Portfolio Management Application. Visnyk of the National Transport University. Series «Economic sciences». Scientific journal. – K.: NTU, 2022. – Issue 2 (52). P. 65–80.

[2] Project Management Institute, Standard for Portfolio Management – First Edition, Project Management Institute Inc, 2006, 79 p.

[3] Project Management Institute, Standard for Portfolio Management – Second Edition, Project Management Institute Inc, 2008, 146 p.

[4] Project Management Institute, Standard for Portfolio Management – Third Edition, Project Management Institute Inc, 2013, 121 p.

[5] Project Management Institute, Standard for Portfolio Management – Fourth Edition, Project Management Institute Inc, 2017, 140 p.

[6] The Kyiv City Council Decision On Approval of the Regulations on the Public Budget of the City of Kyiv, December 22, 2016 with changes and amendments. On-line access: https://kmr.gov.ua/uk/provisions-public-budget.

[7] Kyiv's Public Budget. Data on projects within the year 2020. On-line access: https://wiki-projects.kyivcity.gov.ua/pages/viewpage.action?pageId=28180652#tab-2020.