

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ КОНТРАКТІВ FIDIC В ДОРОЖНЄ ГОСПОДАРСТВО УКРАЇНИ

PROBLEMS AND PROSPECTS FOR IMPLEMENTING FIDIC CONTRACTS IN THE ROAD SECTOR OF UKRAINE



Канін Олександр Петрович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра транспортного будівництва та управління майном, професор, kaninap@ukr.net,

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



Харченко Анна Миколаївна, кандидат кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра транспортного будівництва та управління майном, доцент, anna-x3@ukr.net,

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



Цинка Анатолій Олександрович, Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна» (ДП "ДерждорНДІ"), перший заступник директора ДП "ДерждорНДІ", tsinka_80@ukr.net,

<https://orcid.org/0000-0002-0357-2325>

Анотація. Проведено правовий аналіз проблем впровадження типових контрактів FIDIC в дорожнє господарство України. Встановлено основні перепони до гармонізації умов і вимог FIDIC локальному законодавству України, виходячи з досвіду різних країн світу. Приведені основні переваги використання типових контрактів FIDIC у будівництві. Наведено шляхи та перспективи регулювання питання застосування стандартів FIDIC дорожнім господарством України.

Ключові слова: типові контракти FIDIC, гармонізація, імперативні норми, Загальні Умови, Спеціальні Умови, договір підряду.

Вступ. Однією з причин того, що зарубіжні інвестори вважають за краще використовувати типові контракти FIDIC, а не національні договірні моделі, передбачені вітчизняним цивільним законодавством, є спрямованість зазначених типових контрактів на формування системи управління інвестиційно-будівельним проектом. Типовий контракт FIDIC є не тільки і не стільки юридичний факт, який породжує підрядне відношення, скільки інструмент проектного менеджменту, що дозволяє ефективно управляти діяльністю учасників інвестиційно-будівельного процесу [1].

Мета і методи. Аналіз світового досвіду щодо розроблення окремих норм законодавства для реалізації контрактів FIDIC дозволив виявити головні проблеми гармонізації умов і вимог FIDIC локальному законодавству різних країн світу. До головних з них можна віднести:

- фундаментальні відмінності між цивільним правом і загальним правом, які покладено в основу створення стандартів FIDIC;
- різний ступінь державного регулювання будівництва в розвинутих країнах, країнах з перехідною економікою та в країнах, що розвиваються;
- поширеність застосування стандартів FIDIC у будівництві, яке здійснюється за кошти Світового Банку, ЄБРР та інших світових фінансових інституцій;
- застосування стандартів FIDIC розвинутими країнами, які мають власні ефективні стандарти будівельних контрактів (Великобританія, Німеччина, Франція, США, Японія тощо), у випадках, коли вони є учасниками міжнародних проектів;
- не зовсім вдалі і важкі спроби пристосування стандартів FIDIC до локального законодавства країн Центральної і Східної Європи (наприклад, в Угорщині, Польщі, Румунії);
- необхідність законодавчого закріплення статусу і повноважень інженера-консультанта, які відповідають вимогам FIDIC;
- нешироке застосування стандартів FIDIC між резидентами однієї країни;
- відсутність у деяких країнах світу, зокрема в Україні, автентичного перекладу стандартів FIDIC, затверджених в установленому порядку;
- неврегульованість місцевого законодавства в країнах з перехідною економікою, що породжує розбіжності між окремими законодавчими і іншими нормативними актами.

Проте, попри всі зазначені проблеми, застосування стандартів FIDIC, як показала світова практика, обіцяє досить суттєво підвищити ефективність виконання будівельних проектів. Впровадження стандартів FIDIC забезпечує плавність і прозорість управління будівельними проектами, справедливе розподілення ризиків між замовниками і підрядниками, зменшення затримок і перевитрат.

Виходячи з зазначеного, основною метою дослідження є виявлення передумов та труднощів щодо впровадження та використання стандартів FIDIC в Україні.

Результати і пояснення. Типові умови FIDIC розроблені на основі загального права, що покладене в основу британських національних контрактів будівельного підряду, тому текст стандартів FIDIC надмірно детальний, прописаний до дрібниць, але складною мовою, і в ньому відсутня строга, продумана і логічно вибудована система, що утруднює його розуміння і використання на практиці в багатьох країнах з відмінною системою права [2].

Це призводить до необхідності порівняти деякі положення українського права і типових контрактів. Порівняльний аналіз типових контрактів і норм Цивільного Кодексу України (далі – ЦК) носить умовний характер, так як порівнювати можна тільки порівнянне, тобто предмети одного порядку. Наприклад, типові контракти FIDIC і ЦК України є предметами різного порядку, але в обох випадках закріплені положення, присвячені регулюванню договору будівельного підряду. Сенс подібного порівняння має переважно прагматичний характер, і полягає в тому, щоб визначити суперечності між типовими контрактами і нормативно-правовими актами України. Виявлення таких протиріч може сприяти адаптації типових контрактів при їх застосуванні в Україні [3].

Отже, порівняльний аналіз і виявлення невідповідностей чинних нормативно-правових актів та нормативно-технічних документів окремим положенням здійснення контрактів за вимогами FIDIC є достатньо складною задачею, яка потребує перевірки типових контрактів FIDIC на їх відповідність або невідповідність законодавству України. По-перше, потрібно проаналізувати методичні рекомендації, які дає FIDIC щодо використання різних проформ FIDIC для різних будівельних проектів та адаптації своїх стандартів до національних правових систем, зокрема України. По-друге, необхідно з'ясувати, які саме вітчизняні правові норми протирічать імперативним нормам FIDIC (або навпаки) і яким чином їх можна узгодити. При цьому особливу увагу потрібно звернути на специфіку проектів дорожнього господарства України, які здійснюються на основі державного замовлення з використанням бюджетних коштів.

Структура міжнародних контрактів за FIDIC дозволяє здійснити їх адаптацію до різних будівельних проектів і до різних законодавчих вимог [4]. Поряд з численними статтями, які можуть широко застосовуватися, існує ряд положень, які підлягають обов'язковій зміні з урахуванням специфічних обставин і країни, в якій виконується будівництво об'єкта.

FIDIC особливо підкреслює важливість адаптації при укладанні типових контрактів FIDIC між резидентами однієї країни. Слід підкреслити, що алгоритм адаптації повинен включати розгляд кожного пункту Загальних умов контракту на предмет відповідності імперативним нормам локального законодавства.

Якщо положення, що розглядається, не суперечить імперативним нормам і відповідає вимогам та інтересам замовника, то текст цього положення залишається в незмінному вигляді. В іншому випадку в нього вносяться зміни, шляхом відповідної вказівки в Особливих умовах. У схематичному вигляді алгоритм адаптації представлений на рис. 1 [5].

Слід зауважити, що Особливі умови контракту завжди мають більш високий пріоритет, ніж Загальні умови (так як вони містять зміни, внесені в Загальні умови).

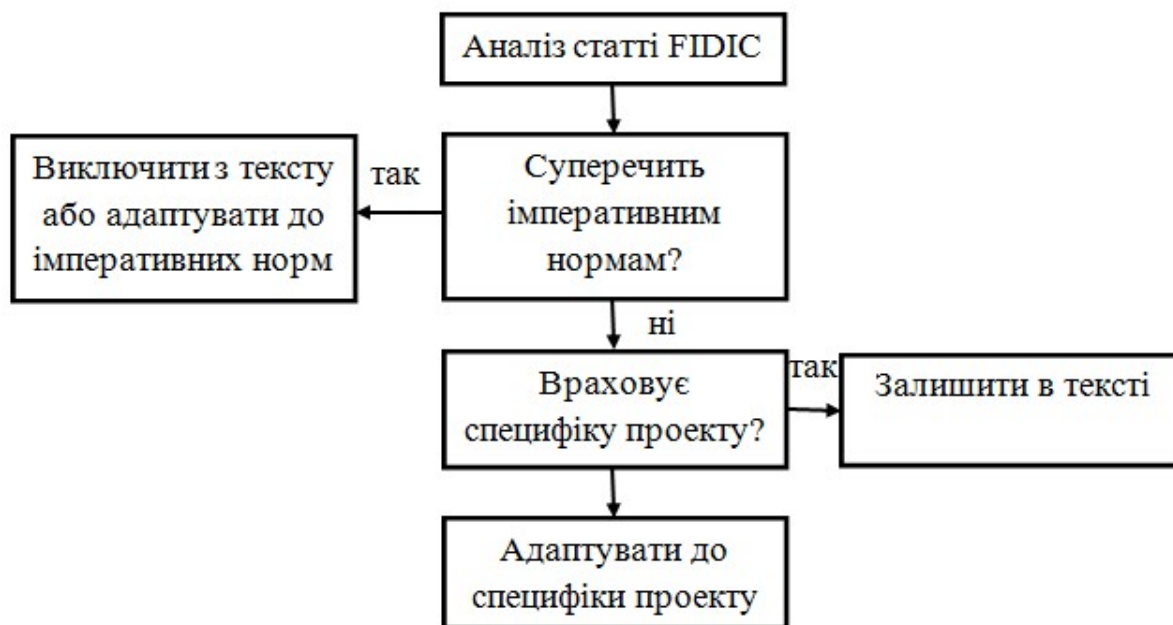


Рисунок 1 – Алгоритм адаптації статей Загальних умов FIDIC
Figure 1 – Algorithm for adaptation of FIDIC General Conditions articles
Джерело: [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. Адаптовано авторами

Запропонований нами алгоритм адаптації національних нормативно-правових актів до загальних вимог FIDIC наведений на рис. 2. Цей алгоритм повинен бути застосований до кожної статті Загальних умов FIDIC.

Проведемо порівняльний аналіз норм українського законодавства, що визначають функції технічного замовника та Умов договору на будівництво (Червона книга FIDIC 1999 г.) [6].

За нормативно-правовими актами України термін «контракт» не вживається в Законі України «Про публічні закупівлі» [7], також цей термін не вживається в Цивільному Кодексі України (ЦК України) [8].

Проте, в Господарському Кодексі України (ГК України) [9] у статті 13 «Державне замовлення, державне завдання», п. 2 дано таке визначення: «Державний контракт - це договір, укладений державним замовником від імені держави з суб'єктом господарювання - виконавцем державного замовлення, в якому визначаються економічні та правові зобов'язання сторін і регулюються їх господарські відносини». Тобто, «контракт» і «договір» тут є тотожними поняттями. Крім того, разом з поняттям «контракт» використовується поняття «угода», як, наприклад, у ст. 15 ГК України, п. 2 «Технічне регулювання у сфері господарювання».

Зовнішньоекономічний договір (контракт), згідно із Законом України «Про зовнішньоекономічну діяльність» [10], – це «матеріально оформлена угода двох або більше суб'єктів зовнішньоекономічної діяльності та їх іноземних контрагентів, спрямована на виникнення, зміну або припинення їх взаємних прав і обов'язків у сфері зовнішньоекономічної діяльності». Тут також ототожнені договір, контракт і угода.

Згідно з Міжнародним стандартом бухгалтерського обліку 11 (МСБО 11) Будівельні контракти [11]: «Будівельний контракт - це контракт, спеціально укладений на спорудження одного активу або комбінації активів, які тісно пов'язані між собою або взаємозалежні за умовами їх проектування, технології та функціонування чи за їх кінцевим призначенням та використанням».

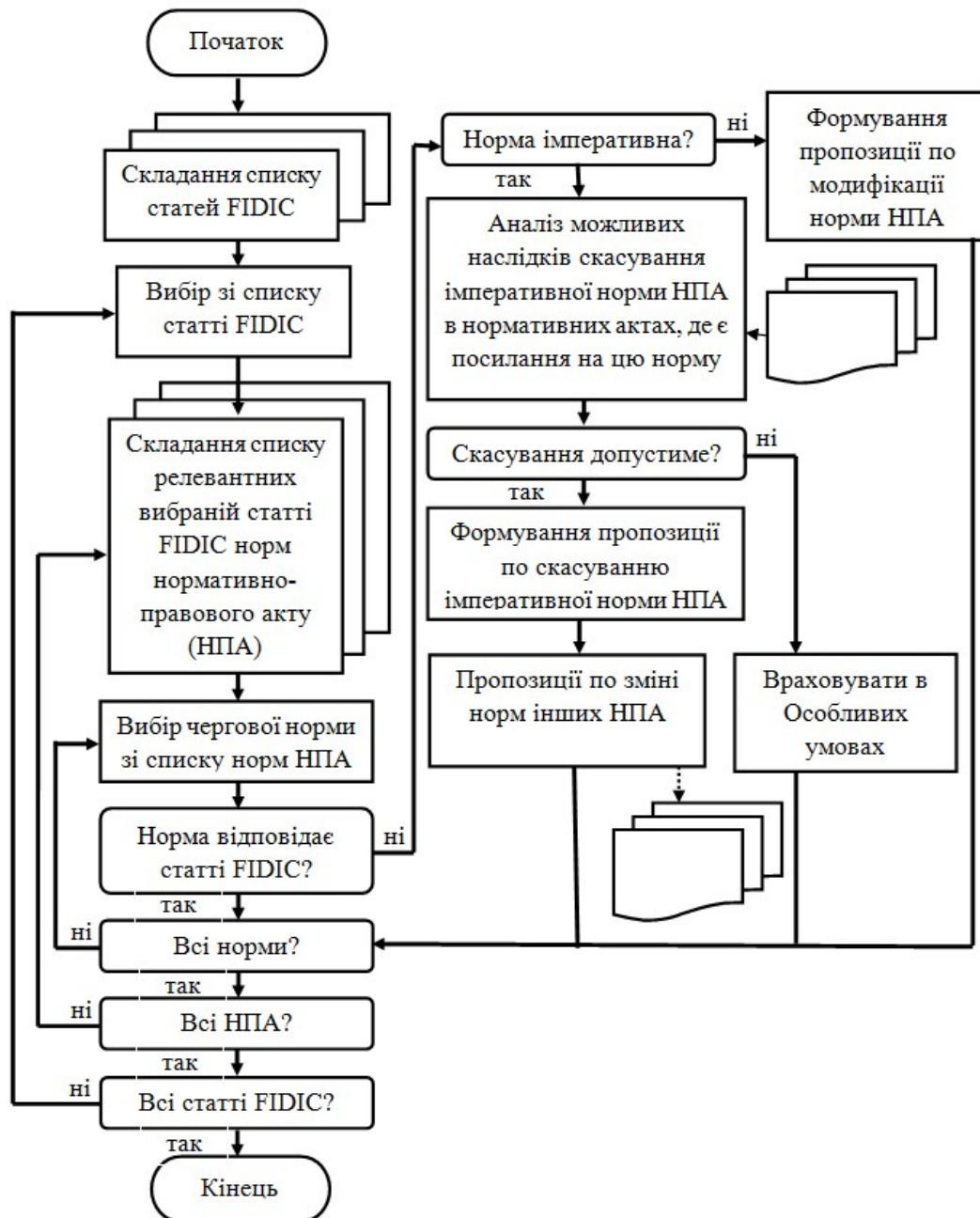


Рисунок 2 – Схема алгоритму адаптації типових загальних умов FIDIC
 Figure 4 – Scheme of the algorithm for adaptation of the typical FIDIC General Conditions
 Джерело: розроблено авторами

За п. 4 МСБО 11 [11] будівельний контракт може укладатися на спорудження одного активу, такого як міст, будівля, дамба, трубопровід, дорога, корабель або тунель. Будівельний контракт може також укладатися на будівництво кількох активів, які тісно взаємопов'язані між собою чи взаємозалежні за умовами проектування, технології чи функціонування, або за їх основним призначенням, або за використанням; прикладами таких контрактів є контракти на спорудження переробних заводів або інших складних виробничих об'єктів чи обладнання.

В табл. 1 нами порівнюються, по-перше, склад документації за контрактом FIDIC, по-друге, склад договірної документації постанови Кабінету Міністрів України № 668 (далі – постанова 668) [12].

Згідно [6] Особливі умови контракту мають вищий пріоритет, ніж Загальні умови, отже, у табл. 2.1 вони знаходяться вище Загальних умов. Як видно, в постанові № 668 не встановлені пріоритети документів, вони впорядковані за фазами проходження процедури закупівлі.

Таблиця 1 – Порівняння складу Контракту FIDIC і договірної документації
 Table 1 – Comparison of the FIDIC Contract and Contract Documentation

Контракт FIDIC [13]	Договірна документація [12]
а) Контрактна угода (за наявності такої), б) Повідомлення про акцепт, в) Тендерна пропозиція, г) Особливі умови, д) Загальні умови, е) Технічні умови, ж) Креслення, і з) Відомості та будь-які інші документи, які є частиною Контракту.	а) Договір підряду з істотними умовами згідно з Постановою КМ України № 668, б) проектна, кошторисна, тендерна документація, в) Тендерна пропозиція, г) Акцепт тендерної пропозиції, д) повідомлення, запити, претензії тощо), які встановлюють, конкретизують, уточнюють або змінюють умови договору підряду.

Джерело: Складено авторами

Умовами даних контрактів FIDIC передбачається два способи укладання контракту (за результатами аналізу, виконаного в роботі [5]):

- контракт вважається укладеним з отриманням підрядником сповіщення замовника про акцепт оферти підрядника;
- контракт вважається укладеним з підписанням сторонами договору підряду.

У першому випадку сторони вступають в контрактні відносини або

- а) без підписання договору підряду, або
- б) до його підписання.

В обох варіантах контрактні відносини вступають в силу при обов'язковій наявності двох документів: оферти (Letter of Tender) [6], належним чином оформленої і підписаної підрядником, і сповіщення про акцепт (Letter of Acceptance) [6], належним чином оформленого, підписаного і доставленого підряднику замовником.

Оферта – це лист підрядника замовнику, в якому міститься пропозиція підрядника виконати будівництво об'єктів відповідно до вимог замовника, викладеними в тендерній документації. До оферти додається документ, іменований як «Додаток до оферти», який є невід'ємною її частиною (Appendix to Tender) [6] (визначення 1.1.1.9). Разом з офертою подаються документи, в яких викладено зміст пропозиції підрядника і які разом з офертою складають тендерну пропозицію підрядника (Tender) [6] (визначення 1.1.1.8). Орієнтовна форма оферти приведена в частині 3 Умов контракту FIDIC [6].

Повідомлення про акцепт представляє собою лист замовника підряднику, в якому замовник офіційно повідомляє про акцепт (прийняття) оферти підрядника і отримання якого підрядником означає укладення контракту між сторонами на умовах, зазначених у тендерній документації замовника та тендерній пропозиції підрядника. Повідомлення про акцепт повинно містити вказівку щодо акцептованої суми контракту і може в якості додатків містити документи (додаткові угоди, протоколи тощо), які фіксують домовленості сторін, досягнуті після подачі оферти, а саме, в ході переговорів на етапі розгляду і оцінки оферти.

Зазначені домовленості можуть в допустимих умовах проведення тендера межах змінювати зміст тендерної пропозиції підрядника і (або) фіксувати результати виправлення арифметичних помилок, виявлених замовником у тендерній пропозиції підрядника. Якщо на додаток до повідомлення про акцепт сторони мають намір підписати договір підряду, в тексті повідомлення про акцепт має бути зазначено, що це повідомлення разом з офертою та іншими документами складають контракт між сторонами до підписання сторонами Договору підряду.

Перший спосіб може виявитися неприйнятним для використання в Україні, де відповідно до вимог законодавства вступ сторін у договірні відносини в обов'язковому порядку оформляється договором підряду. У цьому випадку застосовується другий спосіб, при якому повідомлення про акцепт в описаному вище значенні і вигляді відсутнє. Замовник лише повідомляє підрядника про те, що останній є переможцем тендеру, і запрошує його на переговори щодо підготовки до укладення договору підряду. У цьому випадку дата повідомлення про акцепт повинна зазначатися в тексті умов контракту [6] як дата підписання договору підряду, про що прямо сказано в другій частині визначення терміна «повідомлення про акцепт», даного в підпункті 1.1.1.3 пункту 1.1 статті 1 [6]: «Якщо такого повідомлення про акцепт не передбачено, то термін «Повідомлення про акцепт» позначає Договір підряду, і дата подання або отримання повідомлення про акцепт вважається датою підписання Договору підряду».

Умовами контракту для проектів типу «ІПБ-ЕРС» і для проектів, які виконуються «під ключ» FIDIC за замовчуванням передбачається тільки один спосіб укладення контракту, а саме підписання сторонами договору підряду. Якщо замовник вважає за необхідне, щоб контракт вважався укладеним до підписання сторонами договору підряду, то він повинен вказати це в Особливих умовах (Пункт 1.6. Керівництва з підготовки особливих умов) [6].

Існують значні відмінності між складом договору підряду, приведеному в частині 3 Умов контракту FIDIC [13], і договору підряду, складеному на основі вимог постанови № 668 [12]. Порівняння складу Загальних Умов FIDIC та істотних умов договору підряду наведені в табл. 2-3.

Таблиця 2 – Порівняння Загальних Умов FIDIC та істотних умов договору підряду в капітальному будівництві

Table 2 – Comparison of the FIDIC General Terms and Essential Terms of Contract in Capital Construction

Контракт FIDIC [6]. Загальні Умови	Примірний договір підряду в капітальному будівництві[14]
1. Загальні положення 2. Замовник 3. Інженер 4. Підрядник 5. Призначені субпідрядники 6. Персонал і робоча сила 7. Обладнання, матеріали та якість робіт 8. Початок, затримки і припинення робіт 9. Випробування по завершенні будівництва 10. Приймання об'єктів замовником 11. Відповідальність за недоліки 12. Вимірювання і оцінка 13. Зміни і коригування 14. Ціна контракту і оплата 15. Розірвання контракту замовником 16. Припинення робіт і розірвання контракту підрядником 17. Ризик і відповідальність 18. Страхування 19. Форс-мажор 20. Претензії, спори та арбітраж	1. Предмет Договору 2. Договірна ціна 3. Забезпечення виконання зобов'язань Сторін за Договором 4. Ризики знищення або пошкодження об'єкта будівництва та їх страхування 5. Забезпечення робіт (будівництва об'єкта) проектною документацією 6. Забезпечення робіт матеріалами, устаткуванням та послугами 7. Порядок залучення до виконання робіт субпідрядників 8. Залучення до виконання робіт робочої сили 9. Організація виконання робіт 10. Фінансування робіт (будівництва об'єкта) 11. Проведення розрахунків за виконані роботи 12. Приймання-передача закінчених робіт (об'єкта будівництва) 13. Відповідальність сторін за порушення зобов'язань за Договором та порядок урегулювання спорів 14. Внесення змін у Договір та його розірвання 15. Уповноважений представник Замовника (якщо він залучається) 16. Строк дії Договору 17. Договірна документація 18. Інші умови Договору

Джерело: Складено авторами

Відмінність договору підряду за FIDIC і договору будівельного підряду за українськими нормативно-правовими актами полягає в тому, що істотні (імперативні) умови складання і виконання договору наводяться:

- в договорі підряду за FIDIC – окремо у складі контрактної документації, хоча і є його обов'язковими додатками;
- в договорі підряду за українськими нормативно-правовими актами – безпосередньо в тексті договору.

Статтею 2 нової Червоної книги регламентуються обов'язки Замовника щодо: надання Підряднику права володіння будівельним майданчиком і доступу на нього; допомоги Підряднику в отриманні ним дозволів, ліцензій або узгоджень; дій персоналу Замовника згідно пп. 4.8 (Техніка безпеки) і п. 4.18 (Охорона навколишнього середовища); його фінансових зобов'язань і претензій.

В нормативно-правових актах України питання надання права володіння і доступу на будівельний майданчик обумовлюються згідно зі статтею 875 ЦК України, де зазначено, що за договором будівельного підяду замовник зобов'язується надати підрядникові будівельний майданчик (фронт робіт).

Таблиця 3 – Порівняння Загальних Умов FIDIC та істотних умов договору підяду (автомобільні дороги)

Table 3 – Comparison of the FIDIC General Terms and Substantive Contract Conditions (Roads)

Контракт FIDIC [6]. Загальні Умови	Примірний договір підяду на (автомобільні дороги) [14]
1. Загальні положення. 2. Замовник. 3. Інженер. 4. Підрядник. 5. Призначені субпідрядники. 6. Персонал і робоча сила. 7. Обладнання, матеріали та якість робіт 8. Початок, затримки і припинення робіт. 9. Випробування по завершенні будівництва. 10. Приймання об'єктів замовником. 11. Відповідальність за недоліки. 12. Вимірювання і оцінка. 13. Зміни і коригування. 14. Ціна контракту і оплата. 15. Розірвання контракту замовником. 16. Припинення робіт і розірвання контракту підрядником. 17. Ризик і відповідальність. 18. Страхування. 19. Форс-мажор. 20. Претензії, спори та арбітраж.	1. Предмет Договору. 2. Ризики Сторін та умови їх страхування. 3. Терміни виконання робіт та умови їх перегляду. 4. Договірна ціна робіт і порядок її уточнення. 5. Представники Сторін на будівельному майданчику. 6. Надання та використання будівельного майданчика. 7. Забезпечення робіт проектно-кошторисною документацією. 8. Матеріально-технічне забезпечення робіт. 10. Робоча сила. 11. Організація виконання робіт. 12. Контроль за якістю робіт, матеріалів, устаткування. 13. Порядок фінансування та здійснення розрахунків за виконані роботи. 14. Припинення виконання робіт у зв'язку з консервацією незавершеного об'єкта. 15. Прийняття в експлуатацію завершеного об'єкта. 16. Гарантійні терміни експлуатації об'єкта 17. Відповідальність Сторін. Порядок вирішення спорів. 18. Порядок розірвання Договору. Внесення змін до нього. 19. Особливі умови.

Джерело: Складено авторами

Затримки початку робіт через несвоєчасне надання підрядникові прав володіння і доступу на будівельний майданчик з вини замовника підпадають під частини 1 і 2 статті 850. Сприяння замовника: «1. Замовник зобов'язаний сприяти підрядникові у виконанні роботи у випадках, в обсязі та в порядку, встановлених договором підяду. У разі невиконання замовником цього обов'язку підрядник має право вимагати відшкодування завданих збитків, включаючи додаткові витрати, викликані простоем, перенесенням строків виконання роботи, або підвищення ціни роботи.

2. Якщо виконання роботи за договором підяду стало неможливим внаслідок дій або недогляду замовника, підрядник має право на сплату йому встановленої ціни з урахуванням плати за виконану частину роботи, за вирахуванням сум, які підрядник одержав або міг одержати у зв'язку з невиконанням замовником договору.»

Стаття встановлює обов'язок замовника сприяти підряднику у виконанні роботи. Правова природа підрядних відносин дозволяє зробити висновок, що дії замовника по сприянню не повинні бути тотожними діям підрядника, які він здійснює для виконання власних зобов'язань. Цей обов'язок замовником реалізується за умови передбачення у договорі одночасно трьох складових: випадків, обсягів та порядку сприяння. За невиконання обов'язків із сприяння замовник повинен відшкодувати підряднику спричинені ним збитки зокрема додаткові витрати, викликані простоем, перенесенням строків

виконання роботи, підвищенням ціни роботи. Частина 2 статті визначає правові наслідки дій або недовлад замовника, наслідком яких стала неможливість виконання роботи підрядником.

Або частину 1 статті 886 ЦК України: «1. У разі невиконання або неналежного виконання замовником обов'язків за договором будівельного підряду він сплачує підрядникові неустойку, встановлену договором або законом, та відшкодовує збитки у повному обсязі, якщо не доведе, що порушення договору сталося не з його вини.»

Дана стаття встановлює відповідальність замовника в разі невиконання або неналежного виконання умов договору (наприклад, несвоєчасна поставка матеріалу, устаткування тощо). Як і ч. 2 ст. 883 ЦК України, норма встановлює диспозитивність визначення такого способу забезпечення виконання зобов'язань як неустойка, тобто сторони можуть домовитися про сплату неустойки (розмір, порядок оплати), закріпивши такі положення в договорі або керуючись нормами, встановленими законодавством. Незалежно від сплати неустойки, замовник також відшкодовує збитки в повному обсязі за порушення умов договору. Дія вказаної статті може не наступати в разі, якщо замовник доведе, що порушення договору сталося не з його вини. Обов'язок такого доказування покладається на замовника.

Згідно ст. 318, ч. 1 ГК України за договором підряду на капітальне будівництво замовник зобов'язується надати підряднику будівельний майданчик. Підрядник має право порушувати строки виконання роботи у випадках, визначених ч. 3 ст. 320 ГК України, - у разі невиконання замовником тих своїх зобов'язань за договором підряду, невиконання яких призвело до ускладнення або взагалі до неможливості початку чи подальшого проведення підрядником робіт або до їх значного ускладнення. Наприклад, замовник не оформив усіх необхідних дозволів і узгоджень з державними органами та органами місцевого самоврядування на початок робіт.

Згідно ст. 322, ч. 1 ГК України за невиконання або неналежне виконання зобов'язань за договором підряду на капітальне будівництво винна сторона сплачує штрафні санкції, а також відшкодовує другій стороні збитки (зроблені другою стороною витрати, втрату або пошкодження її майна, неодержані доходи) в сумі, не покритій штрафними санкціями, якщо інший порядок не встановлено законом.

Порівняльний аналіз статей і пунктів нормативно-правових актів України зі ст. 2 Загальних Умов FIDIC дозволяє зробити висновок, що, в цілому, вони відповідають один одному по суті, проте є невідповідність їх структури. Якщо в умовах FIDIC вимоги до замовника сконцентровані в одній статті, то в ЦК України, ГК України і Загальних умовах [12] вони не сконцентровані. Пристосування до імперативних умов нормативно-правових актів України може бути здійснене відповідним формулюванням Особливих Умов FIDIC [6].

Висновки та рекомендації. За результатами проведеного аналізу слід відзначити:

1. Договірні моделі, розроблені Міжнародною федерацією інженерів-консультантів, не можуть застосовуватися в умовах української правової системи «в чистому вигляді» без внесення певних змін у нормативно-правові акти України. Дія умов типових договорів FIDIC, сконструйованих на основі доктрин загального права, а також на основі врахування специфіки будівельних проектів, може бути заблокована вибором українського права для регулювання договірних відносин. Нехтування імперативними вимогами українського законодавства у контрактах FIDIC є недопустимим.

В разі вибору українського права проблематичним буде застосування умов про строки в п. 8.4 Червоної, Жовтої і Срібної книг, а також про покладання на підрядника ризику невиконання договору внаслідок обставин непереборної сили (п. 17.3 Срібної книги), про здавання-приймання робіт.

З іншого боку, вибір права країни, що відноситься до англо-саксонської правової сім'ї, не дозволить застосовувати умови, засновані на українському праві (зокрема, застосування неустойок за порушення договірних обов'язків). Отже, необхідно передбачити відповідні правові формулювання Особливих Умов для гармонійної реалізації контрактів FIDIC в дорожньому господарстві України.

Перелік посилань

1. Варавенко В.Е. Сравнительный анализ правового положения технического заказчика по российскому законодательству и инженера по условиям договоров Международной федерации инженеров-консультантов (FIDIC) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://отрасли-права.pdf/article/14040>.

2. Клэе Л., Никифоров И.В. Контракты на строительство по правилам FIDIC: применение и толкование [Електронний ресурс] / Л. Клэе, И.В. Никифоров // М.: Статут, 2016. – 527 с. – Режим доступу: www.estatut.ru/pdf/1105_2.pdf.

3. Новоселов М.А. Применение lex constructionis в России для регулирования договора международного строительного подряда [Электронный ресурс] / М.А. Новоселов // Бизнес в законе. Экономико-юридический журнал, вып. 4, 2014. – с.104 – 107. – Режим доступа: <http://www.urvak.ru/articles/bizne-vypusk-4-primenenie-lex-constructionis-v-ros/>.
4. Смирнов Е.Б. Типовые формы международных и национальных строительных контрактов и их адаптация к условиям России [Электронный ресурс] / Е.Б. Смирнов, 2011. - Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/tipovye-formy-mezhdunarodnyh-i-natsionalnyh-stroitelnyh-kontraktov-i-ih-adaptatsiya-k-usloviyam-rossii>.
5. Пособие по применению типовых строительных контрактов ФИДИК // Британский строительный центр StPCP, Санкт-Петербург. – 2003.
6. Conditions of Contract for CONSTRUCTION FOR BUILDING AND ENGINEERING WORKS DESIGNED BY THE EMPLOYER [Электронный ресурс] / First Edition 1999. – 128 p. - Режим доступа: <http://site.iugaza.edu.ps/kshaath/files/2010/12/FIDIC-1999-RED-BOOK.pdf>.
7. Закон України Про публічні закупівлі // (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2016, № 9, ст.89).
8. Цивільний кодекс України // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2003, №№ 40-44, ст.356.
9. Господарський кодекс України // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2003, № 18, № 19-20, № 21-22, ст.144.
10. Закон України Про зовнішньоекономічну діяльність // з подальшими змінами(Відомості Верховної Ради УРСР (ВВР), 1991, N 29, ст. 377).
11. Міжнародний стандарт бухгалтерського обліку 11 (МСБО 11) Будівельні контракти. - Режим доступа: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/929_017/print1478666496233524.
12. Загальні умови укладення та виконання договорів підряду в капітальному будівництві // Кабінет Міністрів України, Постанова від 1 серпня 2005 р. N 668 «Про затвердження Загальних умов укладення та виконання договорів підряду в капітальному будівництві».
13. Деякі питання реформування системи державного управління автомобільними дорогами загального користування [Електронний ресурс] / Розпорядження Кабінету міністрів України від 31 березня 2015 р. № 432-р. - Режим доступа: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/432-2015-%D1%80>.
14. Примірний договір підряду в капітальному будівництві [Електронний ресурс] // Наказ Мінбуду від 27 жовтня 2005 року N 3. – Режим доступа: <http://www.uazakon.com/document/fpart36/idx36002.htm>.

PROBLEMS AND PROSPECTS FOR IMPLEMENTING FIDIC CONTRACTS IN THE ROAD SECTOR OF UKRAINE

Kanin Alexander Petrovich, PhD (Candidate of Technical Science), Associate Professor, National Transport University, Professor of Department of Transport Construction and Property Management, e-mail: kaninap@ukr.net, tel. +380442807909, <https://orcid.org/0000-0001-6849-2505>

Kharchenko Anna Mykolaivna, PhD (Candidate of Technical Science), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Transport Construction and Property Management, e-mail: anna-x3@ukr.net, tel. +380442807909, <https://orcid.org/0000-0001-8166-6389>

Tsynka Anatolii Oleksandrovych, The state-owned enterprise "M.P. Shulgin State Road Research Institute" (State Enterprise "DerzhdorNDI"), First Deputy Director of DerzhdorNDI SE, e-mail: tsinka_80@ukr.net, tel.+380442873123, <https://orcid.org/0000-0002-0357-2325>

Summary. The legal analysis of the problems of implementation of typical FIDIC contracts in the road sector of Ukraine was conducted. The main obstacles to harmonization of FIDIC conditions and requirements with local legislation of Ukraine are established based on the experience of different countries of the world. The main advantages of using typical FIDIC contracts in construction are given. The ways and perspectives of regulation of the application of FIDIC standards to the road sector of Ukraine are presented.

Key words: typical FIDIC contracts, harmonization, imperative norms, General Terms, Special Terms, Contract.

References

1. Varavenko V.E. Sravnytelnyi analiz pravovogo polozheniya tekhnicheskogo zakazchika po rossiyskomu zakonodatelstvu y ynzhenera po usloviyam dohovorov Mezhdunarodnoi federatsyy inzhenerov-konsultantov (FIDIC). URL: <http://отрасли-права.рф/article/14040>.
2. Klee, L., Nykyforov, Y. (2016). Kontrakty na stroytelstvo po pravylam FIDIC: prymerenye y tolkovanye. M., Statut, 527. URL: www.estatut.ru/pdf/1105_2.pdf.
3. Novoselov, M. (2014). Prymerenye lex constructionis v Rossyy dlia rehulyrovaniya dohovora mezhdunarodnogo stroytelnoho podriada. Byznys v zakone. Ekonomyko-yurydycheskyi zhurnal, 4, P. 104 – 107. URL: <http://www.urvak.ru/articles/bizne-vypusk-4-primenenie-lex-constructionis-v-ros/>.
4. Smyrnov, E. (2011). Tipovye formy mezhdunarodnykh y natsionalnykh stroytelnykh kontraktov y ykh adaptatsiya k usloviyam Rossyy. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/tipovye-formy-mezhdunarodnykh-i-natsionalnykh-stroitelnykh-kontraktov-i-ih-adaptatsiya-k-usloviyam-rossii>.
5. Posobyie po prymereniyu tipovykh stroytelnykh kontraktov FYDYK. (2003). Brytanskyi stroytelnyi tsentr StPCP, Sankt-Peterburh.
6. Conditions of Contract for CONSTRUCTION FOR BUILDING AND ENGINEERING WORKS DESIGNED BY THE EMPLOYER (1999). First Edition, 128 p. URL: <http://site.iu-gaza.edu.ps/kshaath/files/2010/12/FIDIC-1999-RED-BOOK.pdf>.
7. Zakon Ukrainy Pro publichni zakupivli (2016). Vidomosti Verkhovnoi Rady (VVR), 9, st.89.
8. Tsyvilnyi kodeks Ukrainy (2003). Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy (VVR), 40-44, st.356.
9. Hospodarskyi kodeks Ukrainy (2003). Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy (VVR), 2003, 18, 19-20, 21-22, st.144.
10. Zakon Ukrainy Pro zovnishnoekonomichnu diialnist (1991). Vidomosti Verkhovnoi Rady URSS (VVR), 29, st. 377.
11. Mizhnarodnyi standart bukhgalterskoho obliku 11 (MSBO 11) Budivelni kontrakty. URL: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/929_017/print1478666496233524.
12. Zahalni umovy ukladennia ta vykonannia dohovoriv pidriadu v kapitalnomu budivnytstvi (2005). Kabinet Ministriv Ukrainy, Postanova vid 1 serpnia 2005, 668 «Pro zatverdzhennia Zahalnykh umov ukladennia ta vykonannia dohovoriv pidriadu v kapitalnomu budivnytstvi».
13. Deiaki pytannia reformuvannia systemy derzhavnoho upravlinnia avtomobilnymy dorohamy zahalnoho korystuvannia (2015). Rozporiadzhennia Kabinetu ministriv Ukrainy vid 31 bereznia 2015, 432-r. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/432-2015-%D1%80>.
14. Prymirnyi dohovir pidriadu v kapitalnomu budivnytstvi (2005). Nakaz Minbudu vid 27 zhovtnia 2005, 3. URL: <http://www.uazakon.com/document/fpart36/idx36002.htm>.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ВЛАШТУВАННЯ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ШАРІВ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ВПЛИВУ ОСТИГАННЯ СУМІШІ НА ЕТАПІ ЇЇ ТРАНСПОРТУВАННЯ

THE RESEARCH QUALITY OF ASPHALT CONCRETE LAYING IN DEPENDING ON THE INFLUENCE OF COOLING MIX AT THE STAGE OF TNANSPORTATION



Мінаков Олексій Сергійович, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, асистент кафедри будівництва та експлуатації автомобільних доріг, e-mail: khadi.lexa@ukr.net, тел. +380662660580, Україна, 61002, м. Харків, вул. Петровського 25, к. 252.



Ілляш Сергій Іванович, Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна (ДП «ДерждорНДІ»», завідувач відділу нормативно-технологічного забезпечення дорожніх робіт, vtldr@ukr.net, [+38067 943 25 33](tel:+380679432533), orcid.org/0000-0002-3001-8012

Анотація. В статті обґрунтовано та експериментально підтверджено вплив етапу транспортування асфальтобетонної суміші на якість кінцевого продукту, тобто шару дорожнього одягу з асфальтобетону.

Об'єкт дослідження – температурна неоднорідність гарячої асфальтобетонної суміші.

Мета роботи полягає у встановленні впливу етапу транспортування асфальтобетонної суміші на якість матеріалу шару з асфальтобетону.

Метод дослідження – статистичний та аналітичний аналіз результатів візуальної, тепловізійної та приладової оцінки під час виконання робіт з влаштування асфальтобетонного шару.

Влаштування шарів дорожніх одягів з гарячих асфальтобетонних сумішей, особливо при несприятливих погодних умовах або віддаленості від місця приготування асфальтобетонної суміші є складним завданням та потребує досконалої організації виконання робіт. Особливістю влаштування таких шарів є необхідність забезпечення температурних режимів на кожному етапі, порушення яких призводить до передчасного руйнування шару та недотримання нормативних строків служби. Одним із перших та найбільш вагомим етапом на якому асфальтобетонна суміш втрачає температуру в поверхневих шарах та утворюється температурна неоднорідність в об'ємі є етап транспортування асфальтобетонної суміші. В роботі на основі польових експериментальних досліджень засобами тепловізійної діагностики та приладових вимірювань обґрунтоване зниження якості влаштованого шару з асфальтобетону, з причини низької температури ущільнення суміші, викликане порушенням виконання робіт з її транспортування. Також наведено характерні дефекти, що утворилися на покритті через шість місяців його експлуатації.

Ключові слова: асфальтобетонна суміш, температурна неоднорідність, транспортування, термограма, карта щільності, кореляція.

Постановка проблеми.

У зв'язку із особливостями фінансування дорожньої галузі України достатньо великі обсяги виконання будівельних та ремонтних робіт припадають на осінній період року, який характеризується низькими температурами навколишнього середовища, підвищеною вологістю, низькою активністю со-

нячого випромінення та частими опадами. Як показує досвід експлуатації асфальтобетонних шарів дорожніх одягів однією з важливих проблем на сьогодні є скорочення термінів служби даних шарів, що супроводжується передчасним утворенням ямковості, викришуванням та іншими дефектами покриття. Зазначена обставина призводить до зниження комфортності руху, підвищення аварійності на цих ділянках та необхідністю їх передчасного ремонту. Сучасні дослідження свідчать, що найчастіше передчасна ямковість та викришування на покритті у більшості випадків з'являється внаслідок локального недоуцільнення асфальтобетонного шару [1].

Особливої уваги під час виконання робіт з влаштування шарів дорожніх одягів з гарячих асфальтобетонних сумішей необхідно приділяти дотриманню температурних режимів на всіх етапах виконання робіт. Тобто якісне влаштування шару дорожнього одягу з гарячої асфальтобетонної суміші можливе лише за умов, коли температура суміші після її укладання робочими органами асфальтоукладальника та ущільнення котками достатня для досягнення необхідних показників якості матеріалу, а саме щільності, водонасичення, залишкової пористості. Відомо, що асфальтобетонна суміш в після її укладання може мати температурні неоднорідності за площею [2,3,4]. Утворення зазначених неоднорідностей може бути спричинено заздалегідь, ще на етапі перевезення суміші на об'єкт та залежить від відстані транспортування, часу затримки автосамоскидів на маршруті від АБЗ до об'єкту, очікування в черзі перед вивантаженням, способу вивантаження суміші до приймального бункера асфальтоукладальника та технології її укладання. Серед головних факторів, що впливають на швидкість остигання суміші є: температура навколишнього середовища, швидкість вітру, вологість, наявність опадів, стан сонячної активності, час знаходження даної суміші в цих погодних умовах, тощо. Також значний вплив на інтенсивність теплообміну асфальтобетонної суміші із навколишнім середовищем при транспортуванні чинять умови перевезення. В кузові автосамоскида під час транспортування асфальтобетонна суміш може втрачати тепло через стінки металевго борту, контактувати із навколишнім середовищем, коли її поверхня не вкрита захисним тентом або через повітряний прошарок між сумішшю та тентом у разі її теплоізоляції тентом. Під час вивантаження та укладання асфальтобетонна суміш контактує з навколишнім середовищем та металевими деталями та механізмами асфальтоукладача, а після її укладання ще із матеріалом основи на яку вкладається суміш.

Зважаючи на те, що гаряча асфальтобетонна суміш може транспортуватися на значні відстані та цей етап є найбільш тривалим, значний вплив на утворення температурної неоднорідності приходить саме на ньому. Тому для якісного влаштування шару з асфальтобетону, особливо при низьких температурах повітря та віддаленості будівельного майданчика від місця приготування асфальтобетонної суміші, насамперед необхідно приділяти увагу на організацію процесу доставки суміші з як найменшими втратами температури асфальтобетонної суміші з поверхневих шарів та забезпеченням однорідності температури в об'ємі.

Основні результати дослідження.

Для підтвердження вагомості якісного виконання транспортних робіт з доставки гарячої асфальтобетонної суміші на об'єкт та дотримання температурних режимів асфальтобетонної суміші під час укладання та ущільнення, проведено експериментальне дослідження. Дослідження проводилось на регіональній автомобільній дорозі (Р-07) Чугуїв – Мілове на ділянці км 17+377 – км 28+103 під час виконання капітального ремонту зазначеної ділянки дороги. Метою дослідження є встановлення впливу температурної сегрегації, яка утворюється під час транспортування асфальтобетонної суміші на якість матеріалу шару з асфальтобетонну після його укладання.

Асфальтобетонна суміш типу АСГ.Кр.Щ.А1.НП.І.БНД 60/90 транспортувалась автосамоскидами на відстань 285 км. Об'єм суміші в кузовах варіювався в межах від 40 т до 42 т. Час перевезення суміші включаючи очікування в черзі складав 5,8-6,5 годин. Температура асфальтобетонної суміші під час завантаження в кузов автосамоскида в межах 170 – 175 °С. Для теплоізоляції поверхні суміші в кузові використовувався тент, який надійно зафіксований по периметру, з метою перешкоджання обдуванню повітрям. Температура повітря становила + 6 °С, вологість – 91%, швидкість вітру під час укладання суміші та її укочення – 3 м/с. В якості інструмента дослідження використовувався матричний тепловізор FLIR E4 з роздільною здатністю матриці 80x60 точок [5].

З причини віддаленості виконання робіт від асфальтобетонного заводу та негативного впливу факторів навколишнього середовища під час транспортування, частина об'єму асфальтобетонної суміші в поверхневих шарах втратила свою рухомість за рахунок надмірного остигання, та була відбраккована. Цей об'єм суміші з кожного автосамоскида вивантажено вздовж полоси укладання на узбіччя (рис. 1).



Рисунок 1 – Втрата асфальтобетонної суміші через її непридатність до укладання за критерієм температури

Figure 1 - Loss of asphalt mixture due to its unusability by temperature

Під час вивантаження асфальтобетонної суміші з кузова автосамоскида до приймального бункера асфальтоукладача з використанням тепловізора отримано тепловізійний знімок (рис. 2а), на якому мінімальна температура суміші на поверхні складає 44 °С, а середнє значення температури суміші в поверхневих шарах 76 °С. При таких температурах асфальтобетонна суміш втрачає рухомість та утворює холодні конгломерати (рис. 2б) які не можуть бути рівномірно розподілені за площею укладання та якісно ущільнені. Цей факт підтверджує актуальність проблеми якісного влаштування асфальтобетонних шарів з причини виникнення температурної сегрегації на етапі транспортування суміші, особливо при низьких температурах оточуючого повітря.

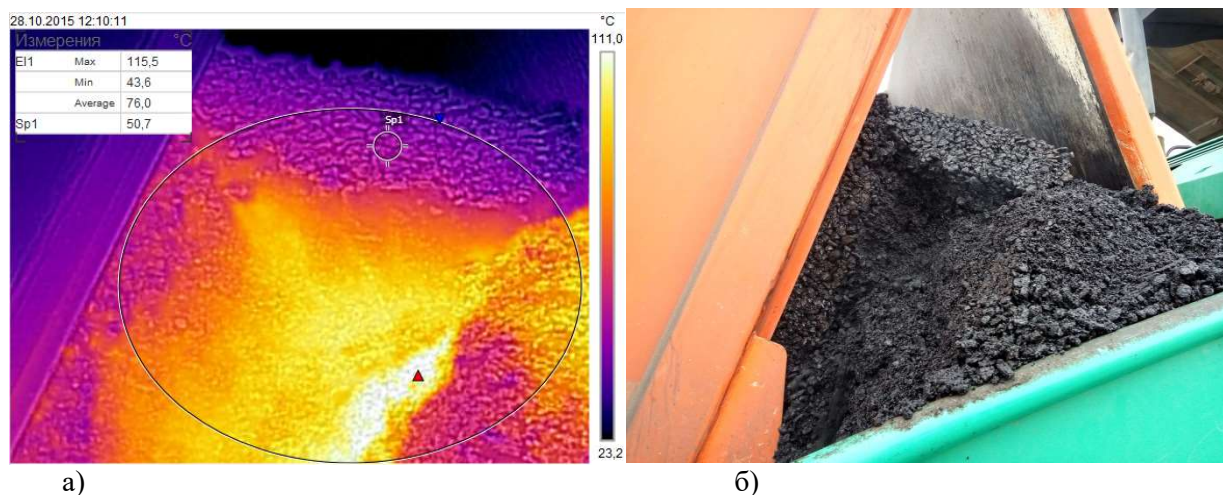


Рисунок 2 – Асфальтобетонна суміш під час вивантаження до приймального бункера асфальтоукладача: а) теплограма, б) реальне зображення

Figure 2 - Asphalt concrete mixture during unloading to the receiving hopper of the asphalt paver: a) heatgram, b) real image

Після укладання асфальтобетонної суміші, вивантаженої з автосамоскида, та перед початком її ущільнення, тепловізором локалізовано місце на покритті з низькою температурою, що викликане потраплянням холодного конгломерату суміші. Температура цієї області складала близько 85 °С (рис. 3). Місце розташування зафіксовано фарбою та після ущільнення і остигання шару взято зразок у вигляді керну з місця відміченого перехрестям на рисунку. Отриманий керн (рис. 4) в результаті відбору був частково зруйнований, мав багато пор та при невеликому зусиллі продовжував руйнуватись. Визначення показників щільності, водонасичення та залишкової пористості не проводилось з причини його передчасного руйнування.

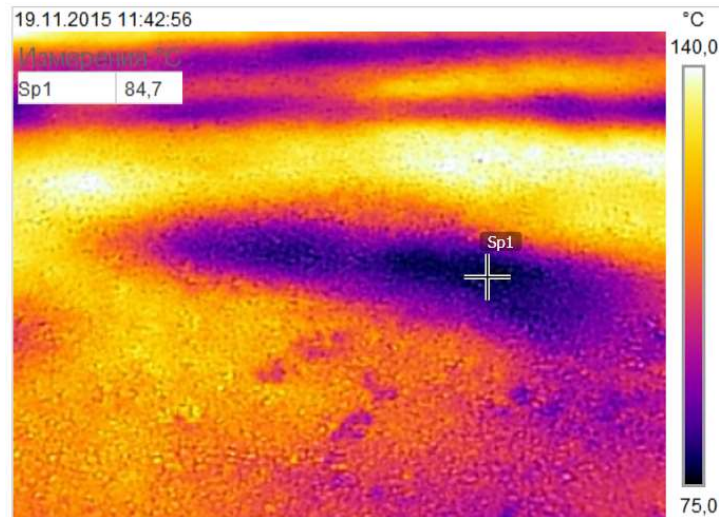


Рисунок 3 – Теплограма покриття з виявленим температурним дефектом
Figure 3 - Thermogram of the pavement with the detected temperature defect



Рисунок 4 – Керн шару покриття з виявленим температурним дефектом
Figure 4 - The core of the pavement layer with the detected temperature defect

Для отримання більш достовірних даних та виключення збігу випадковості, постала необхідність статистичного обґрунтування впливу температури асфальтобетонної суміші доставленої на об'єкт на показники якості матеріалу з асфальтобетону.

Згідно з [6] найбільш чутливим критерієм ущільнюваності суміші є показник водонасичення. Проте, через неможливість його визначення неруйнівним способом, в якості критерію якості ущільнення обрано показник середньої щільності. В процесі укладання асфальтобетонної суміші на об'єкті засобами тепловізійної зйомки була отримана теплограма поверхні вздовж полоси влаштування асфальтобетонного шару довжиною, що відповідає об'єму асфальтобетонної суміші, яку розвантажено з одного автосамоскида для виявлення в цьому шарі місць з температурною неоднорідністю. Процес створення теплограми детально описаний в попередній публікації [7]. Розмір отриманої теплограми в плані склав в довжину 53 м та шириною 1,84 м з роздільною здатністю вимірювань температур 1720 точок/м². Аналіз цієї теплограми дозволив визначити ділянку з максимальною температурною неоднорідністю покриття та вибрати її фрагмент (рис. 5) довжиною 15 м для подальшого детального дослідження з побудуванням карти щільності цієї ділянки.

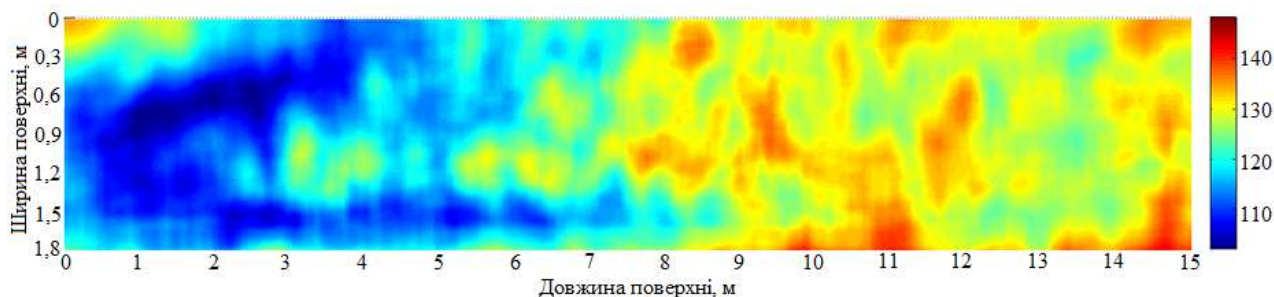


Рисунок 5 – Локалізований фрагмент термограми поверхні покриття обраний для досліджень
 Figure 5 - Localized fragment of the thermogram of the pavement surface is selected for research

Проведення робіт з визначення щільності виконувалось після ущільнення та охолодження шару до температури навколишнього середовища. В якості інструменту для неруйнівного визначення щільності шару використано щільномір ПАБ-1.0. Обрану дослідну ділянку для побудови карти щільності довжиною 15 м та шириною 2 м розмічено крейдою на комірки розміром 25x25 см (рис. 6). Вимірювання щільності проводилось в вузлах комірок згідно методики що наведена виробником приладу. Розмір диску приладу що контактує з шаром досліджуваного покриття та в межах якого відбувається вимірювання щільності становить 25 см, що при його установці в вузли комірки 25x25 см майже повністю перекриває її площу. Кожне значення щільності в вузлі комірки дорівнює середньому значенню з трьох послідовних вимірювань приладом, отриманих після повернення приладу на кут 120° для збільшення достовірності даних.



Рисунок 6 – Розмічена ділянка покриття для побудови карти щільності приладом ПАБ-1.0
 Figure 6 - Marked area of pavement for the density map construction by the device ПАБ-1.0

Отримані дані щільності кожної точки передано до програмного комплексу Matlab та побудовано карту щільності ділянки покриття інтерполюванням поверхні (рис. 7). Співставлення даних термограми покриття та карти щільності цієї ж ділянки в кожній точці дає можливість проаналізувати вплив температури асфальтобетонної суміші в шарі перед ущільненням на якість асфальтобетону за критерієм щільності.

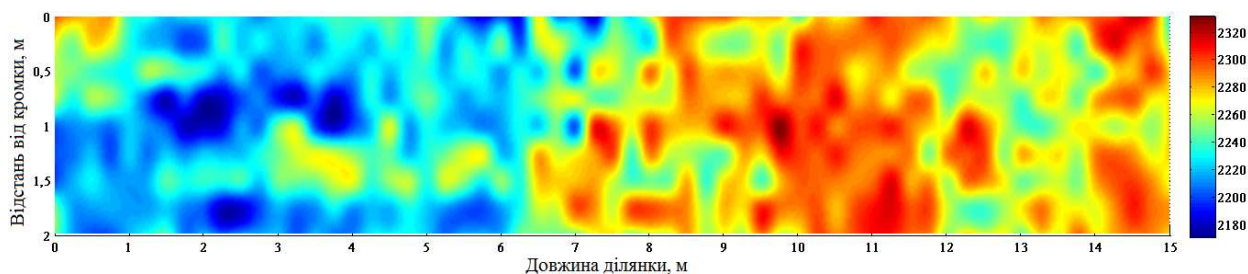


Рисунок 7 – Результат побудови карти щільності ділянки покриття
 Figure 7 - The result of constructing a map of the pavement area density

Для більш детального аналізу побудовано кореляційну залежність, яка відображає вплив температури асфальтобетонної суміші в шарі після укладання на якість ущільнення за критерієм щільності матеріалу ланкою котків при даних умовах (рис. 8). Вона описується лінійним законом. Величина достовірності апроксимації даних не велика та дорівнює $R^2 = 0,666$. Це свідчить про те, що щільність асфальтобетонної суміші залежить від її температури при ущільненні але на цей результат впливають також інші фактори.

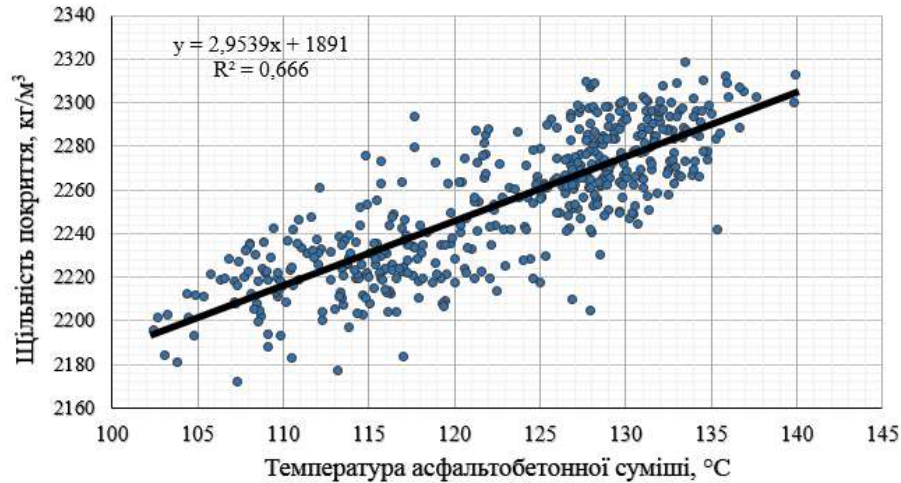


Рисунок 8 – Залежність щільності шару від температури асфальтобетонної суміші після укладання
Figure 8 - Dependence of the layer density on the temperature of the asphalt mixture after laying

Роботи з влаштування шару із гарячої асфальтобетонної суміші виконувались в листопаді 2015 року. Для аналізу стану покриття здійснено виїзд на ділянку через шість місяців його експлуатації на початку травня 2016 року. Проведено візуальний огляд побудованої ділянки, та виявлені такі види руйнувань – викришування шару та утворення вибоїн на покритті (рис. 9).



Рисунок 9 – Дефекти асфальтобетонного шару через 6 місяців його експлуатації
Figure 9 - Defects of the asphalt layer after 6 months of operation

Висновки.

Температура асфальтобетонної суміші при влаштуванні шарів дорожніх одягів відіграє важливу роль у формуванні фізико-механічних властивостей асфальтобетону.

Метод тепловізійного контролю якості при влаштуванні шарів дорожніх одягів з гарячих асфальтобетонних сумішей дозволяє виявляти технологічні недоліки на різних етапах влаштування та прийняти заходів, щодо їх усунення.

Остигання асфальтобетонної суміші та утворення температурної неоднорідності в об'ємі суміші виникає найбільшим чином на етапі її перевезення.

Для збереження температури суміші в кузові автосамоскида необхідно приділяти особливу увагу при виборі транспортних засобів, її теплоізоляції та перешкоджанню обдуванню асфальтобетонних сумішей повітрям.

Порушення температурних режимів укладання та ущільнення суміші призводить до передчасного руйнування покриття.

Перелік посилань

1. Зубко А.Ф. Технология строительства асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог / А.Ф. Зубков, В.Г. Однолько. М.: Машиностроение, 2009. – 224 с.
2. Б.Ю. Ольховий. Підвищення якості асфальтобетонного покриття за рахунок добавок, що забезпечують технологічність укладання і ущільнення гарячих асфальтобетонних сумішей / Б.Ю. Ольховий // [Наукові нотатки](#). – 2012. – Вип. 36. – С. 220-226.
3. Базилевич А.Л. Температурная сегрегация асфальтобетонных смесей при строительстве дорожных покрытий / А.Л. Базилевич, А.И. Кудяков // Вестник ТГАСУ. – 2009. – № 1. – С. 116 – 122.
4. S.Sebesta. New infrared and radar systems for detecting segregation in hot-mix asphalt construction. S.Sebesta, F. Wang, T. Scullion, W. Liu. Texas Transportation Institute. Austin, Texas. February 2005. – p. 78.
5. Flir E4. Infrared camera with MSX [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.flir.com/instruments/e4/>
6. СОУ 42.1-37641918-092:2014. «Суміші асфальтобетонні. Метод визначення мінімально допустимих температур ущільнення» – К.:2014.
7. Мінаков О.С. Визначення дефектності асфальтобетонного шару на етапі транспортування / Кіяшко І.В., Мінаков О.С., Новаковський Д.М. // Науково-технічний збірник «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво». – вип. 94. – Київ: НТУ. – 2015. – С. 84-93.

THE RESEARCH QUALITY OF ASPHALT CONCRETE LAYING IN DEPENDING ON THE INFLUENCE OF COOLING MIX AT THE STAGE OF TNANSPORTATION

Minakov Oleksiy S., Kharkiv National Automobile and Highway University, assistant lecturer department construction and maintenance of roads, e-mail: khadi.lexa@ukr.net, tel. +380662660580, Ukraine, 61002, Kharkiv, str. Petrovsky, 25, of. 252.

Illiash S.I. Shulgin State Road Research Institute State Enterprise - DerzhdorNDI SE, Kyiv, Ukraine, Head of Department, vtldr@ukr.net, [+38067 943 25 33](tel:+380679432533), org/0000-0002-3001-8012

Abstract. In the article substantiated and experimentally confirmed the impact stage a transportation asphalt mix on the quality of the final product, that is a layer road pavement of asphalt concrete.

Object of the study – inhomogeneity of the temperature in hot asphalt mix.

The purpose of work consists in establishing influence of stage the transportation asphalt mixes on the quality material layer from asphalt.

Method of research – statistical and analytical analysis of results visual, thermal vision and instrumental evaluation during performance of works on the asphalt laying.

The covering pavement layers with hot asphalt mixes, especially during adverse weather conditions or remoteness of the place a preparation asphalt mixes are difficult task and requires perfect organization of works. Feature of the laying of layers is the need to ensure temperature conditions at each stage, the violation

of which leads to premature destruction layer and non-normative lifetime. One of the first and most important stage on which asphalt mix loses temperature in the surface layers and formed the temperature inhomogeneity in the bulk is a stage of transportation asphalt mix.

In this paper, based on field experimental research by means thermal imaging diagnostics and measuring using tools substantiated reduction in the quality asphalt concrete layer, because of the low temperature compaction asphalt mixes, caused by violation of work on the transportation. The typical defects formed on the pavement through six months of its exploitation also shows.

Keywords: asphalt concrete mix, temperature inhomogeneity, transportation, thermal profile, density map, correlation.

References

1. Zubko A. F. The technology of construction asphalt concrete pavement roads/A.F. Zubko, V.G. Od-nolko. Moskva: Mashynostroenie, 2009. – 224 p. (Rus)
2. B.Yu. Olkhovyy. Improving the quality of asphalt pavement by additives that provide manufactur-ability laying and compaction of hot asphalt mixtures / B.Yu. Olkhovyy // Naukovi notatky. -2012/ - Vyp. 36. – P. 220-226. (Ukr)
3. Bazilevich A.L. Temperature segregation of asphalt-concrete mixtures in the construction of road surfaces / A.L. Bazilevich, A.I. Kudyakov // Vestnik TGACU. -2009 - №1. – P. 116-122. (Rus)
4. S.Sebesta. New infrared and radar systems for detecting segregation in hot-mix asphalt construction. S.Sebesta, F. Wang, T. Scullion, W. Liu. Texas Transportation Institute. Austin, Texas. February 2005. – P. 78.
5. Flir E4. Infrared camera with MSX [Electron resource]. – Mode of access: <http://www.flir.com/instruments/e4/>
- 6 SOU 42.1-37641918-092:2014. «Asphalt mixes. The method of determining the minimum accepta-ble temperature compaction» - K.: 2014. (Ukr)
7. Minakov O.S. Determination the asphalt concrete layer defects at the stage of transportation / Ki-yashko I.V., Minakov O.S., Novakovskyy D.M. // Naukovo- tekhnichnyy zbirnyk «Avtomobilni dorogy i dorozhnye budivnytstvo». – vyp. 94. – Kyiv: NTU. – 2015. – P.84-93. (Ukr)

РОЗРОБКА МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ КРИВИХ ЗМІННОГО РАДІУСА ПРИ ПАСПОРТИЗАЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

DEVELOPMENT OF METHODS FOR DETERMINING PARAMETERS OF CURVES WITH VARIABLE RADIUS DURING ROADS PASSPORTIZATION



Бець Світлана Олександрівна, аспірант кафедри проектування доріг, геодезії, картографії та землеустрою, Національний транспортний університет, Київ, Україна, svetuk2009@ukr.net, +380677182879,

<https://orcid.org/0000-0002-3855-3490>

Анотація (Summary). Паспортизація автомобільних доріг України, є однією із важливих задач у дорожній галузі. Використання GPS технологій та системи лазерного сканування території забезпечує високоточне визначення координат у будь-якій точці земної поверхні, у будь-який час доби, за будь-якої погоди.

Для плавного переходу між прямими та кривими ділянками на автомобільних дорогах використовують криві змінного радіуса. Існуючі методи визначення радіусів заокруглень доцільно використовувати лише для визначення колових кривих, які мають постійний радіус. За цими методами визначається радіус заокруглення на вершині кривої і він вважається однаковим на всій ділянці кривої. Ці методи не можуть забезпечити достатньої точності при розрахунках перехідних кривих, так як вони не враховують зміну радіуса. Тому виникла необхідність розробити методи, які будуть враховувати зміну радіуса на перехідних кривих в плані, та кривих, описаних рівнянням параболи, в поздовжньому профілі.

Результати дослідження можуть бути впровадженні у проектних інститутах та експлуатаційних службах доріг для визначення транспортно-експлуатаційного стану доріг і вирішення питань необхідності реконструкції автомобільної дороги.

Ключові слова (Keywords): автомобільна дорога, перехідна крива, координати, параметри дороги.

Вступ (Introduction).

Паспортизація автомобільних доріг України є одним з важливих завдань у дорожній галузі. При паспортизації виникає необхідність прив'язки автомобільних доріг, яку виконують за допомогою координат (x , y , z). Ці координати можна отримати за допомогою GPS технологій, інструментальної зйомки та лазерного сканування, які забезпечують достатню точність при їх визначенні. За допомогою цих координат визначають параметри автомобільних доріг.

Матеріали та методи. (Materials and methods). У статті застосовувались методи математичного моделювання.

Результати і пояснення (Results and Discussion).

При визначенні радіусів заокруглення на автомобільних дорогах, як для горизонтальних, так і для вертикальних кривих з'являється задача визначення їх напрямлення. Для горизонтальних кривих, в плані, це визначення їх напрямленості – направо чи наліво відносно вісі дороги. Для вертикальних кривих – опукла чи увігнута крива. В одному та іншому випадку характер вісі траси можна описати координатами X , Y та Z . Для першого випадку таким критерієм є зростання або зменшення відповідних координат X та Y , а для другого – характер зміни координати Z . Аналізуючи положення вісі траси у вертикальній площині можна встановити ділянки з постійним похилом та величину цього похила, а також його характер – спад чи підйом.

Згідно з [1] вихідні дані для паспортизації дороги приводяться у вигляді тривимірних координат, що складають цифрову модель дороги та навколишньої місцевості, які описують:

а) точки переламу в поперечних профілях дороги, під'їздів (які входять в титул дороги), з'їздів з дороги, в тому числі і з'їздів транспортних розв'язок в одному та різних рівнях;

- б) рельєф навколишньої місцевості;
- в) фронтальні поверхні перших, від земляного полотна, висотних перешкод зору водіїв;
- г) контури штучних споруд, що обмежують висотний габарит проїзду;
- д) контури протилавинних, протиобвальних, та проти селевих споруд;
- е) вісі водопропускних труб, перепадів, лотків та підпірних стінок;
- ж) вісі напрямних пристроїв та огорожень;
- з) вісі протишумових, проти вібраційних та протиосліплювальних екранів та ін.

Кожна точка цифрової моделі є даним з встановленою структурою. Кожна точка цифрової моделі повинна мати свій унікальний код, в якому мають бути закодовані: порядковий номер точки, належність точки до автомобільної дороги (ділянки дороги в межах області) на яку складається паспорт, належність точки певному об'єкту та належність точок до певного поперечного профілю.

«Значення» кожної точки є сукупність тривимірних координат X, Y, H та лінійної прив'язки – KM+).

Вихідними джерелами цифрової моделі можуть бути: тахеометрична зйомка, GPS технології, лазерне сканування.

Цифрова модель складається способом «поперечних профілів дороги та навколишньої місцевості». Перший поперечний профіль – на початку дороги, останній – в кінці дороги. Відстань між сусідніми поперечними профілями – не більше 20м. Додатково складаються поперечні профілі в екстремальних точках поздовжнього профілю, в місцях зміни ширини земляного полотна, проїзної частини, початку та кінця штучних споруд, що мають обмеження габаритів проїзду[2].

Розглянемо деякі з існуючих методів визначення параметрів автомобільних доріг:

1. Аналітичний метод визначення радіуса кривої

Визначення радіуса кривої по трьом точка, які знаходяться на однаковій відстані одна від одної.

Три точки знаходяться на кривій з радіусом R, який є шуканою величиною. Відрізок AC – хорда з відомою довжиною. Посередині кривої знаходиться точка B – вершина кривої, радіус R проведений через цю точку ділить хорду на два рівних відрізки AD і DC, з довжиною L/2. Перевищення точки B над хордою становить величину Δ [3,4,5].

З цих вихідних даних виводиться формула для обчислення радіусу горизонтальної кривої.

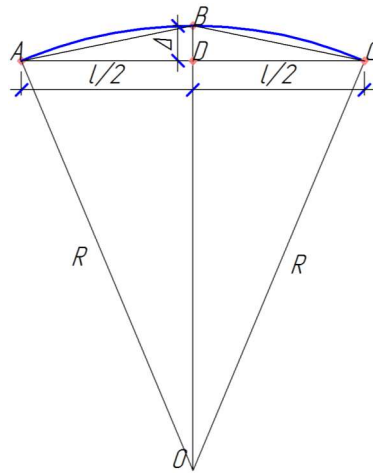


Рисунок 1 – Схема визначення радіуса кривої

Figure 1 – Scheme for determining the radius of the curve

Нехай сторона DC відноситься до сторони DO, так само як і DC до BD.

$$R = \frac{\frac{l^2}{4} + \Delta^2}{2\Delta} \quad (1)$$

Отримуємо універсальну формулу

$$R = \frac{4\Delta^2 + l^2}{8\Delta} \quad (2)$$

2. Графічний метод

Для визначення радіусу кривої графічним методом в AutoCAD використовується додаткова команда, яку необхідно встановити в програму. Команда називається Геоімпорт, вона дозволяє завантажити координати точок в AutoCAD та побудувати криву.

В результаті отримується полілінія для аналізу. Використовуючи команду «побудувати коло за трьома точками» визначаються радіуси заокруглень методом підбору колової кривої. Для цього будуємо коло за трьома точками, які знаходяться на полілінії, що представляє трасу автомобільної дороги, рівновіддаленими одна від одної. Також за допомогою інших інструментів AutoCAD вимірюються довжини прямих та кривих ділянок

3. Графічно – аналітичний метод визначення поздовжнього похилу

За допомогою спеціальної програми, розробленої кафедрою проектування НТУ, за допомогою якої координати точок, виміряних за допомогою рухомої лабораторії з GPS-приймачем, виводяться в графічному вигляді.

В цій програмі можна переглянути координати (X, Y, Z) всіх точок замірів, час замірів та довжину траси. В графічній частині показано графік дороги (осі дороги) та поздовжнього профілю. Внизу показано графік з допомогою якого можна виділити будь-яку ділянку дороги і у віконцю над цим графіком виділена ділянка виводиться у збільшеному вигляді. На основі цих даних за формулами розраховується похил.

Ці методи доцільно використовувати лише для розрахунку колових кривих, так як при визначенні параметрів кривих змінного радіуса не враховується зміна радіусів по довжині кривої.

В сучасних умовах при проектуванні в основному використовують криві змінного радіуса. Існуючі методи для визначення параметрів автомобільних доріг не враховують зміну радіуса на перехідних кривих, але їх можна використовувати на колових кривих.

При визначенні радіусів заокруглення на автомобільних дорогах, як для горизонтальних, так і для вертикальних кривих з'являється задача визначення їх напрямлення. Для горизонтальних кривих, в плані, це визначення їх напрямленості – направо чи наліво відносно вісі дороги. Для вертикальних кривих – опукла чи увігнута крива. В одному та іншому випадку характер вісі траси можна описати координатами X, Y та Z. Для першого випадку таким критерієм є зростання або зменшення відповідних координат X та Y, а для другого – характер зміни координати Z. Аналізуючи положення вісі траси у вертикальній площині можна встановити ділянки з постійним похилом та величину цього похила, а також його характер – спад чи підйом.

В сучасних умовах при проектуванні в основному використовують криві змінного радіуса. Існуючі методи для визначення параметрів автомобільних доріг не враховують зміну радіуса на перехідних кривих, але їх можна використовувати на колових кривих.

Методи для визначення параметрів автомобільних доріг, які враховують зміну радіуса

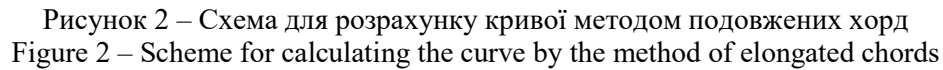
Для розрахунку кривих змінного радіуса доцільно використовувати наступні методи, які враховують зміну радіуса:

1. Визначення радіуса горизонтальної кривої методом подовжених хорд

Враховуючи наявність не лише колових горизонтальних кривих, а й перехідних кривих, для отримання їх радіусів виникла необхідність визначення кривизни всіх точок отриманих з допомогою GPS, супутникових геодезичних карт та іншими методами, які характеризуються координатами X, Y, Z.

При детальній розбивці колових кривих в ускладнених умовах використовують метод подовжених хорд. В цьому методі користуються постійною величиною S та d , які відповідають радіусу горизонтальної кривої [6].

Так як при роботі з супутниковою картою, або даними GPS довжина хорди S буде змінюватися, метод потребує уточнення. Для цього необхідно встановити залежність проміжного переміщення d від хорди S . Розрахункова схема показана на рис. 2.



- $$i_1 = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (3)$$

- $$\begin{aligned} \Delta h_A &= (x_3 - x_1) \cdot i_1 \\ y_A &= y_1 + \Delta h_A \\ x_A &= x_3 \end{aligned} \quad (4)$$

- $$S = \sqrt{(x_3 - x_2)^2 + (y_3 - y_2)^2}$$

- $$tg\angle ANK = \frac{AK}{NK} = \frac{y_A - y_2}{x_A - x_2}$$

$$tg\angle DNK = \frac{DK}{NK} = \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2}$$

- $$\angle AND = \angle ANK - \angle DNK$$

$$\sin \angle PND / 2 = \frac{d / 2}{S}$$

$$d = S \cdot \sin \angle PND$$

- 27

$$R = \frac{S^2}{d} \quad (8)$$

2. Визначення радіуса вертикальної кривої та похилу методом перевищень

Метод ґрунтується на залежності кривизни від похилу, який можна визначити в будь-якій точці на вертикальній кривій. Похил визначається за дотичною в точках на кривій рівновіддалених одна від одної[7,8].

На рис.3 приведено розрахункову схему по визначенню кривизни у вертикальній площині з використанням координат X та Z.

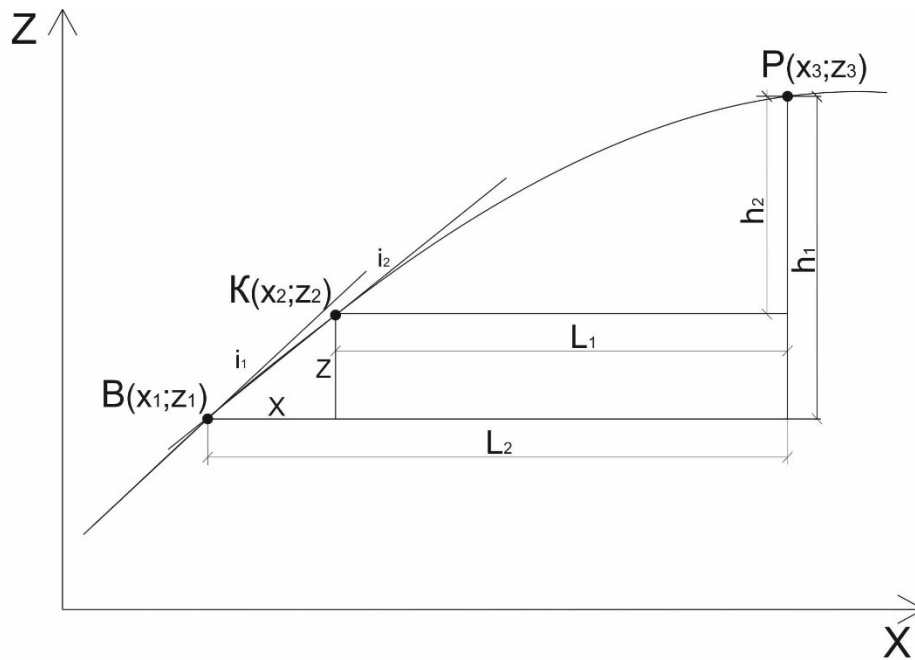


Рисунок 3 – Схема для визначення радіуса кривої
 Figure 3 – Scheme for determining the radius of the curve

Кривизна в кожній точці знаходиться:

$$R = L / i$$

Виходячи з цього

$$L_1 = i_1 \cdot R \quad (9)$$

$$L_2 = i_2 \cdot R \quad (10)$$

Перевищення рівні

$$h_1 = \frac{L_1^2}{2R} \quad (11)$$

$$h_2 = \frac{L_2^2}{2R} \quad (12)$$

Умовно різниця між перевищеннями називається Z

$$h_1 - h_2 = Z \quad (13)$$

Підставляємо у рівняння (13) рівняння (11) і (12)

$$\frac{L_1^2}{2R} - \frac{L_2^2}{2R} = Z \quad (14)$$

Різниця відстаней умовно має назву X

$$L_2 - L_1 = X \quad (15)$$

Підставляємо (15) у рівняння (14) і отримуємо

$$\begin{aligned} \frac{L_1^2}{2R} - \frac{(L_1 - X)^2}{2R} &= Z \\ \frac{(i_1 \cdot R)^2}{2R} - \frac{(i_1 \cdot R - X)^2}{2R} &= Z \end{aligned} \quad (16)$$

Домножується друга частина рівняння на знаменник $2R$ і отримуємо

$$(i_1 \cdot R)^2 - (i_1 \cdot R - X)^2 = 2RZ \quad (17)$$

$$i_1^2 R^2 - i_1^2 R^2 + 2i_1 R X - X^2 = 2RZ \quad (18)$$

$$2i_1 R X - 2RZ = X^2 \quad (19)$$

$$R(2i_1 X - 2Z) = X^2 \quad (20)$$

В результаті отримуємо

$$R = \frac{X^2}{2i_1 X - 2Z} \quad (21)$$

Визначається наступний похил

$$L_1 - L_2 = X i_1 \cdot R - i_2 \cdot R = X$$

$$i_2 \cdot R = X + i_1 \cdot R$$

$$i_2 = \frac{X + i_1 \cdot R}{R} \quad (22)$$

На основі розрахованих елементів можна визначити видимість на автомобільній дорозі. Для цього можна використати метод конусів. За цим методом можна визначити дальність видимості в будь-якій точці на трасі на основі тривимірних координат. Для цього на основі тривимірної моделі дороги та визначених елементів встановлюється конус на заданих точках і різницею між відміткою вершини конуса і точкою пересічення бокової грані конуса та кромки проїзної частини визначається дальність видимості.

Висновки та пояснення (Results and Discussion).

В результаті проведеної роботи розроблені нові методи для розрахунку кривих змінного радіуса, як в плані, так і в поздовжньому профілі. Для визначення радіусів горизонтальних кривих розроблений метод, заснований на методі подовжених хорд, який використовується для розбивки колових кривих. Для визначення радіусів в поздовжньому профілі розроблений метод перевищень, який базується на зміні перевищень між точками з заданими координатами та характерній зміні похилів на прямих та кривих ділянках.

З допомогою розроблених методів можна визначити радіус в будь-якій точці на трасі, маючи три координати (x , y , z), які можна отримати з допомогою GPS технологій або іншими методами визначення координат точок.

Використовуючи представлені в статті методи, можна визначити кривизну кожної точки.

Перелік посилань

1. СОУ 42.1-37641918-038:2011 Паспорт автомобільної дороги. Київ: Укравтодор, 2011. 115 с.
2. Паспорт автомобільної дороги. СОУ 42.1-37641918-038:2016. [Чинні від 2016–03–01]. К.: Укравтодор, 2016. 133 с.
3. Нахождение радиуса по хорде: Режим доступа: <http://gurumix.ru/nauka/matematika/165919-kak-najti-radius-po-horde.html>
4. Кузьмин В. И. Таблицы для разбивки переходных и круговых кривых на закруглениях автомобильных дорог способом углов и хорд. К.: УМК ВО, 1992. 68 с.
5. Антонов Н. М., Боровиков Н. Н., Фриц Ю. Н. Проектирование и разбивка вертикальных кривых на автомобильных дорогах (описание и таблицы). М.: Транспорт, 1968. 200 с.
6. Детальная разбивка кривых: Режим доступа: <http://cities-bлаго.ru/uchebnoe-posobie-po-inzhenernoj-geodezii/271-detalnaya-razbivka-krivyyx.html>
7. Білятинський О. А., Кузьмін В. І. Інженерно-геодезичні роботи при будівництві автомобільних доріг: Навчальний посібник по спеціальному курсу інженерної геодезії. К.: НТУ, 2001. 192 с.
8. Пальчик А.М. Проектування поздовжнього профілю автомобільних доріг. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів/ А.М. Пальчик, М.О. Олійник. К.: НТУ, 2014. 119 с.

DEVELOPMENT OF METHODS FOR DETERMINING PARAMETERS OF CURVES WITH VARIABLE RADIUS DURING ROADS PASSPORTIZATION

Bets Svitlana Oleksandrovnna, postgraduate student of road design, surveying and land management, National Transport University, Kiev, Ukraine, svetuk2009@ukr.net, +380677182879. <https://orcid.org/0000-0002-3855-3490>

Summary. Passportization of Ukrainian highways is one of the important tasks in the road sector. The use of GPS technology and laser scanning systems provides high-precision coordinates at any point in the earth's surface, at any time of day, in any weather.

Variable radius curves are used for smooth transition between straight and curved sections roads. In the article the existing methods of determining the radii of rounding it is considered, they are graphical, analytical and graph-analytical methods. Their determining the radii of rounding should be used only to determine the curves that have a constant radius. By these methods the radius of rounding is determined on the vertex of the curve and it is considered to be the same throughout the curve. It is expedient to use these methods only for the calculation of circle curves, since when determining the parameters of the curves of the variable radius, the change in the radii is not taken into account along the length of the curve. They can't provide sufficient accuracy in the calculation of transition curves, since they do not take into account the change of radius. Therefore, it became necessary to develop methods that would consider the change in the radius on the transient curves in the plan, and the curves described by the parabola equation, in the longitudinal profile. The developed methods will enable to determine the radius at any point on the track, having three coordinates (x, y, z) that can be obtained using GPS technology or other methods for determining the point coordinates.

The results of the study can be implemented in design institutes and operational services to determine the transport and operational condition of roads and to resolve the issues of the need for roads' reconstruction.

Keywords: road, transition curve, coordinates, road parameters.

References

1. Passport of the roads. SOY 42.1-37641918-038: 2011. K.: Ukravtodor, 2011. 115p.
2. Identification of potentially hazardous areas of roads. SOY 42.1-37641918-038: 2016. K.: Ukravtodor, 2016. 133 p.
3. Finding Chord Radius. Access Mode: <http://gurumix.ru/nauka/matematika/165919-kak-najti-radius-po-horde.html>
4. Kuzmin V. I. Tables for the breakdown of transitional and circular curves on rounding roads by the method of angles and chords. K.: UMK VO, 1992. 68 p.
5. Antonov N. M., Borovikov N.N., Fricts U.N., Design and layout of vertical curves on roads (description and tables). M.: Transport, 1968. 200 p.
6. Detailed breakdown of curves. Access Mode: <http://cities-bлаго.ru/uchebnoe-posobie-po-inzhenernoj-geodezii/271-detalnaya-razbivka-krivyyx.html>
7. Bilyatinsky O. A. Kuzmin V. I. Engineering and geodetic works at construction of highways: Tutorial on the special course of engineering geodesy. K.: NTU, 2001. 192 p.
8. Palchuk A. N., Oliynik M. O. Design of longitudinal profile of highways. Tutorial for students of higher education. K.: NTU, 2014. 119 p.

СЕЗОННА ДИНАМІКА БІОГЕННИХ РЕЧОВИН КРУПНИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

SEASONAL DYNAMICS OF NUTRIENTS OF LARGE WATER BODIES



Артеменко Владислав Андрійович, 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.



Петрови́ч Володи́мир Васи́льович, 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. Наведені переваги застосування метода робастної лінійної регресії (KTRL) при наявності аномальних значень у вихідних часових рядах.

Методом KTRL досліджені залежності концентрації неорганічних сполук азоту від величини стоку та температури води за сезонами календарного року.

Визначені особливості сезонної динаміки розчиненого кисню у річковій воді.

Ключові слова: гідрохімічні часові ряди, аномальні значення у вихідних даних, метод лінійної робастної регресії, сезонна динаміка концентрації неорганічних сполук азота та розчиненого кисню у річковій воді.

Вступ

Як відомо, для вирішення різних гідроекологічних задач важливо знати не тільки склад природних вод, але також як цей склад змінюється під впливом різних природних факторів.

Для більшості річок України характерна яскраво виражена сезонність.

Зазвичай, для оцінки факторів сезонності необхідний спеціальний аналіз [1].

Якщо визначати сезонність безпосередньо із експериментальних даних, це буде досить складним завданням. Тому автори на першому етапі роботи традиційно розглядали чотири сезони календарного року.

Зважаючи на наявність екстремальних значень у вихідних даних у якості розрахункового апарату використовувався ефективний метод лінійної робастної регресії [2].

Для дослідження сезонних залежностей концентрації неорганічних сполук азота від величини річкового стоку та температури води були використані середньодобові дані за 1991 ... 2010 роки, які включали часові ряди концентрації амонійних $[\text{NH}_4^+]$, нітритних $[\text{NO}_2^-]$ та нітратних $[\text{NO}_3^-]$ іонів, мг/дм^3 , дані по витратах води у річці, $\text{м}^3/\text{с}$, температурі води $^\circ\text{C}$.

Для оцінки сезонних залежностей концентрації розчиненого кисню, мг/дм^3 , від температури води, $^\circ\text{C}$, були використані середньодобові дані за 15-річний період (до 2010 року включно).

Для вибірки необхідних даних авторами була розроблена спеціальна програма.

Метод лінійної робастної регресії. У різних галузях природничих наук широке застосування одержав метод найменших квадратів (МНК, або англ. OLS). Але слід зазначити, що при обробці даних методом МНК існують певні обмеження [3].

Необхідно також врахувати, що всі елементи виборки екологічних рядів не є величинами незалежними. Тобто для точок (окрім спостережень) ряду вкрай важливий порядок їх слідування.

Як відомо, екологічні часові ряди – це ряди, які володіють сильною сезонністю.

Так, статистики даних для січня будуть істотним чином відрізнятися не тільки від статистик даних, наприклад, для червня, але і змінюватись по роках.

У багатьох випадках взагалі не можна вказати на сімейство, у рамках якого знаходиться конкретне розподілення для вихідних даних.

Моделі МНК також досить погано адаптовані до наявності різного роду “вибросів” (аномальних значень) у ряду даних [4].

При цьому аномалії – це не обов’язково помилки в даних моніторингу. Аномалії взагалі можуть бути характерними властивостями певного часового ряду [5]. Тому для екологічних часових рядів має сенс використовувати робастні методи регресії, які слабо чутливі до різного роду аномалій у вихідних даних та не орієнтовані на певне параметричне сімейство.

Один із найбільш ефективних і в той же час відносно простий метод робастної регресії – це метод

KENDALL – THEIL ROBUST LINE(KTRL).

В роботі цей метод був використаний при проведенні прямих через “облако” експериментальних точок. Метод кратко полягає у наступному [2].

1. Обчислюється множина $N * (N - 1)/2$ коефіцієнтів кута нахилу

$$B[K] = (Y[I] - Y[J]) / (X[I] - X[J])$$

для всіх можливих пар точок I та J вихідної виборки, де $B[K]$ – складові вектора довжиною $N * (N - 1)/2$.

2. Розрахункові коефіцієнти моделі оцінюються як медіани (медіана вектора – це скаляр):

$$\beta = \text{Median}(B),$$

$$\alpha = \text{Median}(Y) - \beta * \text{Median}(X).$$

3. В результаті одержуємо модель виду

$$\hat{Y} = \alpha + \beta * X \quad (1)$$

Згідно даного алгоритма була написана процедура (MATLAB – функція) KENDALL – THEIL – TREND ():

```
function [ XX , YY , A , B , E ] = KENDALL_THEIL_TREND( X , Y );
```

```
XX = [ ];
```

```
YY = [ ];
```

```
A = [ ];
```

```
B = [ ];
```

```
E = 0;
```

```
if IS_VECTOR( X ) == false
```

```
E = 1;
```

```
return
```

```
end
```

```
if IS_VECTOR( Y ) == false
```

```
E = 2;
```

```
return
```

```
end
```

```
X = X( : );
```

```
Y = Y( : );
```

```
X_SZ = length( X );
```

```
Y_SZ = length( Y );
```

```

if X_SZ ~= Y_SZ
    E = 3;
    Return
end

SZ = X_SZ;

If SZ < 2
    E = 4;
    return
end

if min( X ) == max( X )
    E = 5;
    return
end

if min( Y ) == max( Y )
    E = 6;
    Return
end

N = SZ;
SZ = N .* ( N - 1 ) ./ 2;

B = zeros( SZ , 1 );
I = 1;

for J1 = 1 : ( N - 1 )
    for J2 = ( J1 + 1 ) : N
        B( I ) = ( Y( J1 ) - Y( J2 ) ) ./ ( X( J1 ) - X( J2 ) );
        I = I + 1;
    end
end

B( not( isfinite( B ) ) ) = [ ];
if isempty( B ) == true
    B = [ ];
    E = 7;
    return
end

B = median( B );

A = median( Y ) - B .* median( X );
XX = X;
YY = A + B .* X;

end

```

Процедура може також працювати з такими безкоштовними аналогами MATLAB як FREEMAT та OCTAVE практично без будь-яких модифікацій (як під керуванням OS WINDOWS, так і LINUX). Вхідні елементи цієї процедури – X та Y. Ці вектори однакової довжини можуть бути як “горизонтальними”, так і “вертикальними” векторами. Однак в середині даної процедури вони у будь-якому випадку приводяться до векторів “вертикальних”.

На початку процедури виконується перевірка вхідних даних (X та Y) на адекватність. Для цього використовується допоміжна процедура IS_VECTOR ():

```
function [ ANS ] = IS_VECTOR( V );

ANS = false;

if isempty( V ) == true
return
end

if isnumeric( V ) == false
return
end

if isreal( V ) == false
return
end

if isvector( V ) == false
return
end

if any( isnan( V ) ) == true
return
end

if any( isinf( V ) ) == true
return
end

ANS = true;

end
```

Вхідні дані процедури MATLAB X та Y не повинні мати NAN значень [6], +Inf та -Inf значень, а також бути числовим типом даних double.

Вихідні дані процедури XX, YY (для лінії регресії), коефіцієнти A та B регресії, код помилок E (якщо помилок немає, E=0).

Самі обчислення виконуються у підвійному (вкладеному) циклі та повністю відповідають алгоритму. Зазначимо, що реальні дані можуть приводити до того, що значення X(J1)-X(J2) буде дорівнювати нулю.

Тоді в циклі виконується ділення на нуль, що в залежності від величини Y(J1)-Y(J2) може давати NAN, +Inf та -Inf значення. Для запобігання цього випадку у процедурі застосована відповідна обробка.

Коефіцієнти регресії B, і далі A, знаходимо через медіани (див. вище), саму лінію робастної регресії YY – за формулою (1).

Всі графіки (прямі лінії), що стосуються безпосередньо регресії, можна одержати на виході процедури (XX та YY). Для цього слід отсортувати XX у порядку їх зростання, потім у цьому ж порядку отсортувати значення YY.

Графіки були побудовані за допомогою стандартних системних процедур MATLAB.

Були також написані функції, що здійснювали перевірку статистичності значущості одержаної лінії регресії (у статті не наведені).

Як відомо, такі статистичні тести виконуються на завершальному етапі роботи.

Однак слід зазначити, що надмірне жорстке слідування подібним тестам може перешкоджати “побачити” нові закономірності у вихідних даних [7].

Тестовий приклад, що демонструє істотну різницю між результатами, що одержані за допомогою метода класичної регресії (OLS) та методом лінійної робастної регресії (KTRL), наведений нижче.

Були використані наступні дані:

$$\begin{cases} X = [5; 2; 1; 7; 19], \\ Y = [10; 7; 3; 15; 1]. \end{cases}$$

Через ці п'ять точок були проведені відповідні прямі.

Як видно із рис.1, метод OLS намагається врахувати вплив всіх точок на проведення прямої (у тому числі і точку аномальну), в той час як метод KTRL зводить вплив аномальної точки до мінімуму.

При цьому одержуємо також суттєву різницю у нахилах прямих: для метода OLS маємо

$$\beta = \frac{dy}{dx} < 0, \text{ в той час як метод KTRL дає значення } \beta > 0.$$

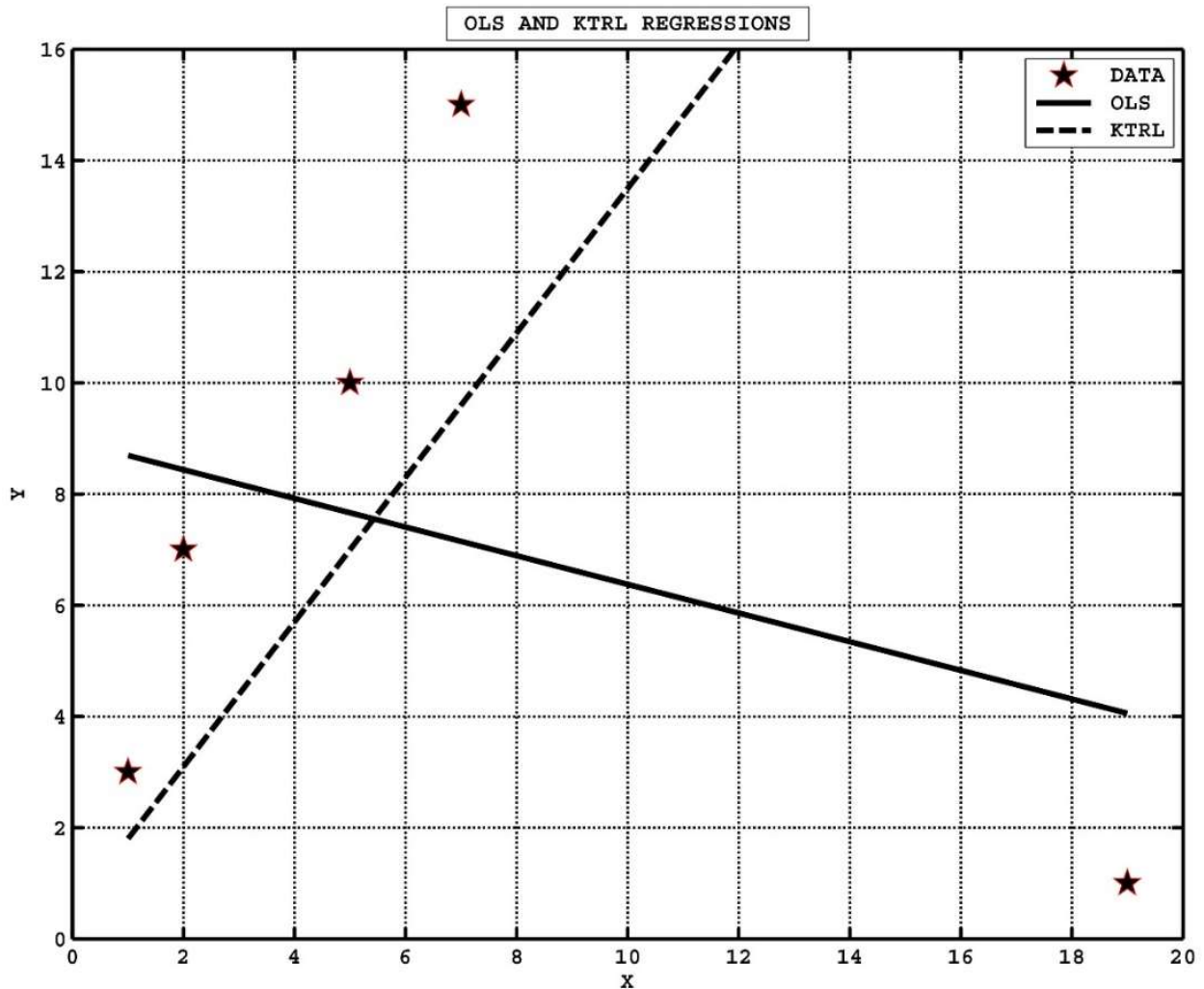


Рисунок 1 – Проведення прямої лінії через експериментальні точки за допомогою метода найменших квадратів (OLS) та метода робастної лінійної регресії (KTRL).

Figure 1 – Drawing a straight line through experimental points using the ordinal least squares method (OLS) and the method of robust linear regression (KTRL).

Особливості практичного застосування метода KTRL наведені нижче.

При подальших числових експериментах авторами були використані часові ряди без пропусків у вихідних даних.

Сезонна залежність концентрацій неорганічних сполук азота від величини стока та температури річкової води. Неорганічні сполуки азота – це типові біогенні речовини, в тій або іншій мірі пов'язані із життєдіяльністю живих організмів.

Із неорганічних сполук азота у природних водах присутні іони амонію NH_4^+ , нітрит – іони NO_2^-

та нітрат – іони NO_3^- .

Можливість взаємного переходу цих іонів дає змогу об'єднати їх в одну групу, яка розглядається сумісно.

Звичайно полагаяють слідуючий сезонний хід концентрації NO_3^- [8]:

зима – максимальний вміст NO_3^- ,

весна – різке падіння вмісту NO_3^- ,

літо – вміст NO_3^- мінімальний внаслідок споживання нітратів водними рослинами,

осінь – спостерігається поступове зростання складу NO_3^- .

При цьому класично вважається, що режими NH_4^+ та NO_2^- у загальних рисах схожі із режимом NO_3^- .

Але оскільки іонний склад безпосередньо пов'язаний із водним режимом річок [9,10], розглянемо сезонну динаміку неорганічних сполук азота у зв'язку із витратами води.

При побудові графіків в координатах “концентрація іонів – витрати води” нахил прямих робастної регресії виходив незначним, що було незручно при їх візуальній оцінці. У зв'язку з цим використовували значення логарифму витрат води.

На рис. 2 наведені залежності концентрації неорганічних сполук азота від величини річкового стока за сезонами календарного року.

Коефіцієнти моделі робастної регресії див. в Таблиці 1.

Таблиця 1 – Коефіцієнти робастної лінійної регресії А та В для оцінки залежностей концентрації неорганічних сполук азота від величини річкового стока за сезонами календарного року.

Table 1 – Robust linear regression coefficients A and B to estimate the dependences of the inorganic nitrogen compounds concentration on the river runoff value by the calendar year seasons.

Сезони року	$[\text{NH}_4^+]$		$[\text{NO}_2^-]$		$[\text{NO}_3^-]$	
	А	В	А	В	А	В
Зима	+0.3890	-0.0071	+0.0566	-0.0025	+7.0234	-0.5684
Весна	+0.3736	-0.0020	+0.0984	-0.0113	+16.3880	-2.2273
Літо	-0.4450	+0.1441	+0.0111	+0.0021	-1.2864	+0.3703
Осінь	-0.1361	+0.0846	+0.0055	+0.0036	-9.7687	+2.1066

На рис. 2а представлений хід прямої лінії регресії через “облако” експериментальних даних для концентрації $[\text{NH}_4^+]$.

Як видно, концентрація іонів нетипово зростає при підвищенні витрат води літом (сильніше за все) та осінню (але слабше, ніж літом), та практично не залежить від витрат зимою та весною.

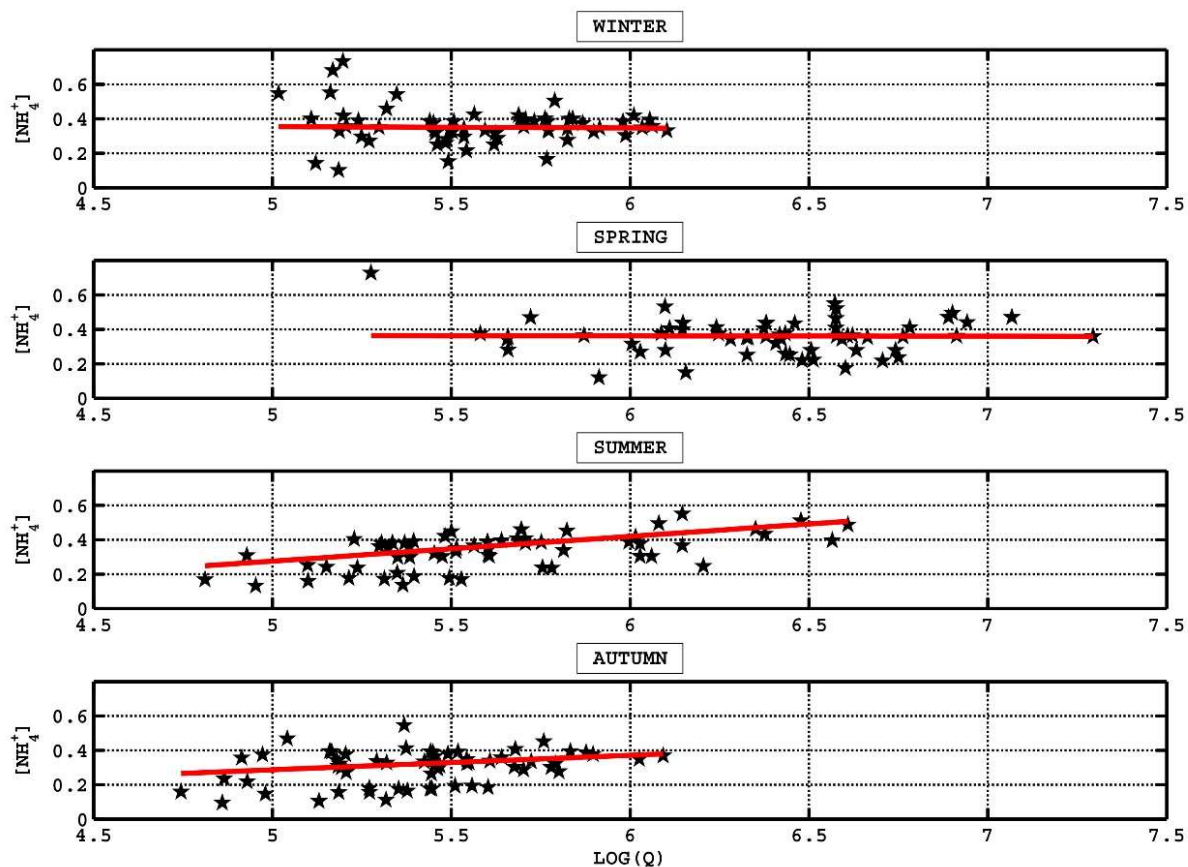
На рис. 2б наведений графік проведення прямої лінії регресії через “облако” даних для концентрації NO_2^- .

Уданому випадку концентрація $[\text{NO}_2^-]$ зменшується по мірі збільшення витрат води тільки весною, та практично не залежить від витрат у інші періоди року.

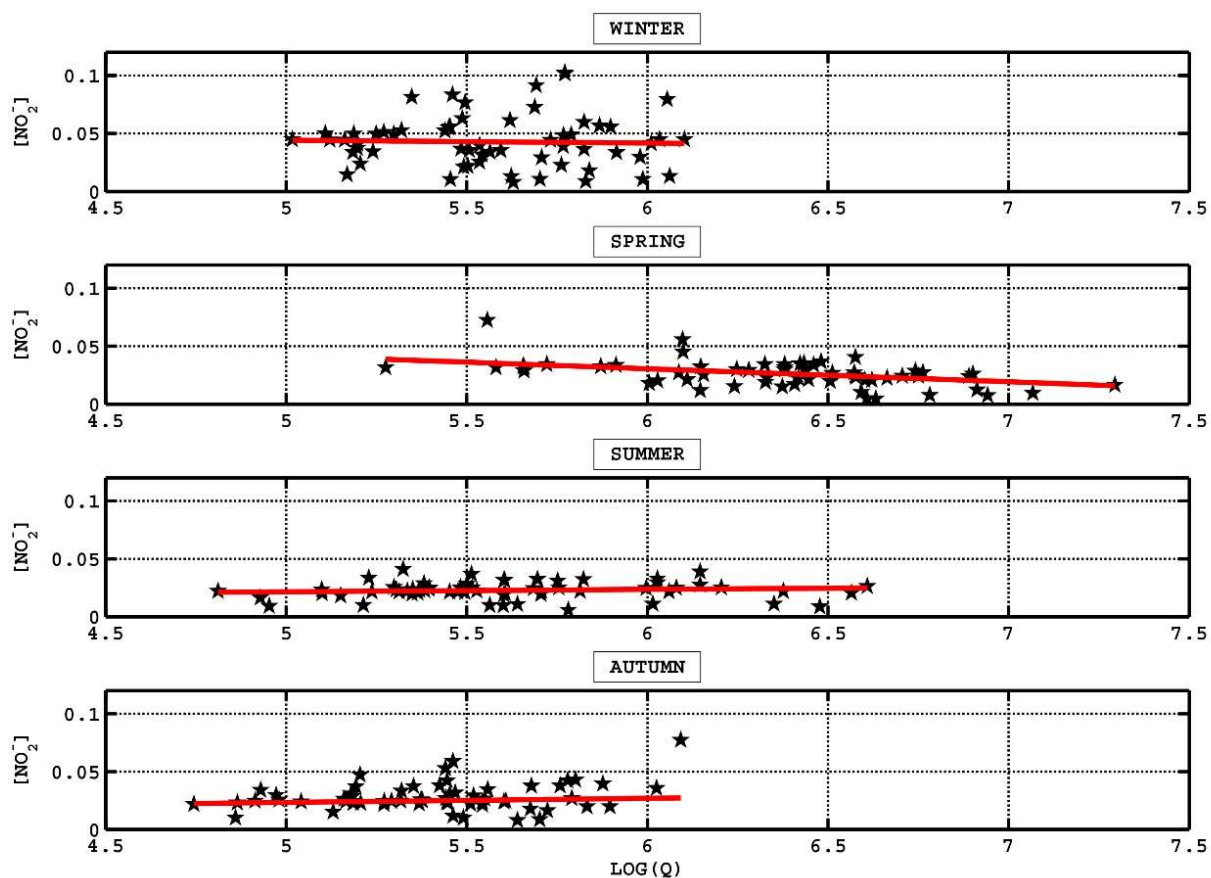
Відносно концентрації $[\text{NO}_3^-]$. Така концентрація достатньо сильно зменшується по мірі зростання витрат води весною та, навпаки, збільшується із зростанням витрат води осінню (див. рис. 2в).

В той же час як зимою, так і літом концентрація $[\text{NO}_3^-]$ залежить від витрат води слабо.

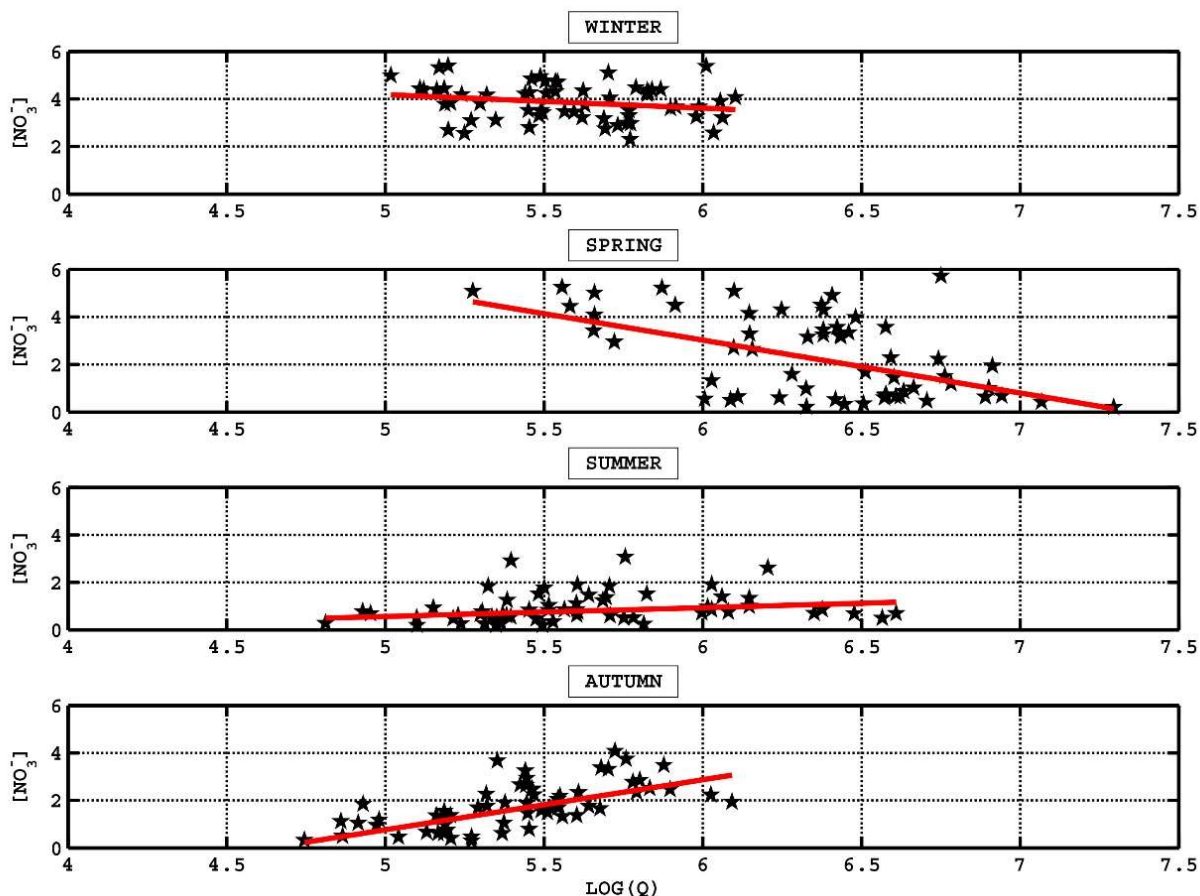
Таким чином, режими концентрації $[\text{NH}_4^+]$, $[\text{NO}_2^-]$ та $[\text{NO}_3^-]$ залежно від витрат води за сезонами року практично не узгоджуються.



а) для $[\text{NH}_4^+]$,



б) для $[\text{NO}_2^-]$,



в) для $[NO_3^-]$,

Рисунок 2 – Проведення прямої лінії регресії через “облако” експериментальних даних залежно від концентрації неорганічних сполук азота та величини річкового стока

Figure 2 - Drawing a straight regression line through the “cloud” of experimental data depending on the concentration of inorganic nitrogen compounds and the river runoff amount

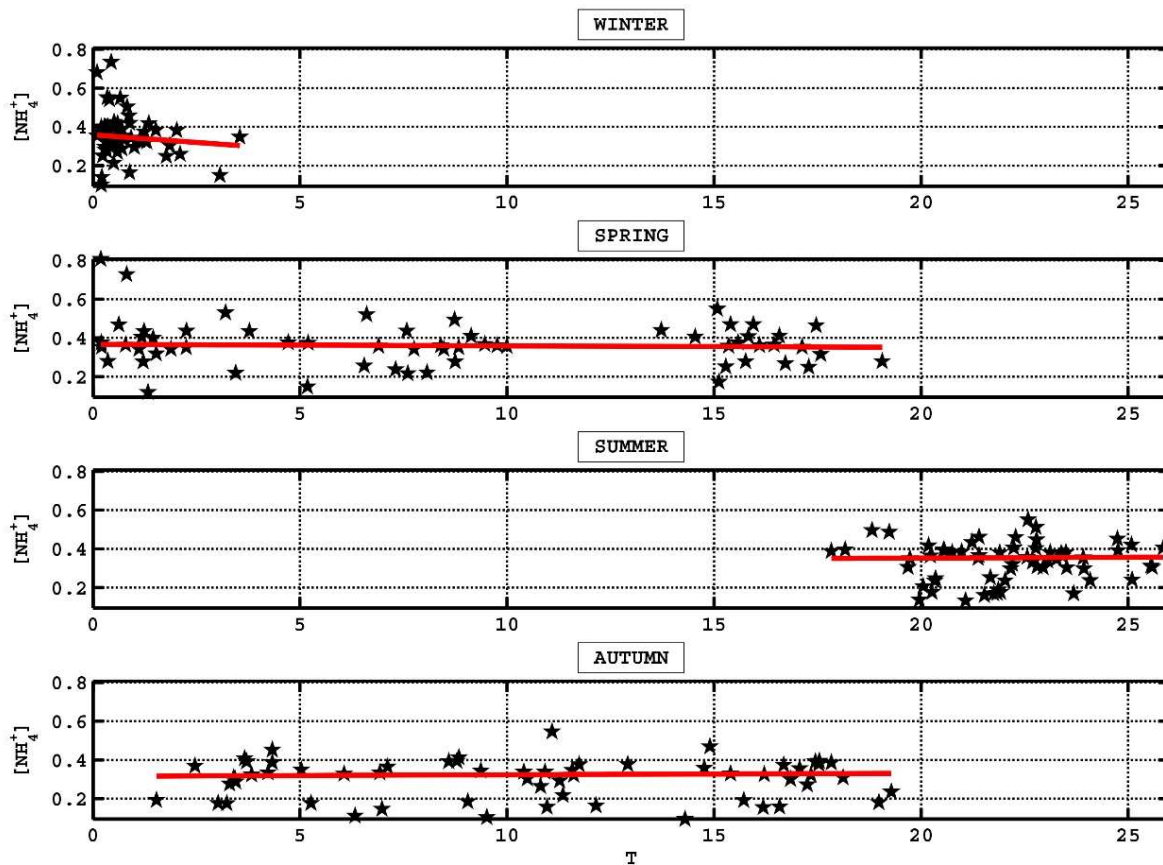
Залежності концентрації неорганічних сполук азота від температури річкової води за сезонами календарного року наведені на рис.3. Коефіцієнти моделі робастної лінійної регресії у цьому випадку див. у Таблиці 2.

Як було зазначено вище, коефіцієнт $B = \frac{dy}{dx}$ відповідає за нахил прямої, яка проведена через “облако” експериментальних точок.

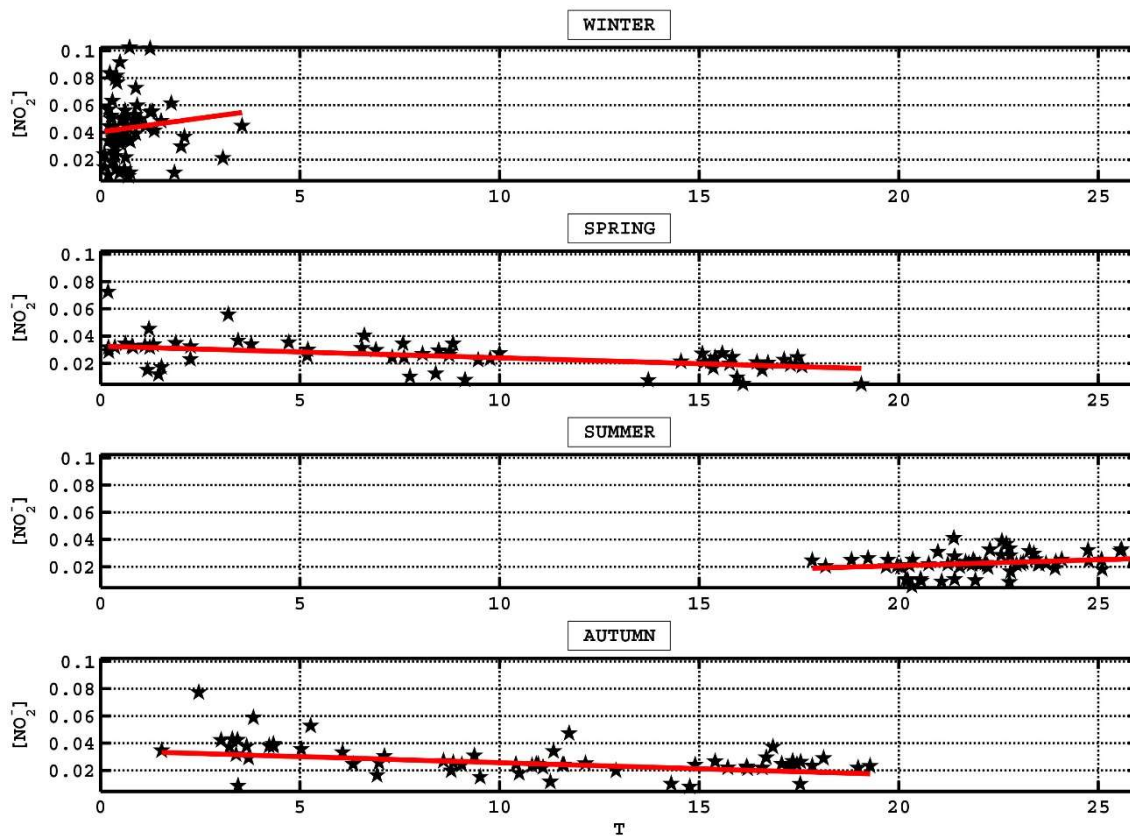
Таблиця 2– Коефіцієнти робастної лінійної регресії А та В для оцінки залежностей концентрації неорганічних сполук азота від температури річкової води за сезонами календарного року.

Table 2 - Robust linear regression coefficients A and B to estimate the dependences of the inorganic nitrogen compounds concentration on the river water temperature by the calendar year seasons.

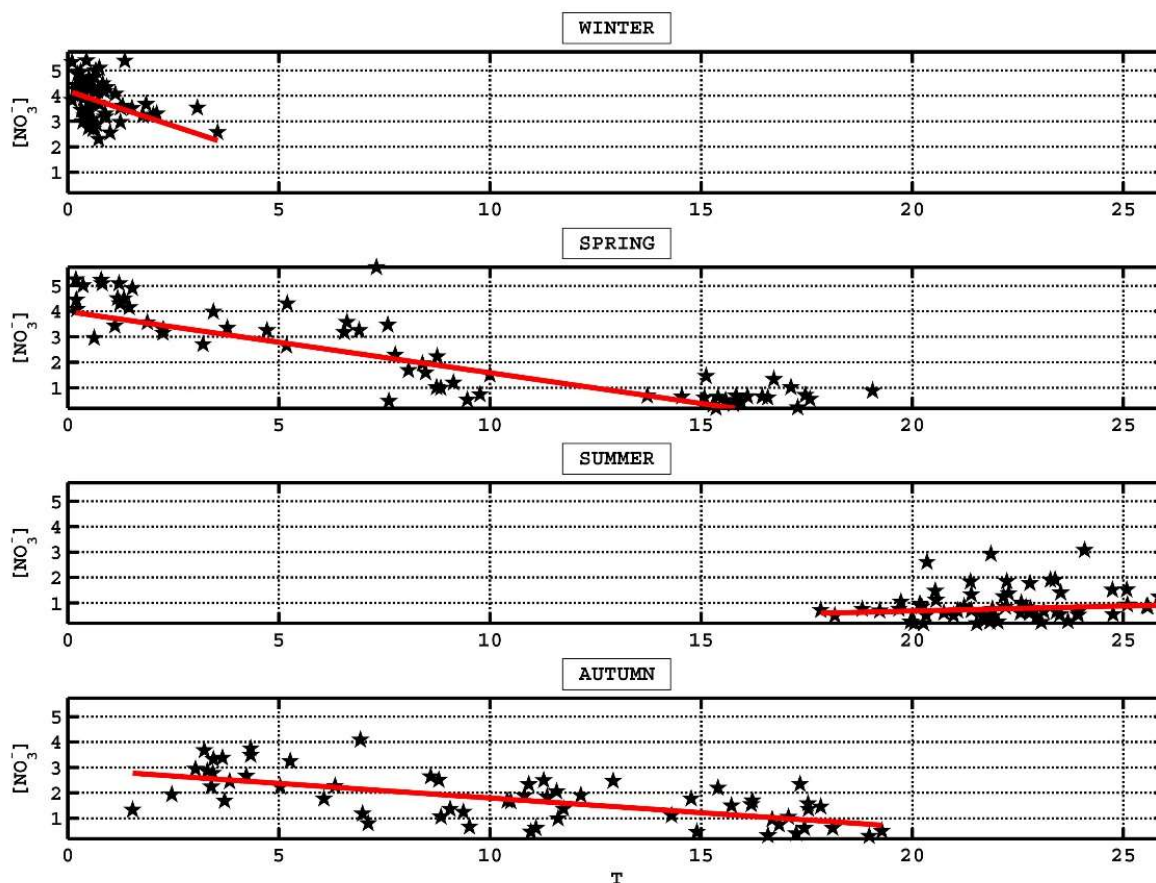
Сезони року	$[NH_4^+]$		$[NO_2^-]$		$[NO_3^-]$	
	A	B	A	B	A	B
Зима	+3.59E-001	-1.58E-002	+4.05E-002	+4.00E-003	+4.19E+000	-5.47E-001
Весна	+3.67E-001	-7.53E-004	+3.26E-002	-8.58E-004	+3.99E+000	-2.40E-001
Літо	+3.36E-001	+8.44E-004	+3.59E-003	+8.63E-004	-1.05E-001	+3.95E-002
Осінь	+3.16E-001	+7.68E-004	+3.46E-002	-8.87E-004	+2.95E+000	-1.15E-001



а) для $[NH_4^+]$,



б) для $[NO_2^-]$,



в) для $[\text{NO}_3^-]$,

Рисунок 3 – Проведення прямої лінії регресії через “облако” експериментальних даних залежно від концентрації неорганічних сполук азота та температури річкової води

Figure 3 - Drawing a straight regression line through the "cloud" of experimental data depending on the inorganic nitrogen compounds concentration and river water temperature

Коефіцієнт B показує, як змінюється величина Y (у даному разі це концентрація певної речовини) при зміні величини X на одиницю, тобто при зміні температури на один градус Цельсія. У цьому зв'язку аналіз значень коефіцієнта B регресії також необхідний.

На рис. 3а наведені залежності “концентрація $[\text{NH}_4^+]$ - температура води” за сезонами року.

Як видно, при лінійній апроксимації залежностей простежується явний нахил прямої тільки для зими, тобто із підвищенням температури маємо істотне зменшення концентрації цих іонів. Залежності концентрації $[\text{NO}_2^-]$ від температури води наведені на рис 3б.

У даному разі також спостерігаємо певний нахил прямої регресії для зими. Для інших сезонів року нахил прямої не такий явний.

У випадку концентрації $[\text{NO}_3^-]$ найбільш істотний нахил прямої регресії також буде для зими (рис. 3в), менший нахил фіксується відповідно для весни та осені. В той же час для літа нахил прямої незначний, лінія регресії близька до горизонтальної.

Особливості сезонної динаміки концентрації кисню, що розчинений у річковій воді. Розчинений кисень є одним із головних показників, який безпосередньо впливає на екологічний стан водних екосистем.

Роботи багатьох авторів свідчать про те, що динаміка кисневого режиму річок України зазнає чітко виявлених сезонних коливань.

Метою досліджень був аналіз сезонних змін кисневого режиму р.Десна. Одержані за допомо-

гою метода KTRL залежності концентрації розчиненого молекулярного кисню від температури річкової води за сезонами календарного року наведені на рис. 4, значення коефіцієнтів моделі робастної лінійної регресії у цьому випадку – в Таблиці 3.

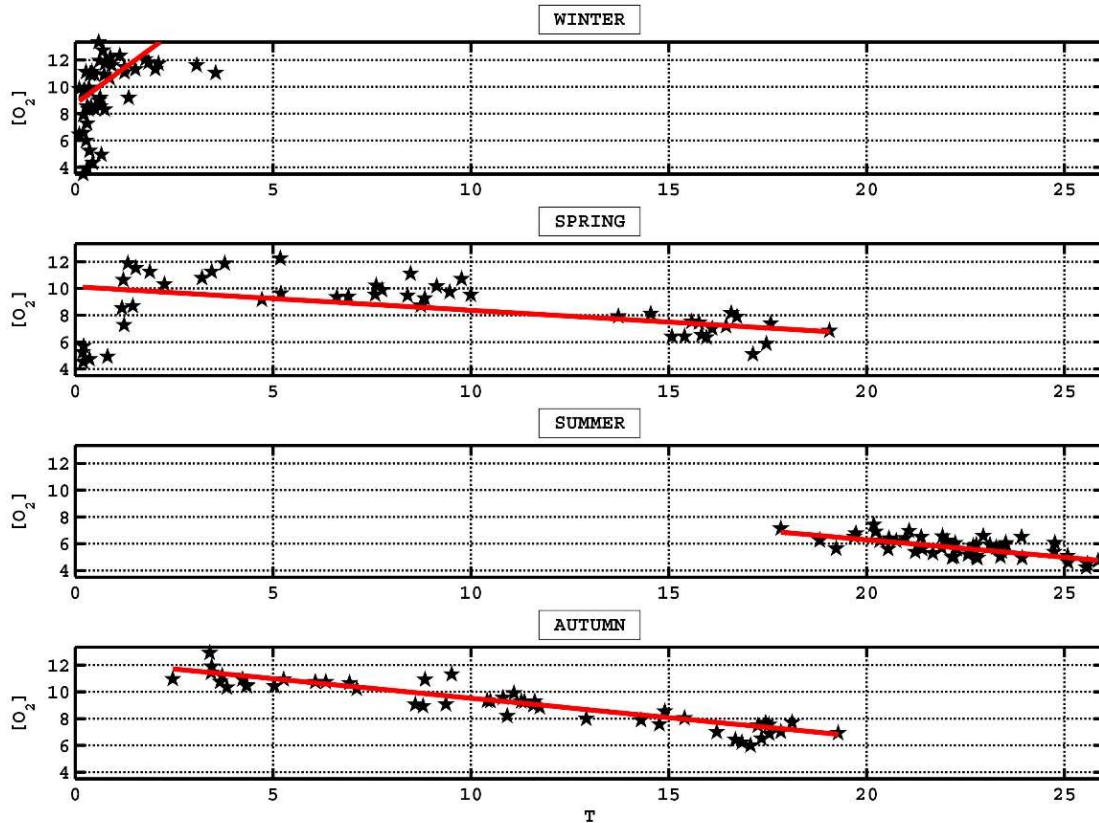


Рисунок 4 – Проведення прямої лінії регресії через “облако” експериментальних даних залежно від концентрації розчиненого кисню та температури річкової води

Figure 4 - Drawing a straight regression line through the "cloud" of experimental data depending on the dissolved oxygen concentration and river water temperature

Таблиця 3 – Коефіцієнти робастної лінійної регресії **A** та **B** для оцінки залежності концентрації розчиненого молекулярного кисню від температури річкової води за сезонами календарного року.

Table 3 – Robust linear regression coefficients **A** and **B** to estimate the dependence of dissolved molecular oxygen concentration on river water temperature by the calendar year seasons.

Сезони року	A	B
Зима	+8.73E-000	+2.15E-000
Весна	+1.01E-001	-1.75E-001
Літо	+1.15E-001	-2.62E-001
Осінь	+1.24E-001	-2.91E-001

Як відомо, розчинність кисню у воді зменшується із підвищенням температури. У даному разі це положення беззаперечно виконується для літа та осені. Однак для зими та частково для початку весни при температурі $0^{\circ} \dots 2,5^{\circ} \text{C}$ ця залежність носить прямо протилежний характер, тобто із підвищенням температури спостерігається також підвищення розчинності.

Зазначимо, що у деякому ступені та тільки для зими це відноситься також до $[\text{NO}_2^-]$ (див.рис. 36). Таку аномальну поведінку кисню у даному випадку можливо попередньо пояснити слідуючим чином.

Зимомо на поверхні водойми можлива поява льодового шару.

Надходження кисню із повітря практично припиняється. Кисень, що знаходиться безпосередньо у воді, починає інтенсивно витрачатись на різні окислювальні процеси [11,12]. При підвищенні температури середовища вище 0°C починається звільнення поверхні води від шару льоду та поступове

надходження кисню із повітря. У цьому випадку лінія на графіку “ $O_2 - T^0$ ” буде іти різко вверх.

Висновки

1. Наведені істотні недоліки існуючої методики обробки даних природних часових рядів. Розроблено алгоритм та програмне забезпечення метода робастної лінійної регресії (KTRL), що усуває відповідні вади.
 2. За допомогою метода KTRL визначені залежності концентрації деяких неорганічних біогенних речовин від величини річкового стоку та температури води за сезонами календарного року. Режими концентрації $[NH_4^+]$, $[NO_2^-]$ та $[NO_3^-]$ залежно від відповідних витрат води практично не узгоджуються між собою.
 3. Високі концентрації іонів фіксуються переважно при вкрай низьких температурах води та вузьких температурних інтервалах.
- Спостерігається аномальна поведінка розчиненого у воді кисню у діапазоні температур $\theta^0 \dots 2,5^0 \text{ C}$.

Перелік посилань

1. Дуброва Т.А. Статистические методы прогнозирования: Учебн. пособие для вузов. –М.: ЮНИТИ-ДАНА. -2003. -206с.
2. Helsel D.R. Statistical methods in water resources/ D.R. Helsel, R.M. Hirsch. –N.Y.: Elsevier. -1992. -522 p.
3. Петри А. Наглядная статистика в медицине/ А. Петри, К.Сэбин. –М.: Издат. дом ГЕОТАР-МЕД. -2003. -139 с.
4. Шитиков В.К. Количественная гидроэкология: методы, критерии, решения/ В.К. Шитиков. Г.С. Розенберг, Т.Д. Зинченко. –М.: Наука, 2005. –Кн. 1, 281с.; Кн. 2, 337 с.
5. Эсбенсен К. Анализ многомерных данных. Избранные главы/Под ред. О.Е.Родионовой. –Черноголовка: Изд. ИПХФ РАН. -2005. -160с.
6. Артёменко В.А. Устранение пропусков в гидрохимических временных рядах методом многообразий малой размерности/ В.А. Артёменко, В.В. Петрович//Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, вип. 102. –К.: Вид-во Націон. трансп ун-ту. -2017. –С.250 -267.
7. Флах П. Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. –М.: Изд-во ДМК Пресс, 2015. -399 с.
8. Алекин О.А. Основы гидрохимии. –Л.: Гидрометеиздат, 1970. -443 с.
9. Знаменский В.А. Гидрологические процессы и их роль в формировании качества воды. –Л.: Гидрометеиздат.-1981.-417 с.
- 10.Фадеев В.В. Зависимость минерализации и ионного состава воды рек от их водного режима/ В.В. Фадеев, М.Н. Тарасов, В.Л.Павелко. –Л.: Гидрометеиздат, 1989. -168 с.
11. Самойленко В.Н. Факторы, определяющие обмен кислородом между водоёмами и атмосферой (на примере устьевой области Днестра). –Гидробиол. журн. -1988. –Т.24; №4. –С. 101-104.
- 12.Оксиюк О.П. Кислородный баланс Киевского водохранилища в зимний период/ О.П. Оксиюк, В.М. Тимченко, В.М. Якушин, П.Н. Линник//Гидробиол. журн. -2001. –Т.37; №3. –С. 10-22.

SEASONAL DYNAMICS OF NUTRIENTS OF LARGE WATER BODIES

Artemenko Vladislav A., 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 alenue, 37, Kyiv, Ukraine, 03028.

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. +3804428027338, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 138, <https://orcid.org/0000-0003-0422-2535>

Abstract. The advantages of robust linear regression method (KTRL) of analyzing the seasonal dynamics of nutrients in the case of anomalous values in the source data are shown.

There were explored by KTRL method dependencies to concentrations of the inorganic joining the

nitrogen from value of the water discharge and temperature of water along seasons of the calendar year.

Particularities of seasonal dynamics of dissolved oxygen in river water were determined.

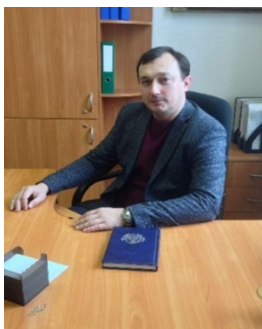
Keywords: hydrochemical time series, anomalous values in the source data, robust linear regression method, seasonal dynamics dissolved in water substance.

References

1. Dubrova T.A. Statisticheskiye metody prognozirovaniya: Uchebn. Posobiye dlya vuzov. –M.: YUNITI-DANA. -2003. -206s.
2. Helsel D.R. Statistical methods in water resources/ D.R. Helsel, R.M. Hirsch. –N.Y.: Elsevier. -1992. -522 p.
3. Petri A. Naglyadnaya statistika v meditsine/ A. Petri, K.Sebin. –M.: Izdat. dom GEOTAR-MED. -2003. -139 s.
4. Shitikov V.K. Kolichestvennaya gidroekologiya: metody, kriterii, resheniya/ V.K. Shitikov. G.S. Rozenberg, T.D. Zinchenko. –M.: Nauka, 2005. –Kn. 1, 281s.; Kn. 2, 337 s.
5. Esbensen K. Analiz mnogomernykh dannykh. Izbrannyye glavy/Pod red. O.Ye.Rodionovoy. –Chernogolovka: Izd. IPKHF RAN. -2005. -160s.
6. Artemenko V.A. Ustraneniye propuskov v gidrokhimicheskikh vremennykh ryadakh metodom mnogoobraznykh maloy razmernosti/ V.A. Artemenko, V.V. Petrovich//Avtomobil'ni dorogi i dorozhne budivnitstvo, vip. 102. –K.: Vid-vo Natsion. Transp un-tu. -2017. –S.250 -267.
7. Flakh P. Mashinnoye obucheniye. Nauka i iskusstvo postroyeniya algoritmov, kotoryye izvlekayut znaniya iz dannykh. –M.: Izd-vo DMK Press, 2015. -399 s.
8. Alekin O.A. Osnovy gidrokhimii. –L.: Gidrometeoizdat, 1970. -443 s.
9. Znamensky V.A. Gidrologicheskie processy i ih rol'v formirovanii kachestva vody.-L.: Gidrometeoizdat.-1981.-417s.
10. Fadeyev V.V. Zavisimost' mineralizatsii i ionnogo sostava vody rek ot ikh vodnogo rezhima/ V.V. Fadeyev, M.N. Tarasov, V.L.Pavelko. –L.: Gidrometeoizdat, 1989. -168 s.
11. Samoylenko V.N. Faktory, opredelyayushchiye obmen kislorodom mezhdru vodoyomami i atmosferoy (na primere ust'yevoy oblasti Dnepra). –Gidrobiol. zhurn. -1988. –T.24; №4. –S. 101-104.
12. Oksiyuk O.P. Kislorodnyy balans Kiyevskogo vodokhranilishcha v zimniy period/ O.P. Oksiyuk, V.M. Timchenko, V.M. Yakushin, P.N. Linnik//Gidrobiol. zhurn. -2001. –T.37; №3. –S. 10-22.

БАГАТОРІВНЕВА МОДЕЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТІВ ТРАНСПОРТНОГО БУДІВНИЦТВА

MULTIPLE MODEL OF THE TECHNICAL STATE OF TRANSPORTATION CONSTRUCTION OBJECTS



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

<http://orcid.org/0000-0002-5619-003X>.

Анотація. Мета діагностики та оцінки стану автомобільних доріг полягає в отриманні повної, об'єктивної і достовірної інформації про транспортно-експлуатаційний стан доріг, умови їх роботи і ступеня відповідності фактичних споживчих властивостей, параметрів і характеристик вимогам руху. Систематичний моніторинг є основою управління станом автомобільних доріг і вихідною базою для ефективного використання коштів і матеріальних ресурсів, що спрямовуються на реконструкцію, ремонт та утримання дорожньої мережі.

Діагностика та оцінка стану автомобільних доріг і дорожніх споруд проводиться систематично через певні проміжки часу протягом усього терміну служби доріг і дорожніх споруд. Загальна оцінка якості і стану автомобільних доріг проводиться за показниками споживчих властивостей, які забезпечуються фактичним рівнем експлуатаційного утримання, геометричними параметрами, технічними характеристиками, інженерним обладнанням та облаштуванням. Результати діагностики і оцінки доріг є передпроектними матеріалами і інформаційною базою для розробки в установленому порядку проектів реконструкції, капітального ремонту, ремонту та утримання експлуатованих доріг.

Стан дороги необхідно розглядати як сукупність властивостей, які обумовлюють зміну вартості всієї споруди. У роботі представлена модель кількісної оцінки автомобільної дороги на стадії проектування і відповідного визначення вартості транспортних споруд у вигляді багаторівневої ієрархічної системи показників, яка всебічно характеризує властивості оцінюваної продукції.

Ключові слова: автомобільна дорога, транспортно-експлуатаційний стан, транспортні споруди, модель.

Вступ

Принципи визначення вартості будівель істотно відрізняються від визначення вартості лінійно-протяжних транспортних споруд. На сучасному етапі відсутні практичні методи вартісної оцінки майна дорожнього господарства [1, 2]. Тому, важливе практичне значення має кількісна оцінка автомобільної дороги, яка проектується, об'єктивність якої визначається правильністю вибору моделі стану. Модель якості стану – це багаторівнева ієрархічна система показників, яка всебічно і раціонально характеризує властивості об'єкта, що оцінюється. Стан автомобільної дороги необхідно розглядати як сукупність властивостей, які обумовлюють зміну вартості всієї споруди. При цьому, та або інша ділянка дороги характеризується певною, властивою для неї, номенклатурою показників.

Основна частина. Побудова моделі кількісної оцінки технічного стану для визначення вартості транспортної споруди. Залежно від різних техніко-експлуатаційних показників, властивості об'єктів оцінки можна класифікувати за такими ознаками:

- за чисельністю показників, які застосовуються – одиничні, комплексні та інтегральні;

- залежно від стадії створення і стану об'єкта оцінки – проектні, будівельні і експлуатаційні;
- за сукупністю близьких властивостей – цільові технічні, ергономічні, естетичні, економічні, стандартизації;
- за розмірністю – абсолютні і відносні;
- за значимістю – основні та додаткові.

Якість автомобільної дороги, що проектується, на першому етапі, в основному, оцінюється економічними показниками. Найбільш доцільним є витратний метод, заснований на розрахунку кошторисної вартості і коригувальних коефіцієнтів зміни техніко-функціонального стану об'єкта.

У дорожній галузі відомі наступні методи кількісної оцінки стану автомобільної дороги, які ґрунтуються на ряді принципів [3]:

- стан транспортної споруди характеризується сукупністю властивостей, що являють собою систему диференціальних показників. Залежно від мети оцінки об'єкта, число рівнів n може бути різним. Чим більше рівнів, тим глибше уявлення про стан об'єкта, однак тим більше трудомісткий процес вимірювань і оцінки. Тому один з основних першорядних принципів побудови моделі – мінімум кількості класифікаційних рівнів при задовольняючому ступені точності оцінки стану об'єкта;
- складна властивість, являє собою сукупність простих властивостей. Підпорядкованість менш простих показників більш складним характеризується ієрархічним законом, що визначає моделі багаторівневої оцінки технічного стану. Складна властивість, на найнижчому нульовому рівні, характеризується сукупністю властивостей, розташованих на більш високих рівнях і, отже, являє собою окремий показник. Узагальнену властивість на нульовому рівні можна охарактеризувати найбільш суттєвими складовими 1-го рівня. У свою чергу, кожна властивість першого рівня характеризується сукупністю властивостей другого рівня. Таким чином, властивість i -го рівня стану об'єкта визначається властивостями вищого $i + 1$ -го рівня;
- на кожному рівні будь-яка властивість кількісно оцінюється одиничним (диференціальним) показником стану $K_i = \frac{P_{ia}}{P_{i6}}$, де P_{ia} – абсолютне значення якісного показника стану елемента об'єкта; P_{i6} – базове значення показника. У зв'язку з цим велике значення має встановлення не тільки абсолютних, а й базових показників. Базовий показник стану якості елемента дорожньої конструкції, як правило, приймається за вихідний (еталонний) при порівняльних оцінках. Розрізняють декілька еталонів базових показників: середній та вищий досягнутий в даний час світового рівня; економічно виправданий в даний час, оптимальний рівень стану якості об'єкта оцінки; перспективний світовий рівень стану якості об'єкта оцінки;
- при аналізі узагальненої властивості на даному рівні необхідно враховувати значимість кожної простої властивості. Значущість вказує на вплив даної диференціальної властивості на формування комплексної властивості і виражається в відсотковому співвідношенні. Таким чином, комплексна властивість об'єкта оцінки даного рівня є сумою простих властивостей з урахуванням їх значущості:

$$K_k = \sum_{i=1}^n K_i m_i, \quad (1)$$

де m_i – коефіцієнт вагомості;

- властивості кожного рівня впливають один на одного, а узагальнені властивості одного рівня впливають на узагальнені властивості іншого рівня. Отже, між комплексним показником стану об'єкта та i -ою властивістю p -го рівня є певна кількісна залежність, яка суттєво впливає на вартість споруди;
- значимість властивостей на будь-якому рівні або в групі даного рівня підпорядковується залежності $\sum_{i=1}^n m_i = q = \text{const}$, де q – постійна величина, приймається за одиницю або рівною 100 при поданні m_i у відсотках.

Виходячи з цього, можна визначити вплив будь-якої властивості останнього рівня на загальний показник стану об'єкта і його еквівалентну вартість: $K_{in} = K_{i1} K_{i2} K_{i3} \dots K_{in}$.

Для побудови багаторівневої моделі технічного стану на етапі здачі в експлуатацію ділянки автомобільної дороги з подальшим проведенням її вартісної оцінки необхідно визначити значення коефіцієнтів вагомості. Від правильності їх призначення залежить достовірність оцінки. Встановити ці

коефіцієнти можна різними методами, але найбільш оптимальним на стадії приймання дороги в експлуатацію є вартісний метод. Вартісний метод заснований на припущенні, що якість стану пропорційна вартості, а вагомість властивості ідентична витратам, тобто між вагомістю та вартістю існує функціональний зв'язок $m_i = f(C_i)$, если $C_i > C_{i-1}$ и $m_i > m_{i-1}$. Тоді:

$$m_i = \frac{C_i}{\sum_i^n C_i}, \quad (2)$$

де n – кількість властивостей, показників якості продукції; $\sum C_i$ – повна вартість продукції.

Стан автомобільної дороги характеризується різноманіттям (сукупністю) властивостей, відображених системою диференціальних показників.

Підпорядкованість менш простих властивостей (показників) більш складним відповідає ієрархічному закону, що визначає модель якісного стану. Складна властивість якості на найнижчому нульовому рівні характеризується сукупністю властивостей, розташованих на більш високих рівнях і, отже, являє собою узагальнений показник. Узагальнену властивість на нульовому рівні можна характеризувати найбільш істотними складовими першого рівня. У свою чергу, кожна властивість першого рівня характеризується сукупністю властивостей другого рівня. Таким чином, властивість рівня якісного стану об'єкта оцінки визначаються властивостями більш високого рівня.

Модель якісного стану ділянки автомобільної дороги на стадії експлуатації або активів на стадіях проектування та будівництва дозволяють отримати коригуючий коефіцієнт, який всебічно і раціонально характеризує властивості об'єкта оцінки.

При складанні моделі всі властивості діляться на три частини:

- складні, що включають в себе поєднання багатьох властивостей;
- середні, що включають кілька простих властивостей;
- прості.

До складних відносять показники, які класифіковані за видами, до середніх – за групами. При складанні моделей всі властивості в ієрархічному порядку розділяють на рівні від нульового, найнижчого, до n -го найвищого.

Нульовий рівень визначає комплексну величину показника, яка коригує вартість ділянки автомобільної дороги. При зростанні рівнів відбувається поступове «спрощення» властивостей моделі, тобто вони зазнають зміни від складних, через середні, до простих.

Як приклад на рис. 1 представлена багаторівнева модель технічного стану на етапі здачі в експлуатацію ділянки автомобільної дороги, де коефіцієнти вагомості були розраховані за формулою (1).

Комплексний показник технічного стану ділянки автомобільної дороги на стадії здачі в експлуатацію, згідно формул (1, 2) можна представити у вигляді рівняння:

$$K_k = 0,002K_1 + 0,003K_2 + 0,004K_3 + 0,096K_4 + 0,09K_5 + 0,003K_6 + 0,006K_7 + 0,005K_8 + 0,002K_9 + 0,003K_{10} + 0,002K_{11} + 0,003K_{12} + 0,002K_{13} + 0,019K_{14} + 0,006K_{15} + 0,017K_{16} + 0,016K_{17} + 0,025K_{18} + 0,047K_{19} + 0,025K_{20} + 0,03K_{21} \quad (3)$$

Таким чином модель кількісної оцінки технічного стану – це багаторівнева ієрархічна система показників, яка всебічно і правильно характеризує властивості оцінюваної продукції, яка, відповідно, дозволяє визначити вартість транспортної споруди – автомобільної дороги.

Висновок

В залежності від суспільних потреб, що пред'являються до об'єкту і мети оцінки, число рівнів n може бути різним. Чим більше рівнів, тим більш об'єктивне уявлення про стан автомобільної дороги і можливість детально провести вартісну оцінку досліджуваного об'єкта, однак тим більш трудомісткий процес вимірювань. Тому один з основних першорядних принципів побудови ієрархічних моделей – підбір оптимальної кількості класифікаційних рівнів, що задовольняють ступінь точності технічної та фінансової оцінки даного об'єкту транспортного будівництва.

РІВЕНЬ				
0	1	2		
K _k	0,009	Підготовчі роботи	0,002	
		Влаштування інженерних мереж	0,003	
		Підготовка території будівництва	Влаштування мереж зв'язку	0,004
	0,799	Земляне полотно	0,096	
		Дорожній одяг	0,09	
		Штучні споруди	0,003	
		Естакада	0,6	
	Об'єкти основного призначення	Пішохідний міст	0,005	
		Пересічення та примикання	0,002	
		Будівлі та споруди дорожньої та автомобільної служб	0,003	
	0,09	Дорожня розмітка	0,002	
		Огородження	0,003	
		Дорожні знаки	0,002	
		Зупинкові, посадкові майданчики та автопавільйони	0,019	
	Облаштування дороги, споруди водовідводу, озеленення	Озеленення	0,006	
		Споруди поверхневого водовідведення	0,017	
		Водоперепускні труби	0,016	
		Споруди з регулювання ВТР	0,025	
	0,047	Тимчасові споруди та будівлі		0,047
	0,025	Утримання служби замовника		0,025
	0,03	Проектно-вишукувальні роботи та авторський нагляд		0,03

Рисунок 1 – Багаторівнева модель технічного стану ділянки автомобільної дороги на етапі здачі в експлуатацію

Figure 1 – Multilevel model of technical condition of the highway section at the commissioning stage

Перелік посилань

1. Роз'яснення деяких положень методики оцінки майна, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 10.12. N 1891, наданих листом фонду державного майна України від 23.01.2004 N 10-36-835 та від 25.10.2010 N 10-36-14537 [Електронний ресурс] / Національний стандарт України. – Режим доступу: \www/ URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1891-2003-%D0%BF>

2. Національний стандарт: № 1 "Загальні засади оцінки майна і майнових прав" (Із змінами, внесеними згідно з постановами КМ N 146 (146 -2015- п) від 25.03.2015 та N 168 (168-2015- п) від 31.03.2015) [Електронний ресурс] / Національний стандарт України. – Режим доступу: \www/ URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1440-2003-%D0%BF>

3. Сиденко, В. М. Управление качеством в дорожном строительстве [Текст] / Сиденко, В. М.,

MULTIPLE MODEL OF THE TECHNICAL STATE OF TRANSPORTATION CONSTRUCTION OBJECTS

Bubela Andrii Volodymyrovych, PhD, associate professor, National Transport University, associate professor of the department of transport construction and property management, e-mail: bubelaandrey@ukr.net, tel.: +380505535594, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovicha–Pavlenko str., 1, <http://orcid.org/0000-0002-5619-003X>

Abstract. The purpose of diagnostics and assessment of roads is to obtain complete, objective and reliable information about the transport and operational condition of roads, their working conditions and the degree of compliance of actual consumer properties, parameters and characteristics with traffic requirements. Systematic monitoring is the basis for managing the condition of roads and the starting point for the efficient use of funds and material resources for the reconstruction, repair and maintenance of the road network.

Diagnosis and assessment of the condition of roads and road structures is carried out systematically at certain intervals throughout the life of roads and road structures. The general assessment of quality and condition of highways is carried out on indicators of consumer properties which are provided by an actual level of operational maintenance, geometrical parameters, technical characteristics, engineering equipment and the device. The results of road diagnostics and assessment are pre-design materials and information base for the development in the prescribed manner of projects for reconstruction, overhaul, repair and maintenance of existing roads.

The condition of the road should be considered as a set of properties that cause a change in the value of the entire structure. The paper presents a model of quantitative assessment of the highway at the stage of design and appropriate determination of the cost of transport facilities in the form of a multilevel hierarchical system of indicators, which comprehensively characterizes the properties of the evaluated products.

Keywords: highway, transport maintenance condition, transport constructions, model.

References

1. (2003). Roz'yasnennya deyakykh polozhen' metodyky otsinky mayna, zatverdzhenoï postanovoyu Kabinetu Ministriv Ukrayiny vid 10.12. N 1891, nadanykh lystom fondu derzhavnoho mayna Ukrayiny vid 23.01.2004 N 10-36-835 ta vid 25.10.2010 N 10-36-14537. Natsional'nyy standart Ukrayiny. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1891-2003-%D0%BF>
2. (2015). Natsional'nyy standart: № 1 "Zahal'ni zasady otsinky mayna i maynovykh prav" (Iz zminamy, vnesenymy z'hidno z postanovamy KM N 146 (146 -2015- p) vid 25.03.2015 ta N 168 (168-2015- p) vid 31.03.2015). Natsional'nyy standart Ukrayiny. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1440-2003-%D0%BF>
3. Sidenko, V. M., Rokas, S. YU. (1981). Upravleniye kachestvom v dorozhnom stroitel'stve. M.: Transport. s 252.

ТЕХНОЛОГІЧНА НАДІЙНІСТЬ ПРИ ВЛАШТУВАННІ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ШАРІВ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ

TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF ASPHALT CONCRETE LAYERS OF ROAD CLOTHING



Гамеляк Ігор Павлович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри аеропортів, Національний транспортний університет, 01010, Україна, Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, оф. 344, ел. пошта: gip65n@gmail.com, тел. +380503524124,

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



Коваль Тетяна Ігорівна, інженер проектувальник відділу мостів ТОВ «Інжинірингова компанія «Автомагістраль», e-mail: tetianakoval412@gmail.com, тел. +380969344303

<https://orcid.org/0000-0001-7063-6512>

Анотація. Об'єкт дослідження – неоднорідність при влаштуванні асфальтобетонних шарів дорожнього одягу.

Мета роботи полягає в розробці методу оцінки технологічної надійності влаштування асфальтобетонного покриття з врахуванням неоднорідності факторів впливу.

Метод дослідження – збір даних технологічних параметрів при влаштуванні асфальтобетонних шарів та статистичний аналіз даних.

Для вирішення поставленої мети запропоновано математичну модель влаштування асфальтобетонного покриття з врахуванням стохастичного характеру процесу будівництва.

У статті проведений аналіз однорідності бітуму, зернового складу сумішей та властивостей асфальтобетону, що вказує на необхідність уточнення нормативних показників з урахуванням реальних середніх значень та неоднорідності при розробці технічних умов.

Для встановлення неоднорідності несної здатності (міцності та жорсткості) отримано дані безпосередніх спостережень та експериментальних вимірювань параметрів технологічного процесу, зміни складу та властивостей матеріалів шарів дорожнього одягу, які визначалися в процесі приготування сумішей та влаштування шарів.

Наведені формули дозволяють враховувати якість будівництва безпосередньо при розрахунку конструкції дорожнього одягу і прогнозуванні її строку служби.

Результати статті повинні використовуватися у подальшому при влаштуванні дорожніх одягів із асфальтобетонних шарів та аналізі їх надійності.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – збільшення надійності конструкцій дорожнього одягу та зменшення коефіцієнтів запасу при врахуванні реальної неоднорідності та контролю якості влаштування асфальтобетонних покриттів.

Ключові слова: асфальтобетонні шари, надійність, коефіцієнт варіації, технологія влаштування.

Вступ. Процес будівництва автодороги підлягає впливу багатьох факторів (кліматичних, організаційних, технічних, соціальних), більша частина яких носить випадковий характер. Тому якість будівництва має імовірнісний характер. В той же час якість процесу будівництва – основний фактор, що визначає довговічність та надійність покриття при дії транспортних навантажень і факторів впливу навколишнього середовища.

Аналіз публікацій. Для покращення процесу будівництва останніми роками закордоном були впроваджені технології контролю якості/гарантії якості (QC/QA) та заохочувальні виплати. Розроблено кількісні методи для встановлення штрафів або премій за стадію будівництва асфальтобетонного покриття при будівництві нежорстких дорожніх одягів автомобільних доріг [1 - 6].

У цих методах моделювання та випадковий вибір змінних приймається за нормальним розподілом випадкових змінних з відомими або прийнятими середніми значеннями і їх варіацією. Окремі значення можуть бути змінними у відповідності з розкидом, що очікується при нормальному процесі будівництва.

Постановка проблеми. Базуючись на основних положеннях класичної теорії надійності [7 - 9],

випадкові процеси зміни несучої здатності (міцності та жорсткості) та навантаження (напруження) представляються у виді системи випадкових величин. Після введення фактору часу надійності H (ймовірність безвідмовної роботи P виконання умов роботоздатності z_i) КДО набуває вигляду:

$$H(N(t)) = P\{Z_i = R_i(x_1(N(t))) - Q_i(x_2(N(t))) > 0\}, i = 1, k_{\phi} \text{ або} \quad (1)$$

де $R_i(x_1(N(t)))$, $Q_i(x_2(N(t)))$ – функції несучої здатності й навантаження від векторів початкових факторів $x_1(N(t))$ та $x_2(N(t))$; k_{ϕ} – кількість функцій роботоздатності або критеріїв граничного стану, $N(t)$ – сумарна інтенсивність руху в процесі експлуатації в момент часу t .

Для нормального випадкового процесу справедлива залежність

$$H(N(t)) = 0,5 + F(\beta(N(t))) = 0,5 + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{\beta(N(t))}^{\infty} e^{-\frac{z^2}{2}} dz, \quad (2)$$

де $F(\beta(N(t)))$ – нормована функція Лапласа,

$\square(N(t))$ – характеристика безпеки, що змінюється в процесі експлуатації:

$$\beta(t) = \frac{\mu_R(t) - \mu_Q(t)}{\sqrt{S_R^2(t) + S_Q^2(t)}} \text{ або } \beta(N(t)) = \frac{K_{np}(N(t)) - 1}{\sqrt{C_R^2(N(t)) \cdot K_{np}^2(N(t)) + C_Q^2(N(t))}}, \quad (3)$$

де $\mu_R(N(t))$ – середнє значення міцності; $\mu_Q(N(t))$ – середнє значення напруження; $S_R(N(t))$ і $S_Q(N(t))$ – середньоквадратичні відхилення чи коефіцієнти варіації $C_R(t)$ міцності та $C_Q(N(t))$ напруження відповідно в момент часу, що розглядається.

Коефіцієнт варіації для критеріїв граничного стану визначається за формулою

$$C_{E, \tau, \sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{\partial(E_{заз}, \tau, \sigma)}{\partial \Phi_i} \right)^2 \left(\frac{\overline{\Phi_i}}{\overline{E_{заз}}, \overline{\tau}, \overline{\sigma}} \right)^2 C_{\Phi_i}^2 \right]}, \quad (4)$$

де n – кількість параметрів, які впливають на розрахунок для даного критерію граничного стану; Φ_i та $\overline{\Phi_i}$ – параметр розрахунку та його середнє значення; C_{Φ_i} – коефіцієнт варіації параметру.

Формули 1-4 дозволяють зв'язати загальну надійність конструкції з якістю будівництва і відповідно технологічною надійністю.

Мета роботи полягає в розробці методу оцінки технологічної надійності влаштування асфальтобетонного покриття з врахуванням неоднорідності факторів впливу.

Для вирішення поставленої мети розроблено математичну модель влаштування асфальтобетонного покриття з врахуванням стохастичного характеру процесу будівництва [7 - 9]. Для встановлення неоднорідності несної здатності (міцності та жорсткості) необхідно мати дані безпосередніх спостережень та експериментальних вимірювань параметрів технологічного процесу, зміни складу та властивостей матеріалів шарів дорожнього одягу, які повинні визначатися в процесі приготування сумішей та влаштування шарів.

Технологічна надійність виготовлення ДБМ із заданими властивостями та будівництва КДО встановлюється з використанням: (1) формально-статистичного опису технологічного процесу; (2) теорії масового обслуговування (ТМО); (3) методу статистичних випробувань, як найбільш універсального при недостатній кількості даних, які описують процес; (4) експериментального визначення окремих параметрів технологічного процесу з подальшим описом усього технологічного процесу за допомогою Фур'є аналізу чи теорії випадкових процесів і полів [9].

1. Оцінка неоднорідності властивостей органічних в'язучих

З метою оцінки неоднорідності бітуму методами математичної статистики аналізували дані випробувань виробничої лабораторії Кременчуцького НПЗ. Було оброблено більш як 1600 даних випробувань стандартних властивостей сировини та готового бітуму, що був приготовлений на окислювальній установці. В результаті обробки проведено кореляційний та регресійний аналіз, побудовані гістограми і встановлені статистичні параметри та функції розподілу випадкових величин, що характеризують стандартні властивості сировини: C – в'язкість, T_c – температура розм'якшення гудрону, та бітуму: P – пенетрація, T_6 – температура розм'якшення бітуму, при ходовому та товарному аналізах та ін. Результати аналізу наведено на рис. 1.

Статистичний аналіз результатів випробування бітумів в різних регіонах України виконано з метою визначення закономірностей розподілу основних стандартних показників властивостей дорож-

ніх бітумів. Бітум отримували в результаті окислення на локальних установках безкомпресорним способом при температурі 210 - 240 °С. Постачальник вихідної сировини в основному Кременчугський НПЗ та Уфимський НПЗ. Оброблено дані багаторічних випробувань будівельних лабораторій АБЗ в різних регіонах України за період 15 років. Загальна кількість випробувань перевищує 1100. Як виявилося між температурою розм'якшення $T_{R@B}$ та пенетрацією P_{25} бітуму існує тісний кореляційний зв'язок, що може бути представлено логарифмічною залежністю (рис. 2).

$$T_{R@B} = 937 - 10553 \ln P_{25}, R^2 = 0,975. \quad (6)$$

Отримана залежність близька до даних отриманих в Бельгії і опублікованих в матеріалах VI конгресу Євро бітум [10].

Щільність імовірності розподілу основних показників дорожніх бітумів в більшості випадків в межах одного заводу розподілена нормально. Об'єднувати дані всіх випробувань в одну вибірку недоцільно, так як кожен регіон характеризується своєю найбільш поширеною маркою бітуму.

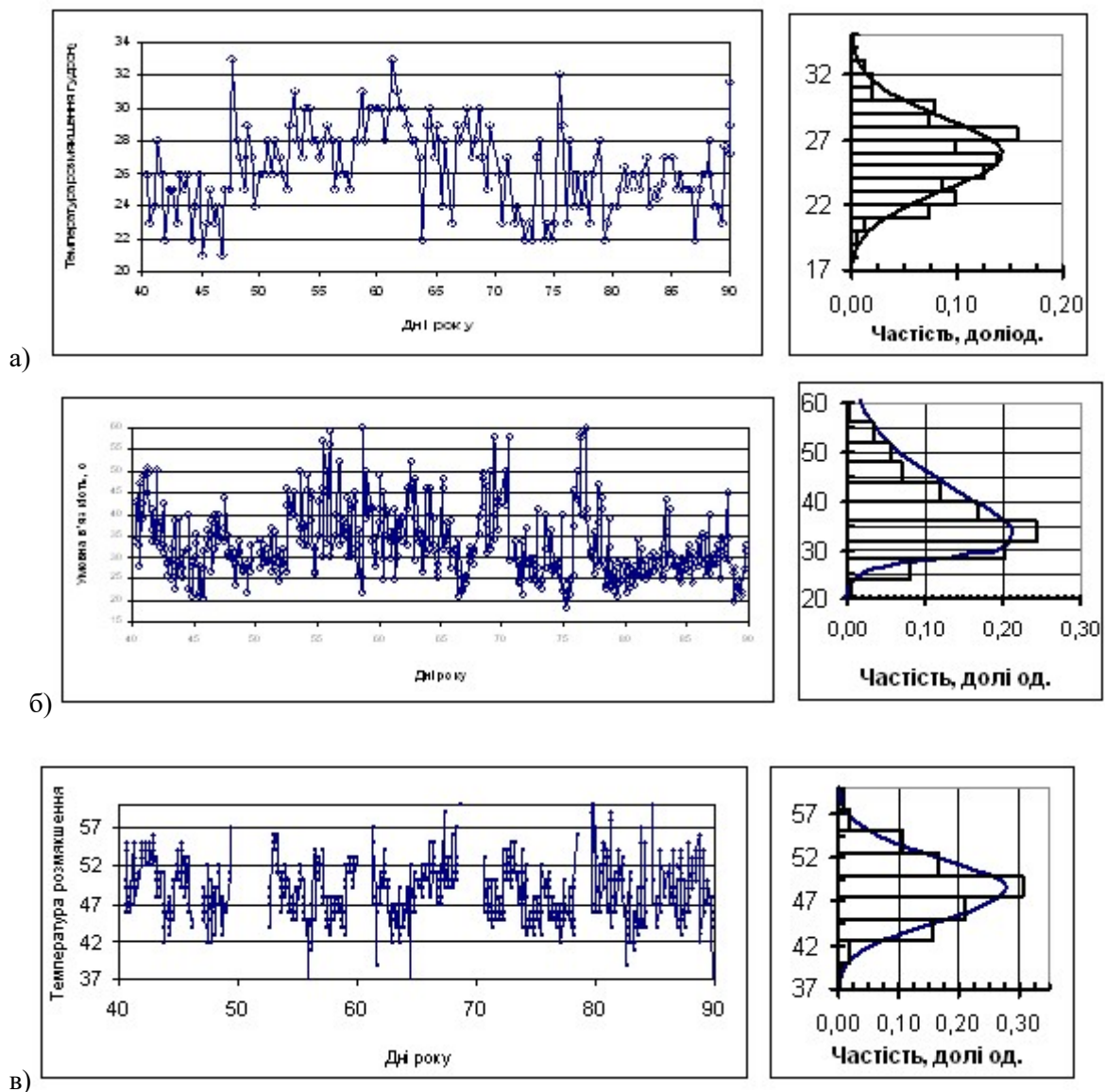


Рисунок 1 – Випадкові процеси зміни властивостей сировини та бітуму на НПЗ для: а) температури розм'якшення; б) умовної в'язкості сировини; в) температури розм'якшення бітуму

Figure 1 – Random processes of changing the raw materials and bitumen properties at refineries for: a) softening temperature; б) conditional viscosity of raw materials; в) bitumen softening temperature

2. Дослідження варіації параметрів технологічного процесу приготування асфальтобетону та влаштування асфальтобетонного покриття

Комплексний технологічний процес будівництва асфальтобетонного покриття складається із таких робочих операцій: приготування асфальтобетонної суміші на АБЗ; доставка з АБЗ до місця роботи гарячої суміші; розвантаження її в бункери асфальтоукладальників; розподіл готової суміші з попереднім ущільненням; ущільнення покриття комплексом ущільнюючої техніки; контрольна перевірка якості та температури суміші, ступеня ущільнення і геометричних розмірів.

Технологічний процес приготування асфальтобетонної суміші досліджувався на асфальтобетонних заводах м. Києва, а процес укладки на конкретних об'єктах дорожнього будівництва за період 1998-2017 рр.

На основі проведених досліджень побудовано гістограми та методи математичної, статичної обробки було встановлено теоретичну щільність розподілу основних параметрів технологічного процесу приготування асфальтобетонної суміші та влаштування асфальтобетонного покриття. Приклад неоднорідності зернового складу на окремих ситах приведено на рис. 3.

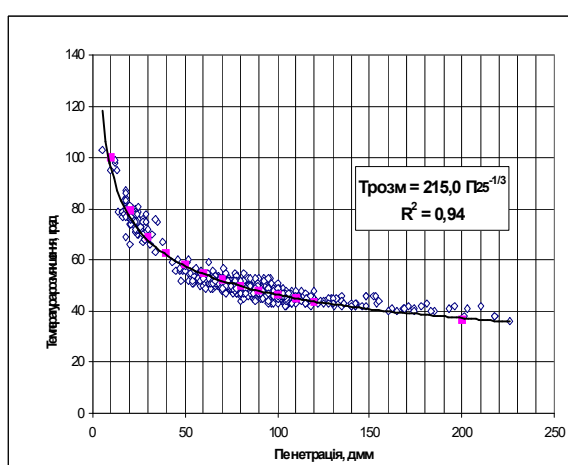


Рисунок 2 – Залежність температури розм'якшення від пенетрації бітумів марок 40/60, 60/90 та 90/130
 Figure 2 – Dependence of softening temperature on penetration of bitumens of grades 40/60, 60/90 and 90/130

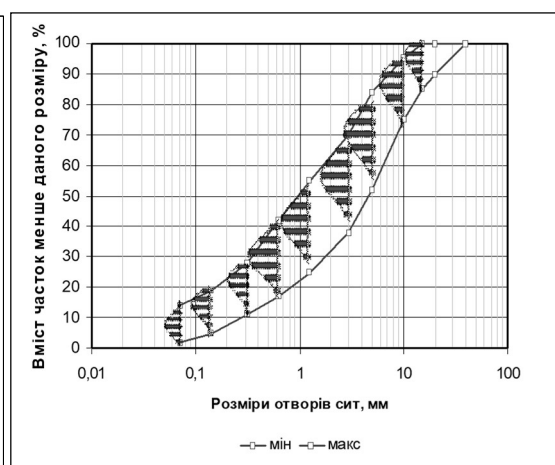


Рисунок 3 – Неоднорідність гранулометричного складу асфальтобетону
 Figure 3 – Heterogeneity of granulometric composition of asphalt concrete

Незважаючи на намагання суворого дотримання технології виконання робіт внаслідок напівавтоматичного режиму приготування суміші на АБЗ, та труднощів організаційного характеру та недосконалої наявної техніки спостерігається значний розкид параметрів технологічного процесу з відхиленнями від рекомендованих стандартом значень температурного режиму укладки і ущільнення асфальтобетону (табл. 1). Експериментальні дані по розподілу температурного режиму влаштування асфальтобетонного покриття описуються нормальним законом (рис. 4).

Таким чином, в процесі влаштування асфальтобетонного шару покриття неоднорідність температурного режиму при традиційній технології збільшується в 3 рази, що в подальшому призводить до варіації показників фізико-механічних характеристик асфальтобетону. Використання повністю термоізованих машин-термосів, в яких кузов механічно-закривається дозволяє значно зменшити варіацію температури (табл. 1).

Обробка даних часу доставки асфальтобетонної суміші на будівельну площадку підтвердила можливість описання експериментальних даних Бета-законом

$$p(\eta, \gamma, t) = \frac{\Gamma(\eta + \gamma)}{\Gamma(\eta)\Gamma(\gamma)} t^{\gamma-1} (1-t)^{\eta-1}, \quad (6)$$

Таблиця 1 – Результати статистичної обробки параметрів температурного режиму влаштування асфальтобетонного покриття

Table 1 – The results of statistical processing of the parameters of variation temperature of the asphalt pavement

Температура суміші	Середнє значення		Стандарт		Коеф. варіації	
	I	II	I	II	I	II
При випуску на АБЗ	141,1	-	7,4	-	5,2	-
В кузові автомобіля	128,4	156,9	11,6	34,4	9,0	3,7
Укладки в асфальтоукладальнику	126,7	150,1	13,18	40,0	10,4	4,2
Початку ущільнення	117,5	144,2	14,5	61,3	12,3	5,4
Закінчення ущільнення	51,7	-	8,7	-	16,8	-

Примітка: I – перевезення здійснювалося з відкритим кузовом, час доставки 40 – 60 хв. [6]; II – перевезення здійснювалося в повністю термоізованих машинах-термосах (дані інж. Мисіна В.С.)

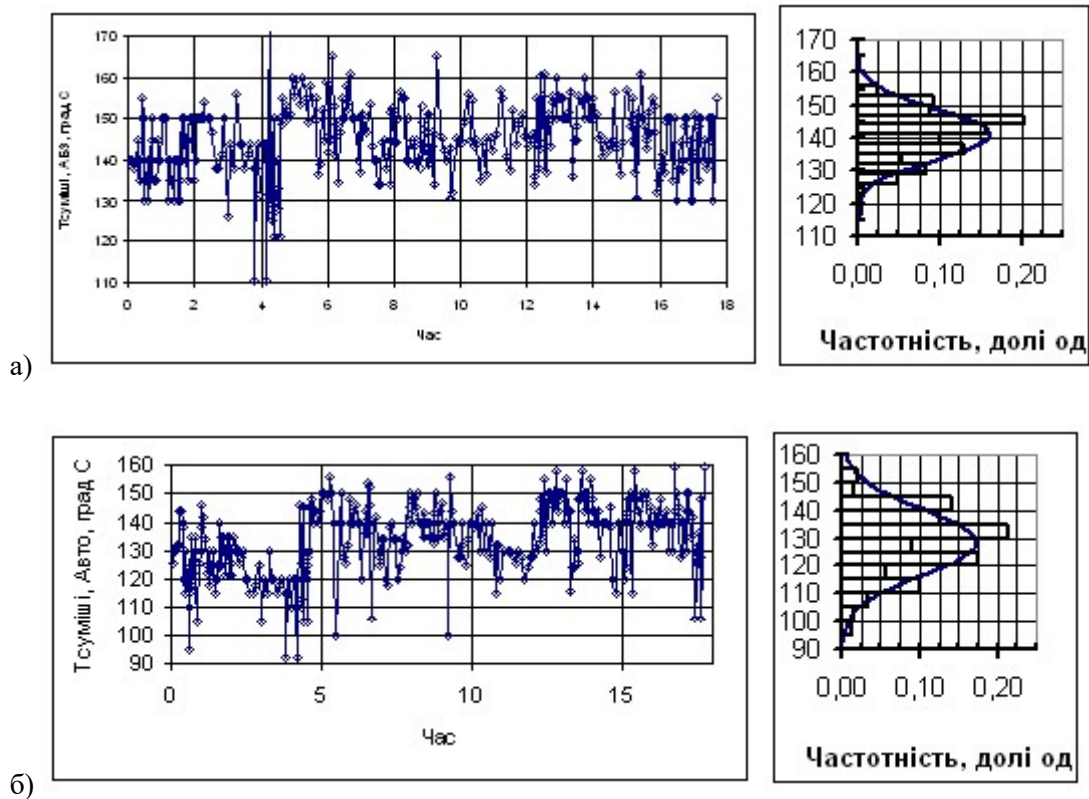


Рисунок 4 – Випадковий процес та його статистичний опис для: а) температури асфальтобетонної суміші при випуску на АБЗ та б) в асфальтоукладальнику

Figure 4 – Random process and its statistical description for: a) temperature of asphalt concrete mix at release on ABZ and b) in asphalt paver

Особливе значення надається процесу ущільнення асфальтобетонної суміші. Цей процес є остаточним етапом формування асфальтобетонного покриття. В результаті ущільнення формується необхідна структура матеріалу, забезпечується міцність і надійність асфальтобетонного покриття.

Оскільки одним з найважливішим параметром забезпечення надійності є визначення однорідності і характеру зміни товщини шару асфальтобетонного покриття, у табл. 2 приведено узагальнення результатів даних досліджень, виконаних в США та СРСР для різного рівня якості будівництва.

Таблиця 2 – Узагальнення даних по визначенню коефіцієнта варіації товщини, C_h
 Table 2 – Generalization of data to determine the coefficient of variation of thickness, C_h

Товщина шару, см	Високий рівень (США)	Коефіцієнт варіації товщини, C_h , %	
		Середній рівень (існуючий)	Низький рівень (СРСР)
5	12,0	20	25,0
10	10	15	20
15	9	12	14
20	8	10	12
25	7,5	9	10,0
30	7,0	8	9,0

Загальна неоднорідність товщини конструкції

$$C_{h\Sigma} = \frac{1}{h_\Sigma} \sqrt{\sum_{i=1}^n (C_{h_i} \cdot h_i)^2}, \quad (7)$$

де C_{h_i} - коефіцієнт варіації товщини i – того шару дорожнього одягу, що апроксимується степеневою залежністю

$$C_{h_i} = A \cdot h_i^B, \quad (8)$$

тут параметри, які залежать від матеріалу та технології влаштування шару, (наприклад для асфальтобетону $A = 20$, $B = -0,31$, для матеріалів основи $A = 66,4$, $B = -0,588$); h_i - товщина i - того шару покриття, см; h_Σ - сумарна товщина дорожнього одягу, см; n - кількість шарів у конструкції.

Результати дослідження варіації стандартних властивостей асфальтобетону приведені в попередніх роботах [5].

В результаті статистичної обробки виявилось, що теоретичні функції щільності ймовірності більшості параметрів технологічного режиму та властивостей асфальтобетону (температури влаштування покриття, розм'якшення гудрону та бітуму, механічні властивості асфальтобетону та ін.) добре описуються нормальним законом

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x - \bar{x})^2}{2\sigma^2}}, \quad (9)$$

з відповідними параметрами математичного сподівання і дисперсії.

Для параметрів, що мають велику неоднорідність ($C_v > 0,3$) по критерію χ^2 , (в'язкість гудрону, набрякання, водонасичення асфальтобетону) краще підходить закон Вейбула зі змінними параметрами, який може бути представлений у вигляді:

$$f(x, \alpha, \beta) = \frac{\alpha}{\beta^\alpha} x^{\alpha-1} \cdot e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha}, \quad (10)$$

де α - параметр масштабу; β параметр форми. При $\alpha = 1$ закон Вейбула переходить в експоненційний. Як виявилось, розподіл водонасичення та набухання переформованих зразків однаково добре описуються законом Вейбула та експоненційним законом.

Ряд властивостей (в'язкість, коефіцієнт ущільнення) краще описувати законом Пірсона типу I такого виду:

$$\tilde{n}_j = \tilde{n}_0 \left(1 + \frac{x}{l_1}\right)^{q_1} \left(1 + \frac{x}{l_2}\right)^{q_2}, \quad (11)$$

де q_1, q_2 - показники форми; l_1, l_2 - параметри масштабу; n_0 - частота.

Оцінки розкиду накопичених при контролі якості випуску сумішей що характеризують досягнутий рівень якості зведені в табл. 3.

Проведені дослідження та зауваження проектувальників доріг дозволяють запропонувати методику корегування та забезпечення проектної надійності на етапі будівництва, яка складається з таких етапів.

1) Проектування конструкції дорожнього одягу виконується при середньостатистичних коефіцієнтах варіації геометричних параметрів (ширини та товщини конструктивних шарів), параметрів мі-

цності та деформативності шарів основи і ґрунту земляного полотна (міцності на розтяг при згині монолітних шарів, середнього модуля пружності т.п.).

Таблиця 3 – Розкид значень параметрів після влаштування асфальтобетонного покриття
Table 3 – Variation of values of parameters after the device of an asphalt concrete pavement

Параметр	Значення		Стандарт		Коеф. варіації	
	мін	макс	мін	макс	мін	макс
Вміст бітуму, %	4,5	7,2	0,11	0,3	2,6	4,3
Вміст пор, %	3	10	0,65	1,6	21,7	16,0
Вміст мін. порошку, %	5	16	0,45	1,1	7,0	9,0
Вміст піску, %	24	36	1,65	4	7,0	11,1
Товщина шару, см	5	15	0,5	1,80	10,0	12,0

II) На основі операційного контролю виконання робіт і складання акту прихованих робіт визначаються фактично досягнуті коефіцієнти варіації, з врахуванням яких після влаштування пакету шарів основи проектною організацією в ході авторського нагляду проводиться перерахунок коефіцієнтів запасу міцності шарів покриття і основи.

III) На підставі перерахунку конструкції дорожнього одягу з отриманими коефіцієнтами запасу міцності за критеріями граничного стану проводиться розрахунок нової товщини шарів покриття і узгоджується можливість зниження нижніх шарів покриття без зміни договірної ціни будівництва. При цьому підрядчик повинен узяти на себе певні зобов'язання по збільшенню гарантійного терміну.

IV) У випадках отримання вищих коефіцієнтів варіації і необхідних коефіцієнтів запасу міцності фактична товщина нижніх шарів покриття повинна бути збільшена проти проектною без зміни договірної ціни, за рахунок коштів замовника.

V) Підрядник бере на себе зобов'язання утримувати автомобільну дорогу в визначеному транспортно-експлуатаційному стані протягом встановленого гарантійного терміну служби. Для можливості виправлення дефектів та руйнувань впродовж гарантійного терміну встановлюється стабілізаційний фонд в установленому розмірі. При неякісному виконанні робіт з підрядника стягується штраф у розмірі витрат на майбутні передчасні ремонти з врахуванням майбутньої ціни матеріалів та вартості будівництва. За якісне будівництво, при досягненні міцності та однорідності вище існуючих на сьогоднішній день нормативів та допусків, підряднику виплачується премія в розмірі майбутньої економії на ремонтах покриття.

Висновки

1. Проведений аналіз однорідності бітуму, зернового складу та властивостей асфальтобетону, вказує на необхідність уточнення нормативних показників з врахуванням реальних середніх значень та неоднорідності при розробці технічних умов.

2. Для досягнення нормативних значень загальної однорідності за прийнятими критеріями граничного стану необхідно строго дотримуватися однорідності фізико-механічних характеристик матеріалів шарів дорожнього одягу, розходу матеріалів, геометричних параметрів та технологічних факторів при приготуванні сумішей та влаштуванні покриттів.

3. Наведені формули дозволяють враховувати якість будівництва безпосередньо при розрахунку конструкції дорожнього одягу і прогнозуванні її строку служби.

Перелік посилань

1. Deacon, J. A., C.L. Monismith, and J. T. Harvey. Pay Factors for Asphalt-Concrete Construction: Effect of Construction Quality on Agency Costs. TM-UCB-CAL/APT-97-1. Pavement Research Center, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, 47 pp., April 1997.
2. Mensching DJ, Myers McCarthy L, Mehta Y, Byrne M (2013) Modeling flexible pavement overlay performance for use with quality-related specifications. Constr Build Mater 48:1072–1080.
3. NCHRP (2009) Report 626: NDT Technology for Quality Assurance of HMA Pavement Construction. Transportation Research Board, Washington D.C.
4. NCHRP (2011) Report 704: A Performance-Related Specification for Hot-Mixed Asphalt. Transportation Research Board, Washington D.C.
5. Praticò F. G., Casciano A. Variability of HMA characteristics and its influence on pay adjustment. // Journal of Civil Engineering and Management. - 2015 Volume 21(1). – P. 119–130.
6. Warsame A (2013) Framework for Quality Improvement of Infrastructure Projects. J Civil Eng Archit 7(12)

(Serial No. 73):1529–1539.

7. Ржаницын А.Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность.- М.: Стройиздат, 1978. — 239с.

8. Болотин В.В. Методы теории вероятностей и теории надежности в расчетах сооружений. - М.: Стройиздат, 1982. — 351с.

9. Гамеляк І.П. Забезпечення надійності конструкцій дорожнього одягу. Дис. ... д.т.н., Київ. - НТУ, 2008.

10. Радовский Б.С. Автомобильные дороги. Материалы VI - конгресса Евробитум. - 1994.

TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF ASPHALT CONCRETE LAYERS OF ROAD CLOTHING

Gameliak Ihor P., Dr. Tech. Sci., Professor, National Transport University, Head of Airports Department, e-mail: gip65n@gmail.com, тел. +380503524124. <https://orcid.org/0000-0001-9246-7561>

Koval Tetiana I., engineer, designer of the bridges department of LLC «Engineering Company «Highway», e-mail: tetianakoval412@gmail.com, +380969344303. <https://orcid.org/0000-0001-7063-6512>

Abstract. The object of study is the heterogeneity in the arrangement of asphalt concrete layers of road pavement.

The purpose of the work is to develop a method for evaluating the technological reliability of the arrangement of asphalt pavement taking into account the heterogeneity of the factors of influence.

The research method is the collection of technological parameters data in the arrangement of asphalt concrete layers and statistical data analysis.

To solve this goal, a mathematical model of the arrangement of the asphalt pavement with the stochastic nature of the construction process is proposed.

The article analyses the homogeneity of bitumen, grain composition of mixtures and properties of asphalt concrete, which points to the need to clarify the normative indicators, taking into account the real average values and heterogeneity in the development of technical conditions.

To establish the heterogeneity of the bearing capacity (strength and rigidity), the data of direct observations and experimental measurements of process parameters, changes in the composition and properties of materials of layers of road pavement, which were determined in the process of preparation of mixtures and arrangement of layers, were obtained.

These formulas allow to take into account the quality of construction directly when calculating the design of road pavements and forecasting its service life.

The results of the article should be used later in the arrangement of road pavements made of asphalt concrete layers and the analysis of their reliability.

Estimated assumptions for the development of the object of study - to increase the reliability of road structures and reduce the coefficients of stock taking into account the real heterogeneity and quality control of the arrangement of asphalt pavements.

Keywords: asphalt concrete layers, reliability, coefficient of variation, technology of construction.

References

1. Deacon, J. A., C.L. Monismith, and J. T. Harvey. Pay Factors for Asphalt-Concrete Construction: Effect of Construction Quality on Agency Costs. TM-UCB-CAL/APT-97-1. Pavement Research Center, Institute of Transportation Studies, University of California, Berkeley, 47 pp., April 1997.

2. Mensching DJ, Myers McCarthy L, Mehta Y, Byrne M (2013) Modeling flexible pavement overlay performance for use with quality-related specifications. Constr Build Mater 48:1072–1080.

3. NCHRP (2009) Report 626: NDT Technology for Quality Assurance of HMA Pavement Construction. Transportation Research Board, Washington D.C.

4. NCHRP (2011) Report 704: A Performance-Related Specification for Hot-Mixed Asphalt. Transportation Research Board, Washington D.C.

5. Praticò F. G., Casciano A. Variability of HMA characteristics and its influence on pay adjustment. // Journal of Civil Engineering and Management. - 2015 Volume 21(1). – P. 119–130.

6. Warsame A (2013) Framework for Quality Improvement of Infrastructure Projects. J Civil Eng Archit 7(12) (Serial No. 73):1529–1539.

7. Rzhаницы́н А.Р. Теори́я расче́та строите́льн'ы́х констру́кци́й на наде́жность.- М.: Стройиздат, 1978. — 239С.

8. Bolotin V.V. Metody` teorii veroyatnostej i teorii nadezhnosti v raschetakh sooruzhenij. - М.: Strojizdat, 1982. — 351S.

9. Gameliak I`P. Zabezpechennya nadi`jnosti` konstrukci`j dorozhn`ogo odyagu. DIS. ... DOCT. TECH. S., Kiyiv. - NTU, 2008.

10. Radovskij B.S. Avtomobil`ny`e dorogi. Materialy` VI - Kongressa yevrobitum. – 1994.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ТЕРМИНОЛОГИИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЛОГИИ

(Часть 3)

PROPOSALS FOR IMPROVING OF TRANSPORT SYSTEMOLOGICAL TERMINOLOGY (PART 3)

	Петрашевський Олег Львович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, кафедра аеропортів, професор, olp47@ukr.net, +380996092476, orcid.org/0000-0001-7909-6057 Petrashevskiy Oleh Lvovych, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Department of Airports, Professor, olp47@ukr.net, +380996092476, orcid.org/0000-0001-7909-6057
	Popelish Ivan Ivanovich, Ph.D., Associate Professor, National Transport University, Department of Airports, Associate Professor, I_I_P@ukr.net, +380668827221, orcid.org/0000-0003-3358-6565 Попелиш Іван Іванович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра аеропортів, доцент, I_I_P@ukr.net, +380668827221, orcid.org/0000-0003-1485-2717
	Koritchuk Sergey Aleksandrovich, National Transport University, Department of Airports, Assistant, K.s2501@ukr.net, +380938133430, orcid.org/0000-0003-1485-2717 Корітчук Сергій Олександрович, Національний транспортний університет, кафедра аеропортів, асистент, K.s2501@ukr.net, +380938133430, orcid.org/0000-0001-5100-873X
	Aliexsieienko Oleksandr Valeriiovych, National transport university, Department of Airports, senior lecturer; e-mail: alexaliefsieienko@gmail.com, тел. +380636039903; id ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3796-9929 Алексєєнко Олександр Валерійович, Національний транспортний університет, кафедра аеропортів, старший викладач, e-mail: alexaliefsieienko@gmail.com, +380636039903, id ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3796-9929

Аннотация. Подход к сложным транспортным системам исходя из транспортной системологии позволяет рассматривать систему доставки грузов как совокупность ряда подсистем взаимосвязанных друг с другом. Кроме внутренних процессов, за выполнение которых в надлежащем виде данные подсистемы отвечают в полной мере, они взаимодействуют между собой, в основном на уровне потоков информационных элементов. Этот основополагающий тезис положен в основу информационного обеспечения процессов управления доставки грузов, базирующихся на работах системного подхода к разнообразным транспортным проблемам, которые вызваны необходимостью решения их на базе современного терминологического аппарата.

Ключевые слова. Системология, система управления доставки грузов, техническое средство доставки грузов, интеллектуальное информационное обеспечение доставки грузов.

Постановка проблемы. Современные транспортные задачи, в основном заключаются в доставке грузов, должны базироваться на соответствующей лингвистической основе, использующей адекватную терминологию. Широко используемые термины создавались 40-50 лет тому назад и естественно, что они не соответствуют многим сегодняшним факторам и понятиям транспортной инфраструктуры. Проблема создания и формирования современной транспортной терминологической системы заключается в нежелании и неумении многих специалистов по транспорту включаться в сферу

терминологических отношений особенно при мультимодальных способах перевозки пассажиров, грузов, пассажиров с грузами. Однако это не отвечает полному бездействию в данной области. Основная задача заключается в разработке терминов и определений отображающих современное состояние транспорта, которые послужат основой для широкого обсуждения и выработки рекомендаций к построению терминологического основания транспортной инфраструктуры.

Основной материал. Система управления доставки грузов (ДГ) является сложной организационно-технической системой, которая включает в себя область предметной деятельности управления процессами ДГ как в рамках Украины, как державы, так и ее за рубежами. Особенно тщательно за рубежом отслеживают организационные и технические поведение подвижных транспортных комплексов, включающих триаду: водитель (на уровне автомобильного транспорта) – груз, подлежащий доставке – автомобиль, как техническое средство доставки грузов (ВГА). В данный момент складывается несколько факторов, повышающих безопасность и регулярность ДГ [1]:

- обеспечение безопасности транспортной работы, осуществляемой ВГА;
- защита собственного производителя транспортной работы, особенно в Польше, Венгрии и других восточноевропейских странах;
- защита рынка предложений и потребителей транспортной работы от «незваных» перевозчиков грузов и др.

Будем считать основной заботой наших перевозчиков 1-фактор – обеспечение безопасности движения передвижных транспортных комплексов ВГА. Этот момент не устраняет задачу установления и управления процессами доставки грузов даже при соблюдении безопасности комплексов ВГА. Возникает типичная задача логистики: при соблюдении допустимых рисков обеспечить доставку груза по месту назначения «точно в срок». Следовательно, надо рассматривать весь список факторов и причин которые способствуют/не способствуют выполнению этой задачи – то есть надо анализировать область предметной деятельности процессов доставки грузов. Дадим полное понимание этого аспекта ПДГ.

Нумерация определений будет сквозной для различных частей и статей, посвященных терминологии транспортной системологии.

Определение 23. Область предметной деятельности (ОПД) управления процессами доставки грузов – является деятельность в среде организационно-технической системы, которая представляет собой совокупность подвижных объектов, материально-технических средств и ресурсов, находящихся в системном взаимодействии между собой в соответствии с управлением процессами доставки грузов, осуществляемыми на основе информационного обеспечения с целью выполнения требуемого объема доставки груза при установленных уровнях критериев эффективности.

Итак, рассмотрим систему организационно-технического управления доставки грузов под которой понимается следующее определение.

Определение 24. Система организационно-технического управления ПДГ – это системно оформленное взаимодействие подсистем транспортно-логистической работы, производственно-диспетчерского обеспечения, контрольно-надзорного мониторинга ПДГ, нормативно-правового и законодательного обеспечения на основе результатов научно-методологического исследований и программ учебно-квалификационной подготовки специалистов, а также подсистемы информационного обеспечения.

Рассмотрим отдельно организационные и технические стороны, составляющие систему, исходя из основных задач, стоящих перед ними [2].

Определение 25. Организация управления ПДГ – это система, состоящая из совокупности элементов материального и нематериального происхождения, взаимосвязанных процессуальными отношениями различного характера.

Определение 26. Техническое управление ПДГ – это система, состоящая из совокупности элементов технического и материального характера, осуществляющих заданное временное и пространственное перемещение подвижного транспортного комплекса «водитель-груз-автомобиль».

Так как система ДГ, в интерпретации современной системологии состоит из семи подсистем, то определим их формально [3,4].

Определение 27. Подсистема транспортно-логистических работ по ДГ – системно оформленное физическое, электромеханическое и информационное взаимодействие операторов, подвижных средств, дорог (трасс), среды, других участников процессов ДГ.

В транспортно-логистической подсистеме реализуется непосредственная работа по пространственному и временному перемещению грузов при влиянии внутренних и внешних стабилизирующих / дестабилизирующих факторов процессов ДГ.

Реальные показатели функционирования ПДГ формируются за счет фактических процессов доставки грузов, положенных на ось времени. Данная подсистема работает в тесном взаимодействии с производственно-диспетчерским обеспечением, контролируется государственными структурами, руководствуясь полученными знаниями в рамках учебно-квалификационных программ подготовки специалистов по ДГ на основе информации, формируемой в этих подсистемах.

Определение 28. Подсистема производственно-диспетчерского обеспечения ПДГ – это системно оформленная комплексная оценка психофизиологических показателей состояния операторов, материально-технической подготовки подвижных транспортных средств, с целью транспортной доставки груза потребителю, сценариев ДГ, диспетчерского мониторинга процессов доставки груза, оценки технического состояния транспортных средств, находящихся на значительном удалении от постоянных баз расположения.

Функционально подсистема предполагает усиленный информационный контроль за пространственным расположением транспортных средств с помощью навигационных сигналов, получаемых с приемников GPS/ГЛОНАСС/Gallileo, информационно-аналитическую оценку и техническую диагностику определяющих систем транспортных средств и организацию обратной связи между информационно-аналитическим центром (ИАЦ) и оператором при необходимости реализовывать управляющие воздействия и / или изменения маршрута ДГ. Подсистема работает непосредственно с подсистемой транспортно-логистических работ, являющейся объектом контроля и надзора под реализацией ПДГ, руководствуясь законодательной и нормативно-правовой базой процесса доставки груза и текущей информацией от подвижных транспортных средств, осуществляющих ДГ.

Определение 29. Подсистема государственного контрольно-надзорного мониторинга реализации ПДГ – системно оформленное взаимодействие непрерывного слежения (мониторинга) за процессами ДГ, а также периодический и выборочный контроль всех аспектов ДГ с целью соблюдения требований государственных законодательных и нормативно-правовых актов ПДГ, эффективности процессов эксплуатации подвижного состава транспорта, возложенного на предприятия и организации независимо от форм собственности, и на операторов ДГ.

На подсистему государственного контрольно-надзорного мониторинга ложатся также расследования причин дорожно-транспортного происшествия, а также негативных факторов, препятствующих сценарному развитию процессов доставки грузов. Подсистема взаимодействует с подсистемами транспортно-логистических работ, производственно-диспетчерского, нормативно-правового обеспечения на основе входных, внутренних и выходящих информационных потоков.

Определение 30. Подсистема нормативно-правового обеспечения деятельности операторов ДГ и формально-процедурных вопросов взаимодействия субъектов и объектов процессов доставки груза – системно оформленная совместная работа нормативно-правовых подзаконных актов регулирования процессов доставки груза, категорий ПДГ и инфраструктурных элементов.

Данная подсистема обязана анализировать необходимость введения недостающих нормативных и правовых актов по вопросам регулировки процессов доставки грузов, обеспечения безопасности движения операторов и подвижных транспортных средств, сохранности перевозимых грузов и условия включения в процессы ДГ других участников этих действий. Рассматриваемая подсистема взаимодействует с подсистемами производственно-диспетчерского и законодательного обеспечения, государственного контрольно-надзорного мониторинга и учебно-квалификационных программ подготовки специалистов ДГ на основе информационного обеспечения этих подсистем.

Определение 31. Подсистема законодательной базы осуществления процессов доставки груза – системно оформленное взаимодействие законов и законодательных актов Украины, а также международных документов, принятых Верховной Радой Украины в качестве руководящих материалов при регулировании и реализации процессов доставки грузов в пределах и за пределами Украины.

Эта подсистема должна анализировать проблемные ситуации ПДГ, которые возникают из-за отсутствия соответствующих законодательных актов, формирование и редактирование проектов законов, принятие их Верховной Радой Украины. Подсистема законодательной базы функционально связана с подсистемой нормативно-правового обеспечения операторов ДГ на основе информационного обеспечения данных подсистем.

Определение 32. Подсистема научно-методологических основ и учебно-квалификационных программ подготовки специалистов по ДГ – системно оформленное взаимодействие транспортных научно-прикладных исследований, взаимодействия факторов и причин негативного дорожного движения, результатов этих исследований методически исполненных для руководства практическими действиями по управлению ДГ в совокупности с процессами обучения, повышения квалификации и аттестации всего личного состава предприятий участвующих в ПДГ, а также специалистов государственных органов регулирования и контроля над эксплуатацией средств транспорта.

Эта подсистема взаимодействует практически со всеми подсистемами системы доставки грузов, как правило, на информационном уровне.

Определение 33. Подсистема информационного обеспечения системы доставки грузов – оперирует с информационными носителями, пребывающих в них семантическими элементами информации о случаях и состояниях процессов эксплуатации подвижных транспортных средств, процессов доставки груза с целью получения достоверной, полной, однородной и непрерывной информации о событиях ПДГ, а также реализации оперативности и экономичности информационного обеспечения работы системы доставки груза по назначению.

Подсистема информационного обеспечения является источником практически любой информации о фактических и плановых событиях ПДГ, начиная с данных о перевозимых грузах, оценки социологических и технических субъектов и объектов транспортных предприятий и организаций, а также транспортной инфраструктуры. По сути дела, каждая подсистема имеет блок формирования, хранения и выдачи информации по тем данным, которые синтезируются в данной подсистеме. Подсистема информационного обеспечения работает на каждую из шести подсистем и систему ДГ в целом. Процессуальные отношения в системе ДГ выделяются по четырем направлениям: материальные, информационные, ресурсные и финансовые. В первую очередь нас интересует процесс материального характера, положенный на временную ось. С учетом того, что надо не только контролировать ход событий и состояний, как груза, так и транспортного средства, но и управлять ими, то необходимость в информации актуальна как никогда. Без представительной (репрезентативной) информации управление процессами не возможно. Поэтому будем выделять два процесса – материальный и информационный. Материальный процесс состоит из перемещений транспортного средства и груза, событий планового и непланового характера (спонтанных событий, состояние груза, которое меняется, как правило, после наступления событий).

Таким образом, мы лишний раз подтвердили аксиому: без информационного обеспечения невозможно управление. Поэтому весь терминологический ряд, помещенный в эту часть общей статьи, в которой приводится вариант современной терминологической системы транспортной системологии, будет направлен на решение основной задачи – конкретизации системы терминов информационного обеспечения мониторинга процесса доставки груза.

Информационные процессы определяются качественными и количественными возможностями информации и информационного обеспечения в целом, как подсистемы системы ДГ, поэтому закономерно перенести требование репрезентативности ReprIS и на информационное обеспечение в целом. Относительно ресурсного и финансового обеспечения систем эти процессы полностью соответствуют запросам, которые возникают при ДГ. Таким образом, информационное обеспечение (ИО) является необходимым и достаточным фактором системного управления. К исходной информации исследуемой для управления функционированием сложных транспортных систем, чаще всего предъявляют требования по следующим критериям: достоверность, полнота, однородность и непрерывность информации, оперативность и экономичность информационного обеспечения. В совокупности перечисленные критерии определяют представительность (репрезентативность) информационного обеспечения, как технологического процесса. Для каждой из ситуаций следуют свои приемлемые интервальные значения

критериев. Проблема заключается в том, что первичные данные, на основе которых создается информационная база, описывающая состояние транспортной системы, являются неопределенными в смысле ситуаций формирования семантики сообщений. Присутствуют при этом как объективные, так и субъективные факторы возникновения ошибок, неточностей, иносказаний. Добавляют неопределенности также широкое применение специфических, профессиональных ненормированных терминов, то есть профессионального жаргона (сленга). Перечисленные факторы дают значительный разброс численных значений критериев информации и информационного обеспечения (от единицы до нуля), что не способствует эффективности управления транспортными процессами.

Технологически данный факт можно существенно уменьшить если применять обработку первичных данных используя математический аппарат нечеткой логики (теории возможностей). Это адекватно требованию по созданию интеллектуального информационного обеспечения процедур принятия решений при управлении функционированием транспортных систем на основе доменов без знаний соответствующих ситуациям процессов доставки пассажиров и грузов по назначению.

В зависимости от вида управления информационное обеспечение процесса может иметь системную парадигму в виде:

- оповещающего информационного обеспечения, архетип управления II – «жесткое» управление системой на основе обратной связи;
- обслуживающего ИО, архетип управления III – адаптивное управление системой;
- советуемое информационное обеспечение, архетипы управления IV и V, оптимальное и рефлексивное управление с использованием доменов и баз знаний.

Однозначное определение термина «подсистема информационного обеспечения системы ДГ» в терминах ПДГ, дано определение 33 данной статьи. Пользуясь постулатом системного подхода к анализу и синтезу подсистему сложной системы, можно рассматривать как самостоятельную структуру сложной организационно-технической системы, то есть будем говорить, как о системе информационного обеспечения (СИО). О необходимости иметь информацию о ПДГ, мы уже говорили, причем информацию следует иметь количественно и качественно представительную (репрезентативную). В перспективе будем рассматривать управление системой ДГ V архетипа – рефлексивное управление. Но для того, чтобы иметь управление этого архетипа следует иметь интеллектуальное информационное обеспечение (ИИО) обладающее соответственной базой знаний, реализованной на основе нечеткой логики. Перед тем, как это сделать, следует различать исследовательские аспекты разработки, внедрения и эксплуатации системы ИИО. Дадим их термины и соответствующие определения, связанные процессуально с ПДГ.

Определение 34. Система информационного обеспечения – представляет собой совокупность информационных носителей и находящихся в них семантических элементов информации об объективных и субъективных характеристиках состояния и событиях ПДГ, а также методов, средств и процессов их формирования, передачи, сбора, обработки, хранения и выдачи.

Определение 35. Под интеллектуализацией информационного обеспечения управления ПДГ понимается процесс синтеза, автоматизированного ПО и ряда экспертных систем (по отдельным предметным областям ПДГ) в комплексе работающих во взаимодействии с персоналом с целью усиления их интеллектуальных возможностей.

Определение 36. Концепция интеллектуализации информационного обеспечения управления ПДГ представляет собой систему требований и принципов, определяющих содержание, направление и методы теоретической и практической деятельности по интеллектуализации информационного обеспечения системы доставки груза.

Определение 37. Концепция разработки вариантов интеллектуального информационного обеспечения представляет собой систему ведущих замыслов и конструктивных принципов проектирования системы информатизации эксплуатации подвижных транспортных средств и их компонентов.

Определение 38. Концепция исследования путей и методов интеллектуализации информационного обеспечения представляют собой систему эмпирических, непротиворечивых руководящих научных идей и методов анализа и синтеза эффективной системы интеллектуального информационного обеспечения.

Определение 39. Концепция создания интеллектуального информационного обеспечения включает в себя требования к процессуальным характеристикам создания эффективного ИИО, к аппаратным и программным средствам системы и принципы, на основе которых реализуются эти требования.

Определение 40. Концепция внедрения интеллектуального информационного обеспечения доставки грузов состоит из комплекса требований и принципов апробации и адаптации методов, и средств реализации ИИО, а также создания и корректировки технической, технологической и организационной документации, необходимой для широкой эксплуатации систем.

Определение 41. Концепция эксплуатации ИИО ДГ представляет собой совокупность правил, методов и ограничений технологического и экономического использования системы ИИО и средств обеспечения их функционирования.

Определение 42. Концепция модернизации ИИО составляет комплекс требований и принципов усовершенствования систем, отвечающих изменению задач информационной поддержки управления ДГ и современным требованиям к аппаратно-программной реализации интеллектуального информационного обеспечения процессами доставки грузов.

Таким образом даны концептуальные основы транспортной системологии интеллектуализации информационного обеспечения процессов доставки грузов. Прежде чем принимать их в качестве терминов и определений следует многосторонне обсудить предполагаемые формулировки и, при необходимости, внести корректировки в текст определений.

Выводы. Термины и определения, представленные в этой статье (все три статьи под одним названием, различаются только частями), являются основополагающими для разработки, исследования, внедрения, эксплуатации, модернизации интеллектуального информационного обеспечения. Данный факт является весьма важным для идеологии интеллектуализации информационного обеспечения сложных организационно-технических транспортных систем. Во второй статье [4] показано (рис.2), что разработка и внедрение экспертных систем позволит автоматизировать составление сценариев доставки грузов. Но без терминологических предпосылок идеологии интеллектуализации информационного обеспечения системы ДГ сделать это не возможно. Прежде чем создавать экспертные системы на базе нечеткой логики следует решить ряд вопросов, связанных с анализом и синтезом информационных систем, созданием доменов и баз знаний, оценкой проблемных ситуаций процессов доставки грузов.

Литература:

1. Рунэ Эльвик, Аннэ Боргер Мюсен, Трюле Во. Справочник по безопасности дорожного движения / Пер. с нор. // Под редакцией проф. В.В. Сильянова. – М.: МАДИ(ГТУ), 2001. – 754 с.
2. Гибсон Дж, Шанцевич Д., Донелли Д. Организация: поведение, структура, процессы: пер. с англ. – М.: ИНФРА – М, 2000.
3. Мильнер Б.З. Теория организации: учебник. – М.: ИНФРА - М, 2000.
4. Петрашевський О.Л. Пропозиції удосконалення термінологічної системи транспортної систематології (частина 2) / О.Л. Петрашевський // НТЗ НТУ «Автомобільні дороги і дорожнє будівництво». – Київ, вип. 100. – с. 239-249.

PROPOSALS FOR IMPROVING OF TRANSPORT SYSTEMOLOGICAL TERMINOLOGY (Part 3)

Petrashevskiy Oleh Lvovych, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Department of Airports, Professor, olp47@ukr.net, +380996092476, id ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7909-6057>.

Popelish Ivan Ivanovich, Ph.D., Associate Professor, National Transport University, Department of Airports, Associate Professor; e-mai: i_i_p@ukr.net, тел.: +380668827221; id ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3358-6565>.

Aliksieienko Oleksandr Valeriiovych, National transport university, Department of Airports, senior lecturer; e-mail: alexaliexsieienko@gmail.com, тел. +380636039903; id ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3796-9929>.

Koritchuk Sergey Oleksandrovich, National Transport University, Department of Airports, Assistant, k.s2501@ukr.net, +380938133430; id ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5100-873X>.

Summary: An approach to complex transport systems based on transport systemology allows us to consider the cargo delivery system as a set of a number of subsystems interconnected with each other. In addition to internal processes, for the implementation of which these subsystems are fully responsible for in the proper form, they interact with each other, mainly at the level of flows of information elements. This fundamental thesis forms the basis for information support of cargo delivery management processes based on the work of a systematic approach to various transport problems, which are caused by the need to solve them on the basis of modern terminological apparatus.

Keywords. Systemology, cargo delivery control system, technical means of cargo delivery, intelligent information support for cargo delivery.

References

1. Rune Elvyk, Anne Borher Miusen Triule Vo. Spravochnyk Po Bezopasnosty Dorozhnoho Dvyzhenyia / Per. S Nor. // Pod Redaktsyei Prof. V.V. Sylianova - M.MADY(HTU), 2001. – 754 с.
2. Hybson Dzh, Shantsevykh D., Donelly D. Orhanyzatsyia:- Povedenye Struktura, Protsessy: Per. S Anhl. – M.: YNFRA – M, 2000.
3. Mylner B.Z. Teoryia Orhanyzatsyy: Uchebnyk. – M. YNFRA – M, 2000.
4. Petrashevskiy O.L. Propozytsii z Udoskonalennia Terminolohichnoi Systemy Transportnoi Systematolohii (Chastyna 2) / O.L. Petrashevskiy // NTZ NTU «Avtomobilni Dorohy I Dorozhnie Budivnytstvo» – Kyiv, Vyp. 100. – S. 239-249.

EXPERIMENTAL METHOD OF DETERMINATION OF RUTTING FIRMNESS OF ASPHALT PAVEMENTS ON BRIDGES

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ДО РУЙНУВАННЯ АС-ФАЛЬТОБЕТОННИХ ПОКРИТТІВ НА МОСТАХ



Onyshchenko Artur Mykolayovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Head of the department of Bridges and tunnels, e-mail: artur_onish@bigmir.net, tel.: +380687771899, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovicha – Pavlenko str., 1,

<http://orcid.org/0000-0002-1040-4530>

Abstract This article deals with methods by which it is possible to control quality on providing rutting firmness of asphalt pavements on bridges. It includes chart of loading from wheel of transport vehicle at braking. The purpose of this research was a comparative estimation of rutting firmness of bituminous concretes of different grain-size types. For research were used fine-grain bituminous concretes of types A and B, and also SMA with maximal largeness of chips of 10mm. It is revealed, that with an increase of gravel content in structure of bituminous concretes their stability to accumulation of residual plastic deformations in the form of rutting raises. Results which are received during test, provide possibility to select structure of bituminous concretes mixtures at design of bituminous concretes pavements with advanced stability to accumulation of residual deformations.

Keywords: Bituminous concretes, rutting firmness, procedure of assessment, procedure of testing, rutting depth, strength of adherence depending on quantity of tack coat.

Urgency of a problem. Rutting firmness of bituminous concrete is one of the important factors of pavement quality. In recent years, both in Ukraine and abroad there is problem of insufficient rutting firmness of bituminous concrete pavements on bridges at high summer temperature with formation of rutting, slides and lapping. It also leads to frequent repairs and occurrence traffic jams, reduces traffic capacity, increases net cost of transportations and leads to significant economic losses. Increasing rutting firmness of bituminous concrete pavements on bridges, until recently, was mainly achieved through use of multi- and medium gravel asphalt (grading types A and B). However, the effect of increasing, which is provided by the mineral skeleton of asphalt concrete, was insufficient to address the problem of accumulation of harmful sliding deformation of asphalt concrete pavements. Alternative decisions for increase of rutting firmness of bituminous concrete is modification of bitumen by polymers which are able simultaneously to promote deformability at low temperatures and to promote cohesive durability at high temperatures, that is instrumental in the increase of slide firmness of bituminous concrete [Ahmedzade *et al.* 2007, Mozgoviy *et al.* 2010, Onischenko *et al.* 2010, Sharma *et al.* 2011, Zolotarev *et al.* 2012]. At high temperatures module of resiliency of bituminous concrete goes down substantially, and module of resiliency of cement concrete grounds practically does not change, that results in concentration of tensions and considerable horizontal deformations. Our concern is providing quality of asphalt pavement, which means decisions and actions directed at sustention of quality, its increase both through standardization of requirements to it and through high level of process of mixture production. Already during preparation of bituminous concrete mixture it is needed to facilitate it with properties and descriptions which would satisfy certain requirements. To achieve this and number of other aims, it is necessary to apply methods of rutting firmness estimation of bituminous concrete, which allow maximally exact measuring sensitiveness of bituminous concrete to the accumulation of remaining deformations and its presentation in figures [Ahmedzade *et al.* 2007, Mozgoviy *et al.* 2010, Onischenko *et al.* 2009, Zolotarev *et al.* 2012, Sivapatham *et al.* 2012].

The purpose of the research is development of methods by which it is possible to control quality on providing rutting firmness of asphalt pavements on bridges.

1. Method of estimation of adherence of asphalt pavement on bridges.

This method consists in determination of cohesive strengths of adherence of hydraulic insulating materials (coupling track coat between layers, namely: bituminous emulsion; emulsion modified with polymers; bituminous astringent; bitumen modified with polymers and other) with asphalt pavement on cement concrete plates at action of horizontal and vertical efforts. Using assessment methodology adhesion of asphalt pavement on cement foundations of bridges we can model effect of external pressure on asphalt pavement when vehicle braking. Braking model scheme is shown in (Fig. 1.)

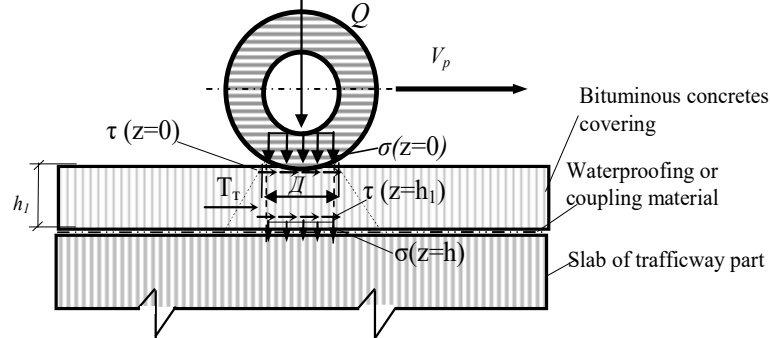


Figure 1 – The diagram of action of forces from wheel of vehicle at its braking: Q – vertical effort which creates a vehicle; T_T – tangent effort on contact of layers from action of vehicles

Рисунок 1 – Діаграма дії сил від колеса транспортного засобу при його гальмуванні: Q - вертикальне зусилля, яке створює транспортний засіб; T_T - дотичне зусилля при контакті шарів від дії транспортних засобів

For providing of rutting firmness of asphalt pavements on cement concrete plates, it is necessary that the condition of durability was exercised:

$$[\tau] > \tau_{\max} \quad (1)$$

where:

$[\tau]$ – estimated allowable limit shear tension between asphalt + track coat + asphalt concrete pavement $[\tau] = \sigma \cdot f + c$ - for corresponding modes of loading we calculate values of estimated admissible limit tangent pressure between bituminous concrete+track coat+cement concrete covering; σ – normal pressure, MPa; f – factor of friction; c – specific adherence;

$\tau_{\max}$ – horizontal tangent pressure operating from loading on border between asphalt concrete covering and cement concrete.

2. Method of testing stability to accumulation of remaining deformations in bituminous concrete layers, built on cement concrete plate.

In connection with above mentioned arguments, method of estimation of thermostability of bituminous concrete, which is based on Hamburg method with certain improvements and consists in rutting testing of bituminous concrete sample which is laid on cement concrete basis. The sample test at various elevated temperatures as result of the cyclic appendix of various loads through a rigid metal wheel. That is, at test depth of a track in the sample is defined at various temperatures and loads as the basic component of parameter of resistance of accumulation of deformation under action repeated loads. Together with it, taking into account chart (pic. 1), resulted higher, allows to estimate influence of different expenses of coupling material on formation of track in a bituminous concrete, being on a cement concrete plate. On developed procedure test of quantity of cycles should be such that the sample did not enter a phase of destruction as in actual conditions works bituminous concrete covering on accumulation of plastic deformations. Just the same terms are met by 4 000 passage-ways of hard wheel [Ahmedzade *et al.* 2007, Mozgoviy *et al.* 2010, Onischenko *et al.* 2010, Sharma *et al.* 2011, Zolotarev *et al.* 2012].

Samples are done on modernized sectoral press [Ahmedzade *et al.* 2007, Mozgoviy *et al.* 2010, Onischenko *et al.* 2010, Sharma *et al.* 2011, Zolotarev *et al.* 2012], which imitates compression of mixture of bituminous concrete by middle and heavy asphalt compactors. Technology of preparation of samples consists in the following: depending on the temperature of preparation, metallic form is at first heated in drying closet,

then in heated metallic form we lay cement concrete plate on the surface of which optimum amount of track coat (adhesion material), defined in accordance with chart (Fig. 1), afterwards we load bituminous concrete mixture of necessary amount and necessary temperature and evenly distribute on length and carefully compact till compaction rate not less than 0.98. Upon compaction the form with bituminous concrete is cooled down to the temperature below $+60^{\circ}\text{C}$, the form is disassembled and sample is taken out. Tested sample can be used not earlier than a day after preparation. To determine optimal consumption of track coat for each type of asphalt between composition layers for maximum adhesion in shear, we use samples that are depicted in Fig. 2. Samples obtained by cutting them with asphalt cutter plates produced on sectoral press [Mozgoviy *et al.* 2010, Onischenko *et al.* 2010].

Method of testing bituminous concrete samples on stability to the accumulation of residual deformations execute on sectoral press, reconditioned so that in place of sector a hard metallic wheel and device for measuring of rutting depth is set (Fig.3) [Mozgoviy *et al.* 2010, Onischenko *et al.* 2010].

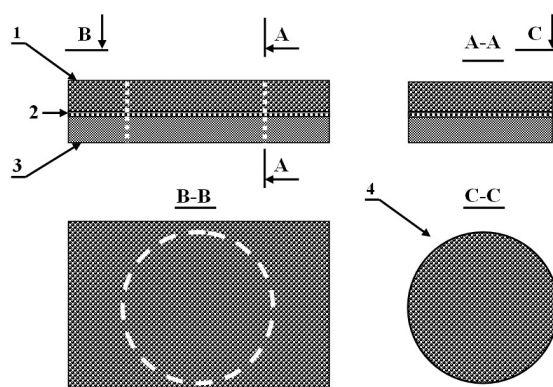


Figure 2 – Scheme of composition bituminous concrete + adhesion material + cement concrete plate: 1 bituminous concrete, 2 track coat (adhesive layer), 3 cement concrete (steel-concrete) plate, 4 a core (taken away for determination of influence of different amount of track coat for estimation of adhesion while slip in accordance with Fig.1).

Рисунок 2 – Схема складу бітумного бетону + адгезійний матеріал + цементобетонна плита: 1 бітумінозний бетон, 2 дорожні шари (клейовий шар), 3 цементобетонні (сталобетонні) плити, 4 серцевина (відібрана для визначення впливу різної кількості дорожнього покриття для оцінки адгезії під час ковзання відповідно до рис.1).

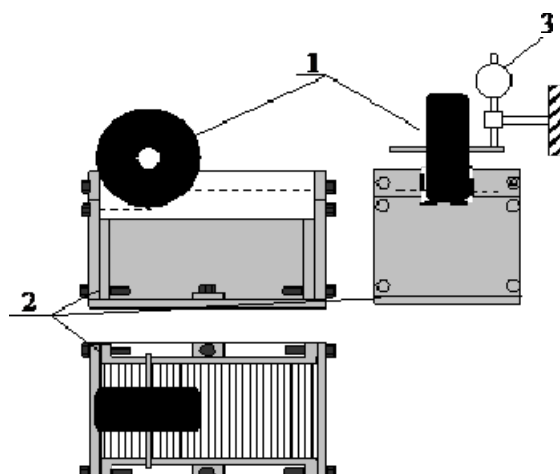


Figure 3 – Scheme of device for testing bituminous concrete on stability to the accumulation of residual deformations: 1 test wheel, 2 metallic form, 3 a sensor of deformations.

Рисунок 3 – Схема пристрою для випробування бітумного бетону на стійкість до накопичення залишкових деформацій: 1 пробне колесо, 2 металеві форми, 3 датчик деформацій.

The cyclic loading of sample of composition is carried out by test wheel at set loading Q and temperatures T . After implementation of the set amount of passages of N_k sectoral press is stopped and rutting depth w is measured. On the basis of achieved results, index of stability to accumulation of residual deformations of bituminous concrete on cement concrete plate is checked as a sum of areas under graphic dependences $w_{ij} = f(N)$:

$$S_w [w_{i,j}(N)] \leq [S_w], \quad (2)$$

Where $S_w = \sum_{k=1}^i \sum_{n=1}^j \int_0^{N_k} w_{i,j}(N) dN$ - the parameter of stability to accumulation of residual deformations, it

is established experimentally (procedure of $N_k = 5\,000$ cycles);

i - ordinal number of level of loading;

j - ordinal number of level of temperature of test;

$w_{ij}=f(N)$ - index of stability to accumulation of residual deformations of bituminous concrete, as a sum of areas under graphic dependences;

$[S_w]$ - maximum state equal to $35\,000\text{ mm}^2$. It is set by experimental researches for bituminous concretes tested at the temperature of $50\text{ }^\circ\text{C}$.

At a choice bituminous concrete on parameter of stability to accumulation of residual deformations, it is necessary to prefer that structure which has the least value S_w .

3. Results of tests

The purpose of this research was comparative estimation of rutting firmness of bituminous concretes of different grain-size types. Fine-grained bituminous concretes of types A and B were chosen for research, and also SMA with the maximal largeness of chips of 10 mm. Preparations of bituminous concrete mixtures executed with the use of oil road bitumen of mark of BND 60/90. Grading and indexes of physical and mechanical properties bituminous concretes answered the requirements of DSTU B V.2.7-119-2003, and also DSTU B V.2.7-127:2006.

The bituminous concrete chosen for research differed in physical and mechanical properties (table. 1).

Table 1 – Physical and mechanical properties of researched asphalt concrete

Таблиця 1 – Фізико-механічні властивості досліджуваного асфальтобетону

Parameter	Type of bituminous concrete		
	Type -A	Type -B	M MB
Average mixture density, g/sm^3	2.38	2.39	2.3 7
Water saturation, % for volume:	2.02	1.79	2.0 6
Compressive resistance, MPa, at temperature:			
20°C	4.2	4.52	3.5
50°C	1.42	1.51	9 1.3 9

On the first stage of researches we made samples of composition (pic. 2) on a sectoral press taking into account different amount of track coat between layers (cationic bituminous emulsion EKB NB-45k with rate: 0.3; 0.6; 0.9; 1.2 l/m^2), that allowed to define for every type of bituminous concrete the optimum rate of track coat between the layers of composition (Fig.2) for the maximal adhesion at displacement in accordance with Fig.1. The results of tests are shown in Fig. 4.

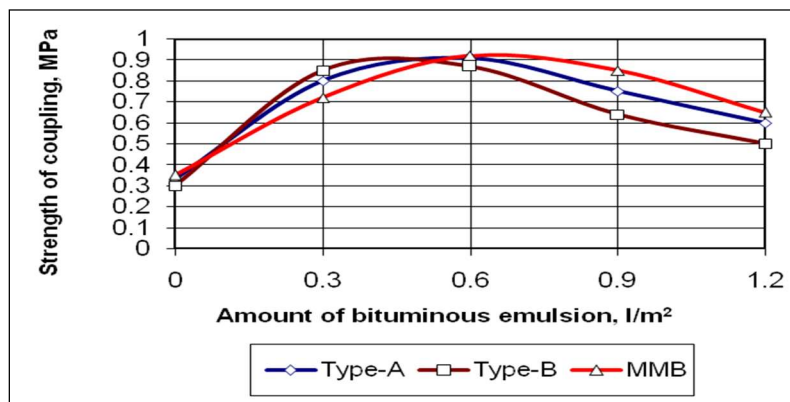


Figure 4 – Dependence of strength of adhesion on quantity of track coat

Рисунок 4 – Залежність сили зчеплення від кількості гусениці

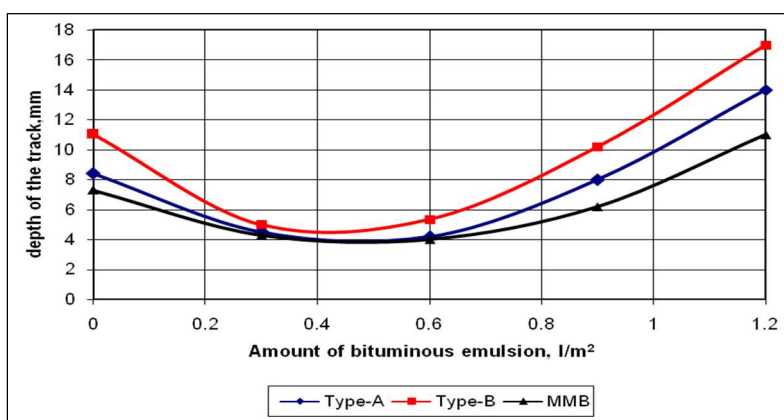


Figure 5 – Dependence of rutting depth on the amount of track coat in bituminous concretes of different grain-size types after 4 000 passages of wheel (at temperature of 60 °C)

Рисунок 5 – Залежність глибини руйнування від кількості гусеничного покриття в бітумних бетонах різних зернистих типів після 4000 проходів колеса (при температурі 60 °C)

Results of strength of adhesion on contact of layers at displacement (Fig. 4) compared types of bituminous concrete have shown, that optimum rate of track coat for bituminous concrete type A is: 0.4-0.6 l/m², type B 0.3-0.5 l/m²; for SMA 0.5-0.7 l/m².

Results of comparative experimental researches of stability bituminous concretes to accumulation of residual plastic deformations in form of rutting show, that with an increase of quantity of passages of a wheel rutting depth increases in all tested bituminous concretes. Apparently from Fig. 5.

Picture 6 shows that after 4 thousand passages of a wheel and at the maximal temperature of 60 °C rutting depth in tested bituminous concretes does not exceed 5 mm. Among specified bituminous concretes the least rutting depth is in SMA, and the highest depth is in type B.

From dependences shown in Fig. 5 it is obvious, that various quantity of track coat for all tested types of bituminous concretes leads to changes in rutting depth. Yielded results allow to define optimum rate of track coat between layers of composition sample (Fig. 2, 4), namely for type A 0.5 l/m², type B 0.4 l/m²; for SMA 0.6 l/m², that complies with received results (Fig. 4) on strength of adhesion from quantity track coat at displacement shown in scheme (Fig. 1). Also in this work we estimated influence of parameters of size of composition samples (Fig.5) on formation of rutting (Fig.6).

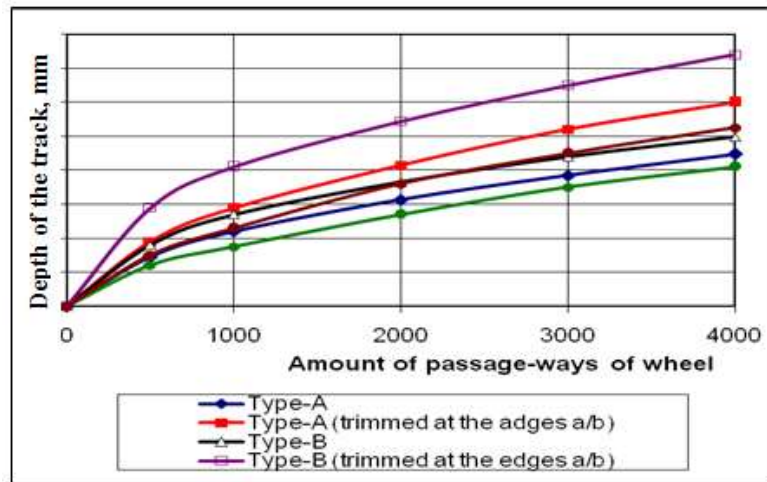


Figure 6 – Dependence of rutting depth from 4 000 passages of wheel in bituminous concretes of different grain-size types, and also cut bituminous concrete samples (pic. 6 a, b) of different grain-size types, built on cement concrete plate (at the temperature of 60 °C)

Рисунок 6 – Залежність глибини руйнування від 4000 проходів колеса в бітумних бетонах різних зернистих типів, а також зрізаних зразків бітумного бетону (рис. 6 а, б) різних зернистих типів, побудованих на цементно-бетонній плитці (при температурі 60 °C)

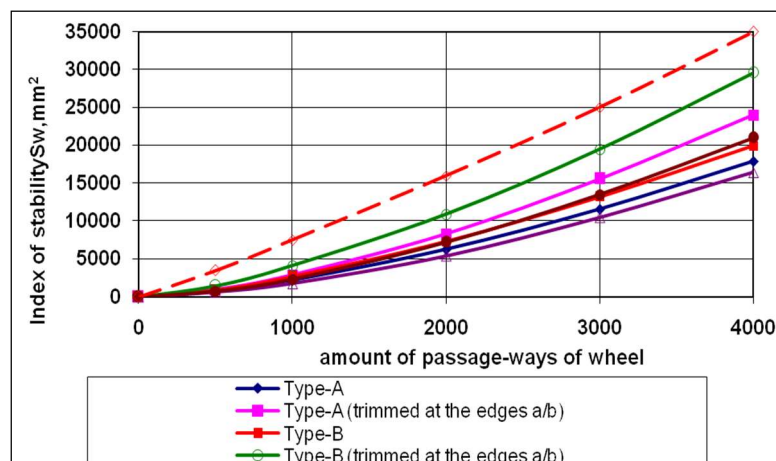


Figure 7 – Dependence of parameter of stability to accumulation of residual deformations in tested bituminous concretes (at temperature of 60 °C)

Рисунок 7 – Залежність параметра стійкості від накопичення залишкових деформацій у випробуваних бітумних бетонах (при температурі 60 °C)

From results of research (Fig.6) one can see that parameters of sizes of composition samples substantially influence on the index of rutting firmness. Namely composition sample (bituminous concrete of type A + track coat (optimum rate) + cement concrete plate) with one centimetre off cut edges of bituminous concrete, rutting firmness has increased on 6.01 mm, and in uncut composition sample – 4.45 mm, than 1.35 times less than for type A, 1.5 times than type B, 1.29 times than SMA. These results testify, that it is necessary to consider parameters of sizes influencing a parameter of rutting firmness.

On the basis of received testing results (Fig. 4, 6) we shall analyse the following: whether composition samples (Fig.7) comply with requirement of stability (2) to accumulation of residual deformations.

According to dependence (Fig.7), the received results correspond to requirement of stability to accumulation of residual deformations in investigated samples of compositions.

Conclusion. The analysis of received results shows that with increase in maintenance of gravel as a part of asphalt concrete their stability to accumulation of residual plastic deformations in the form of rutting

raises. Among all tested bituminous concretes most stable to rutting formation is SMA. Slide firmness of composition samples (bituminous concrete + track coat + cement concrete) essentially depends on optimum rate of track coat between layers, quantities of passes of wheel and temperature. Thus, received test results give chance to choose more precise at designing structure of asphalt concrete with advanced rutting firmness for bridges. Also for increase rutting firmness of bituminous concrete pavements it is necessary to use polymer bituminous binding.

References

JOURNALS:

Ahmedzade P, Tigdemir M, Kalyoncuoglu S. 2007. Laboratory investigation of the properties of asphalt concrete mixtures modified with TOP-SBS, J. Constr. Build. Mater., 21: 626-633.

Mozgoviy V., Onischenko A., Nevinglovskiy V. 2010. Investigation of modified with a polymer latex Butonal NS 104 the bitumen preparation parameters influence on the paving bitumen properties. Journal of China/Former Soviet Union Area Workshop on Pavement Technologies: 1-9

Мозговий В., Онищенко А., Невінгловський В. та інші. 2010. Експериментальна оцінка колієстійкості асфальтобетону за допомогою лабораторних установок [Mozgoviy V., Onischenko A., Nevinglovskiy V. et al. Eksperimental'na estimation of rutting bituminous concrete by the laboratory settings] // Автошляховик України. (13): 93-101.

Онищенко А., Мозговий В., Жуков О., Невінгловський В. та інші. 2010. Методика оцінки зчеплення між асфальтобетонними шарами при зсуві. [Onischenko A., Mozgoviy V., Zhukov O., Nevinglovskiy V. et al. A method of assessments of coupling between bituminous concrete layers at a change] // Вісник Донбаської національної академії будівництва та архітектури. – 53-60.

Онищенко А., Мозговий В., Жуков О., та ін. 2009. Методика оцінки ефективності зчеплення гідроізоляційних матеріалів з асфальтобетонним покриттям на мостах [Onischenko A., Mozgoviy V., Zhukov O., et al. Method of estimation of efficiency of tripping of hydraulic insulating materials with an asphalt carpet on bridges] // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. – 34. С. 67-73.

Sharma D. et al. 2011. Effect of waste polymer modifier on the properties of bituminous concrete mixes, Construction and Building Materials (25): 3841–3848.

PROCEEDINGS:

Zolotarev V., Pirig J., Galkin A., Kudriavtseva S. 2012. Comparative study of the properties of oxidized and distilled road bitumens and polymer bitumens based on them. 35th Eurasphalt & Eurobitume Congress, Istanbul

Sivapatham P., Simmleit N., Neumann T. 2012. Innovative dense-graded asphalt for sustainable mitigation of noise pollution on urban roads. 35th Eurasphalt & Eurobitume Congress, Istanbul

STANDARDS:

COU 45.02-00018112-046:2009 Асфальтобетон дорожній. Методика оцінки зчеплення між асфальтобетонними шарами [SOU a 45.02-00018112-046:2009 Road bituminous Concrete. A method assessments of coupling between bituminous concrete layers.].

COU 45.02-00018112-020:2009 Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій [SOU a 45.02-00018112-020:2009 Road bituminous Concrete i. Test method for resistance to the accumulation of residual strains].

PATENT:

Патент на корисну модель №47625 «Прилад для випробування зразків асфальтобетону НТУ-ЗЧ-1», 10.02.2010 р., (Онищенко А.М., Мозговий В.В., Резнік Ю.Л. та ін.) [A patent is on a useful model 147625 «Device for the test of standards of bituminous concrete of NTU-ZCH-1», in 10.02.2010 (Onischenko A.M., Mozgoviy V.V., Reznik Y.L. and other)].

Патент на корисну модель №40965 «Прес для виготовлення і контролю зразків асфальтобетону», 27.04.2009 р., (Онищенко А.М., Жуков О.О., Мозговий В.В., Радовський Б.С.) [A patent on a useful model 140965 «Press for making and control of samples of bituminous concrete», in 27.04.2009 (Onischenko A.M., Zhukov O.O., Mozgoviy V.V., Radovskiy B.S.)].

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ДО РУЙНУВАННЯ
АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ПОКРИТТІВ НА МОСТАХ**

Онищенко Артур Миколайович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри мости і тунелі, e-mail: artur_onish@bigmir.net, тел.: +380687771899, Україна, 01010, Київ, вул. Омеляновича – Павленка 1, <http://orcid.org/0000-0002-1040-4530>.

Анотація У цій статті розглядаються методи, за допомогою яких можна контролювати якість, забезпечуючи стійкість до руйнування асфальтових покриттів на мостах. Він включає схему навантаження від колеса транспортного засобу при гальмуванні. Метою цього дослідження було порівняльне оцінювання стійкості до руйнування бітумних бетонів різних зернистих типів. Для досліджень були використані дрібнозернисті бітумні бетони типів А і В, а також СМА з максимальною крупністю стружки 10мм. Виявлено, що зі збільшенням вмісту гравію в структурі бітумних бетонів їх стійкість до накопичення залишкових пластичних деформацій в Форма рутифікації підвищує Результати, отримані в ході випробування, дають можливість вибрати структуру сумішей бітумних бетонів при проектуванні покриттів бітумних бетонів з підвищеною стійкістю до накопичення залишкових деформацій.

Ключові слова: бітумні бетони, міцність рутифікації, процедура оцінки, процедура випробування, глибина руйнування, міцність зчеплення залежно від кількості липкого покриття.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ РОЗБАВЛЕННЯ СТИЧНИХ ВОД У РІЧКАХ COMPUTER SIMULATION OF WASTEWATER DILUTION PROCESS IN RIVERS



Хрутьба Вікторія Олександрівна, доктор технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, завідувач кафедри екології та безпеки життєдіяльності, e-mail: viktorii.khrutba@gmail.com, тел.+380442885100, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 312.

[orcid.org/ 0000-0002-8121-2042](https://orcid.org/0000-0002-8121-2042)



Артеменко Владислав Андрійович, 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.



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>



Лукьянова Віталіна Віталіївна, кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Національний транспортний університет, e-mail: vitalina_lk@i.ua, тел.+380677985533, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 312.

orcid.org/0000-0001-8964-3560

Анотація. За допомогою метода комп'ютерного моделювання досліджувався процес розбавлення стічних вод у річках.

Виявлена можливість різної якісної поведінки показника величини біохімічного споживання кисню (BOD) в залежності від величини витрат чистої річкової води.

Введение. В настоящее время при очистке сточных вод, попадающих в реку, обычно используется самоочищающая способность водоёмов [1].

Для решения комплекса задач, связанных с разбавлением сточных вод, необходимо знание основных процессов, происходящих в водной среде (гидродинамических, гидрохимических и гидробиологических).

Анализ таких процессов обычно проводится с использованием методов компьютерного моделирования [2,3].

Учитывая, что стремление к максимальной детализации модели часто приводит к её ухудшению, авторы использовали достаточно простую модель процесса.

Целью работы является анализ новых явлений, возникающих при значительном возрастании расходов чистой речной воды в процессе разбавления сточных вод.

Общие положения. В [4] была приведена простая математическая модель процесса сброса сточных вод в реку. Модель представляла собой проточный реактор идеального перемешивания.

На основе этой модели в [5] рассматривался участок реки, в котором учитывалось влияние очистного сооружения на экологическое состояние речной воды.

Идеализация процесса состояла в том, что “идеальное смешение” происходит в точке, где сточные воды непосредственно попадают в чистую речную воду.

При этом моделировалась динамика изменения концентраций растворённого кислорода, нитрат – ионов и биохимического потребления кислорода при различных значениях параметров модели с течением времени.

Однако наиболее важным для практики оказывается процесс изменения концентрации веществ по течению реки (т.е. ниже сброса сточных вод), особенно при резком возрастании расхода чистой воды (см. рис. 1).

Как известно, резкое возрастание расхода чистой речной воды может иметь место при различных нештатных ситуациях (например, при аварийном сбросе воды или в других подобных случаях).

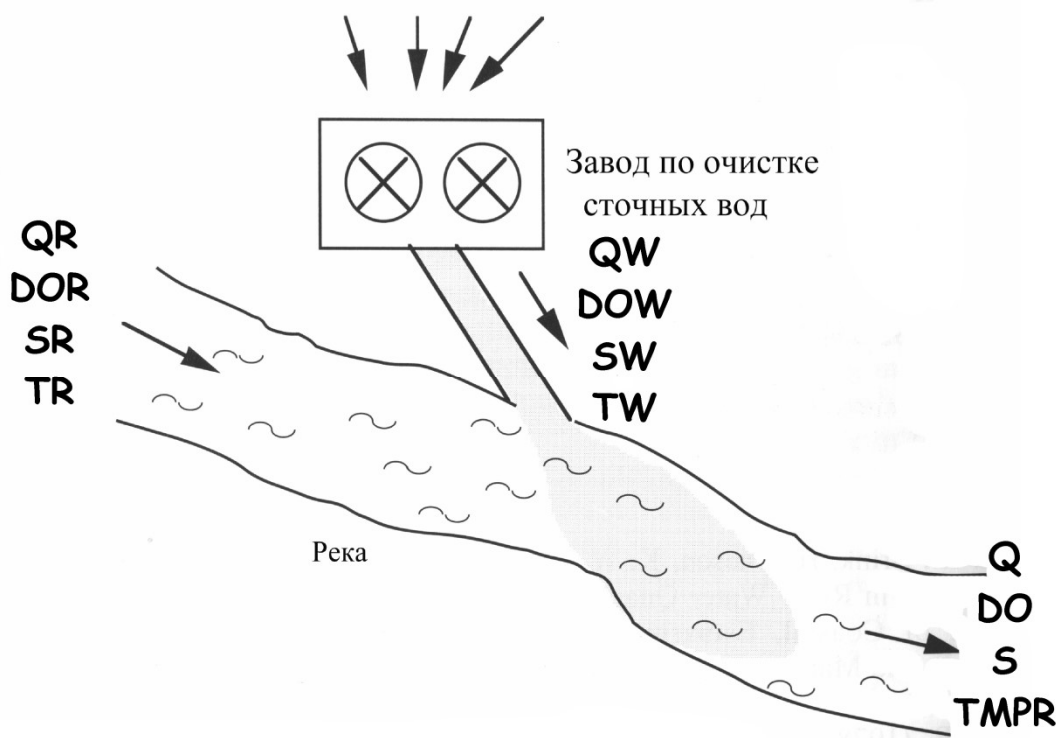


Рисунок – 1 Сброс сточных вод в реку

Figure – 1 Wastewater discharge into the river

Авторы исходили из предположения, что при нештатных и аварийных ситуациях будет резко возрастать лишь расход чистой воды. При этом температура и концентрация веществ в чистой речной воде практически изменяться не будут. То есть моделирование проводилось при различных значениях величины расхода чистой речной воды QR.

Далее смесь сточных и чистых вод движется по течению вниз и вследствие конечности скоростей химических реакций концентрация веществ в реке постепенно меняется.

Алгоритм моделирования процесса сброса сточных вод в реку.

Как известно, при численном моделировании всем переменным перед их использованием (в выражениях) следует задать конкретные значения.

В ходе моделирования были использованы обозначения (имена) переменных и, соответственно, начальные значения (по умолчанию) согласно [4]:

1 : Для чистой воды реки :

$QR = 1900 \text{ м}^3/\text{час}$ (расход воды);

$DOR = 8 \text{ мг/л}$ (концентрация растворённого кислорода в речной воде);

$TR = 22^\circ\text{C}$ (температура речной воды);

$NR = 0.1 \text{ мг/л}$ (концентрация нитрат – ионов в речной воде);

$SR = 3 \text{ мг/л}$ (биохимическое потребление кислорода для речной воды);

$B = 1 \text{ м}$ (ширина реки);

$D = 2.5 \text{ м}$ (глубина реки).

2 : Для сточной воды :

$QW = 500 \text{ м}^3/\text{час}$ (расход сточной воды);

$DOW = 2 \text{ мг/л}$ (концентрация растворённого кислорода в сточной воде);

$TW = 25^\circ\text{C}$ (температура сточной воды);

$NW = 10 \text{ мг/л}$ (концентрация нитрат – ионов в сточной воде);

$SW = 40 \text{ мг/л}$ (биохимическое потребление кислорода для сточной воды).

3 : Константы химических реакций :

$KS20 = 0.01 \text{ 1/час}$ (константа скорости биodeградации, приведенная для температуры 20°C);

$KN20 = 0.005 \text{ 1/час}$ (константа скорости нитрификации, приведенная для температуры 20°C);

$A = 4.3$ (безразмерная величина, стехиометрический коэффициент для реакции нитрификации).

После задания всех необходимых значений переменных переходим непосредственно к расчётам согласно приведенному в [4] алгоритму.

1) Находим общий баланс для объёмного расхода воды :

$$Q = QR + QW; \quad (1)$$

2) Находим концентрацию растворённого кислорода после осуществления процесса смешивания чистой речной и сточной воды :

$$DO = \frac{(DOR * QR + DOW * QW)}{Q}; \quad (2)$$

3) Находим величину биохимического потребления кислорода BOD после осуществления процесса смешивания чистой речной и сточной воды :

$$BOD = S = \frac{(SR * QR + SW * QW)}{Q}; \quad (3)$$

4) Находим температуру воды после осуществления процесса смешивания чистой речной и сточной воды :

$$TMPR = \frac{(TR * QR + TW * QW)}{Q}; \quad (4)$$

5) Находим концентрацию нитрат - ионов после осуществления процесса смешивания чистой речной и сточной воды :

$$N = \frac{(NR * QR + NW * QW)}{Q}; \quad (5)$$

6) Находим величину насыщенную концентрацию растворённого кислорода :

$$DOSAT = 14.652 - 0.41 * TMPR + 0.008 * (TMPR)^2; \quad (6)$$

7) Находим линейную скорость потока воды в реке после осуществления процесса смешивания чистой речной и сточной воды:

$$V = \frac{Q}{(3600 * D * B)}; \quad (7)$$

Размерность в данном случае выражается в м/с (а не в м/час).

8) Находим константу скорости нитрификации для температуры TMPR :

$$KN = KN20 * 1.07^{(TMPR-20)}; \quad (8)$$

9) Находим константу скорости биодеградации для температуры TMPR :

$$KS = KS20 * 1.05^{(TMPR-20)}; \quad (9)$$

10) Находим константу скорости реэрации для температуры 20°C :

$$KA20 = 2.26 * V * D^{-0.667}; \quad (10)$$

11) Находим константу скорости реэрации для температуры TMPR :

$$KA = \left(\frac{KA20}{24}\right) * EXP(0.024 * (TMPR - 20)); \quad (11)$$

12) Находим дефицит растворённого кислорода E (разницу между насыщенной и фактической концентрациями растворённого кислорода):

$$E = DOSAT - DO. \quad (12)$$

Модель процесса.

Поскольку все предварительные расчёты выполнены, приступаем далее к процессу моделирования.

Модель построена с учётом следующих положений :

А) Кислород потребляется микроорганизмами и попадает в реку в результате предварительной аэрации поверхности.

В) Скорость нитрификации и биохимического потребления кислорода вычисляется на основе предположения о первом порядке этих реакций.

С) Константы скоростей реакций KN и KS зависят от температуры. Константа скорости реэрации зависит от скорости потока воды и температуры TMPR.

13) Модель представляет собой систему из трёх линейных дифференциальных уравнений [4] :

$$\begin{aligned} \frac{dE}{dt} &= A * KN * N + KS * S - KA * E, \\ \frac{dN}{dt} &= -KN * N, \\ \frac{dS}{dt} &= -KS * S. \end{aligned} \quad (13)$$

14) Соответственно, вектор (трёхмерный) начальных условий для решения системы (13) имеет вид :

$$\begin{bmatrix} E \\ N \\ S \end{bmatrix} \quad (14)$$

Решая систему дифференциальных уравнений (13) с начальными условиями (14), получаем в результате функции времени : E(t); N(t); S(t).

Но нас интересует величина DO(t), а не E(t).

Поэтому следует после решения (13) с начальными условиями (14) перейти от функции E(t) непосредственно к функции DO(t), используя очевидное соотношение:

$$DO(t) = DOSAT - E(t). \quad (15)$$

15) Окончательно следует оценить, как меняются не функции времени, а функции расстояния, то есть найти изменение концентрации веществ по длине реки в зависимости от места смешения чистой речной и сточной воды.

Обозначим такое расстояние как Z .

Таким образом, следует построить не графики $DO(t)$, $N(t)$ и $S(t) = BOD(t)$, а графики $DO(Z)$, $N(Z)$ и $S(Z) = BOD(Z)$.

16) Находим величину (вектор) Z :

$$Z = 3.6 * V * T. \quad (16)$$

Заметим, что в данном случае T – вектор времени, который получают при решении системы дифференциальных уравнений (13) с начальными условиями (14) численным методом.

Значение V , м/с, мы нашли ранее (см. уравнение (7)).

Таким образом, в данном случае имеем дело с достаточно простой моделью процесса (биотическое производство кислорода непосредственно не учитывается).

Тем не менее, как будет показано ниже, даже такая модель оказывается весьма полезной для практики.

Особенности проведения вычислений.

Для численного решения системы из трёх линейных дифференциальных уравнений в [5] использовалась система MATHCAD.

Строго говоря, система MATHCAD в полной мере не является системой компьютерной математики.

Это, скорее всего, редактор математических формул.

MATHCAD не предназначен для работы в режиме “командной строки”, что, по сути, делает его непригодным для целей математического моделирования различных природных процессов и явлений.

Анализ литературы по математическому моделированию в экологии показал, что наиболее часто применяются системы MAPLE, MATLAB, R и PYTHON, которые позволяют решать задачи как в численном, так и символьном виде.

Специалисты по численным методам в области экологии обычно выбирают одну из систем, позволяющую работать в режиме “командной строки”, а также загружать собственные процедуры, записанные в отдельном текстовом файле.

В данном случае был использован язык программирования MATLAB, который используют такие системы компьютерной математики как MATLAB, FREEMAT и OCTAVE.

Программы написаны таким образом, чтобы код работал также в бесплатной системе FREEMAT (использовалась версия 4.2 или 4200).

Несмотря на то, что FREEMAT имеет решатель системы ДУ, тем не менее был использован разработанный авторами собственный оригинальный решатель.

Поскольку по умолчанию функция $\text{plot}()$ системы FREEMAT производила не очень представительные графики, была специально написана функция $\text{PLOT2D02}()$, позволяющая создавать более совершенные графики.

Анализ результатов.

Процесс моделирования начали со значения $QR = 1500$, а закончили значением $QR = 5000$.

Таким образом, был использован шаг в приращении значений QR , равный 500.

Далее строили графики $DO(Z)$ (концентрация растворённого кислорода), $N(Z)$ (концентрация нитрат - ионов) и $S(Z) = BOD(Z)$ (величина биохимического потребления кислорода).

Всего было построено 24 графика, что позволило исследовать поведение модели при указанном выше наборе параметров.

Некоторые результаты моделирования количества растворённого кислорода в зависимости от расхода чистой речной воды QR по длине (течению) реки представлены на рис. 2 и рис. 3.

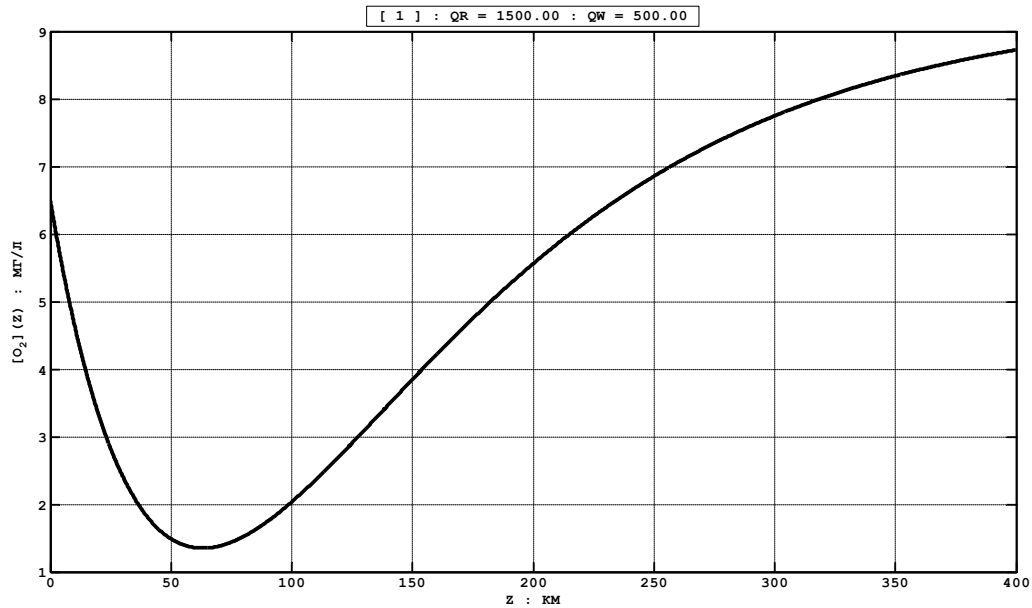


Рисунок – 2 Количество растворённого кислорода в зависимости от расстояния при $QR = 1500$
 Figure – 2 The amount of dissolved oxygen depending on the distance at $QR = 1500$

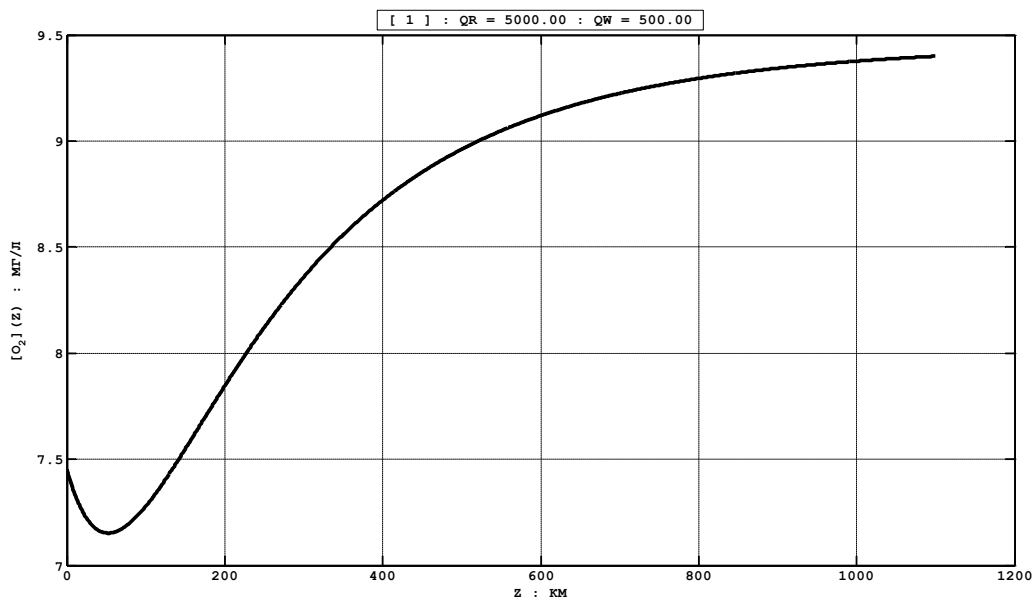


Рисунок – 3 Количество растворённого кислорода в зависимости от расстояния при $QR = 5000$
 Figure – 3 The amount of dissolved oxygen depending on the distance at $QR = 5000$

Как видно, все графики имеют ярко выраженный минимум. При этом расположение минимума по длине реки мало зависит от расхода чистой воды в реке QR .

Такой результат как независимость местоположения минимума для концентрации растворённого кислорода от расхода чистой воды в реке QR можно рассматривать как относительно новый результат.

Что касается величины концентрации растворённого кислорода в минимуме, то при большем расходе чистой воды QR наблюдается и большая концентрация растворённого кислорода.

То есть при увеличении QR качество воды по кислороду в указанном минимуме возрастает (получаем обычный эффект сильного разбавления сточных вод).

Так, при $QR = 1500$ имеем значение в минимуме около 1.4 мг/л, при $QR = 5000$ значение в минимуме составляет уже около 7.15 мг/л.

Результаты моделирования для концентрации нитрат – ионов в зависимости от расхода чистой речной воды QR по длине реки представлены на рис. 4 и рис. 5.

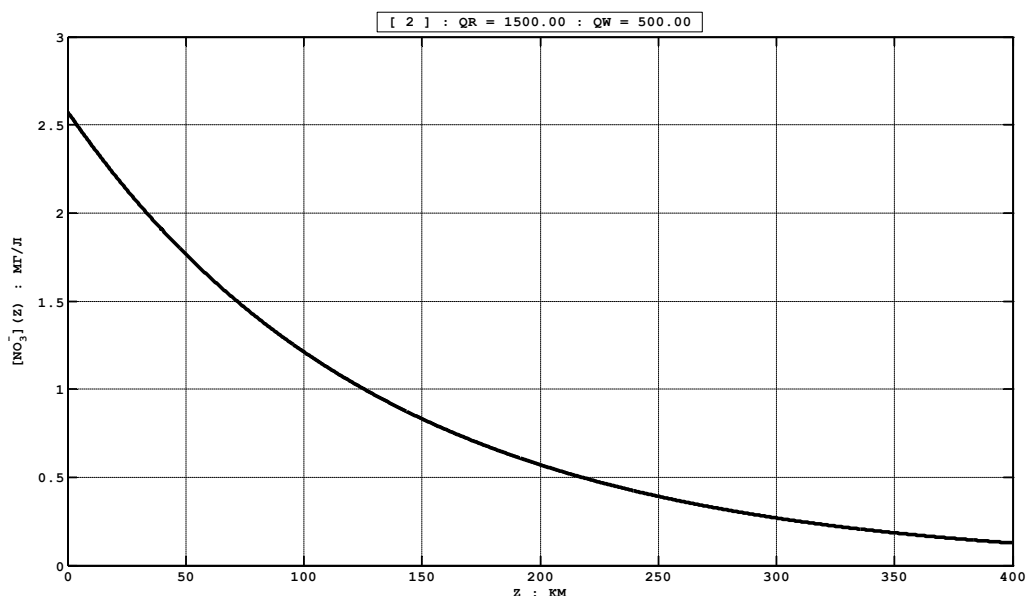


Рисунок – 4 Концентрация нитрат – ионов в зависимости от расстояния при $QR = 1500$
Figure – 4 Concentration of nitrate - ions depending on the distance at $QR = 1500$

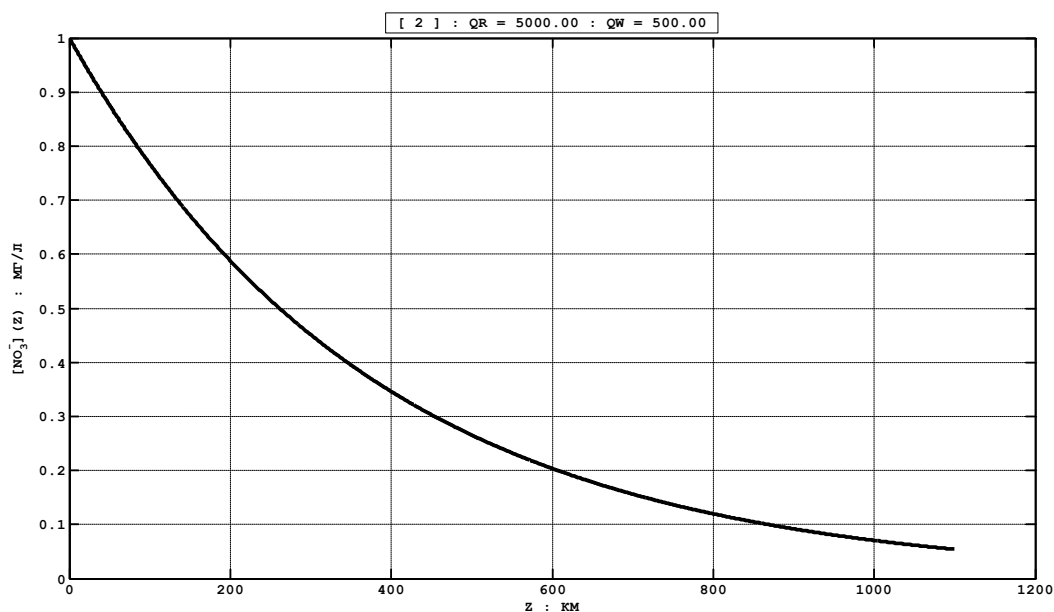


Рисунок – 5 Концентрация нитрат – ионов в зависимости от расстояния при $QR = 5000$
Figure – 5 Concentration of nitrate - ions depending on the distance at $QR = 5000$

Как видно, графики кривых не имеют ни минимумов, ни максимумов, и при этом концентрация нитрат – ионов плавно уменьшается по течению реки по мере увеличения расстояния от места смешения чистой речной воды со сточными водами.

Далее, для примера, рассмотрим точку по течению реки, находящуюся на расстоянии $Z = 100$ км ниже точки смешения.

При $QR = 1500$ имеем концентрацию нитрат – ионов около 1.25 мг/л, при $QR = 5000$ соответственно около 0.78 мг/л.

Как видно, по мере увеличения значения QR концентрация нитрат – ионов уменьшается, а качество воды по этому показателю улучшается.

То есть в данном случае поведение нитрат – ионов качественно соответствует поведению концентрации растворённого кислорода в речной воде.

И, наконец, проанализируем результаты моделирования величины биохимического потребления кислорода (BOD) в речной воде.

По сути, можно считать, что единицы измерения этой величины есть единицы измерения концентраций в мг/л.

Как следует из графиков, значение биохимического потребления кислорода плавно уменьшается по мере увеличения расстояния от точки смешения чистой речной и сточной воды. При этом графики не имеют ни минимумов, ни максимумов.

Обращает на себя внимание явная нелинейность этих зависимостей.

Как известно, при численном моделировании получают результаты при конкретных значениях параметров и начальных условиях. Соответственно, при других, даже близких по величине значениях параметров можно получить качественно другие результаты.

Например, использование таких параметров как $SR = 0.4$ мг/л и $SW = 40$ мг/л приводят к следующим значениям BOD на расстоянии 100 км вниз по течению реки от точки смешения :

при $QR = 1500$ имеем $BOD = 2.465$ мг/л,

а при $QR = 5000$ имеем значение $BOD = 2.408$ мг/л.

Как видим, по мере увеличения расхода чистой воды QR качество воды по BOD в данном случае **улучшается**.

Если использовать значения $SR = 0.1$ мг/л и $SW = 40$ мг/л, получаем значения по BOD соответственно :

при $QR = 1500$ имеем $BOD = 2.418$ мг/л,

а при $QR = 5000$ имеем значение $BOD = 2.242$ мг/л.

Таким образом, и в данном случае по мере увеличения расхода чистой воды QR качество воды по BOD **улучшается** ещё более существенно, чем в предыдущем случае.

Однако использование параметров моделирования по умолчанию ($SR = 3$, $SW = 40$) приводит к тому, что качество воды по BOD при возрастании расхода чистой воды QR ухудшается. Так, при значении $QR = 1500$ имеем величину BOD на расстоянии 100 км вниз по реке от точки смешения около 3 мг/л, а при $QR = 5000$ значение BOD составляет уже около 4 мг/л (см. рис. 6 и рис. 7).

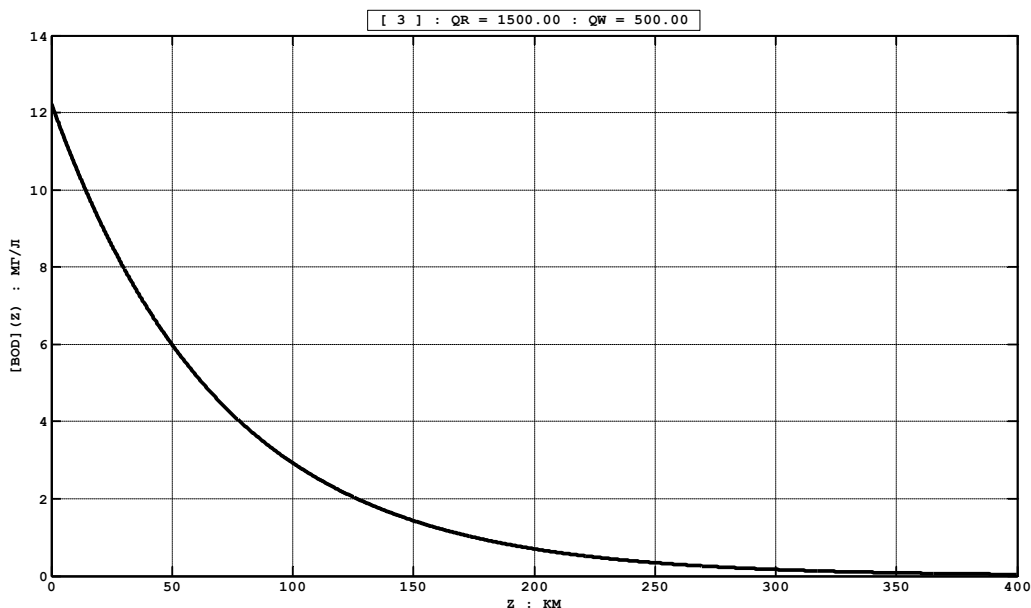


Рисунок – 6 Величина биохимического потребления кислорода в зависимости от расстояния при $QR = 1500$

Figure – 6 The value of biochemical oxygen consumption depending on the distance at $QR = 1500$

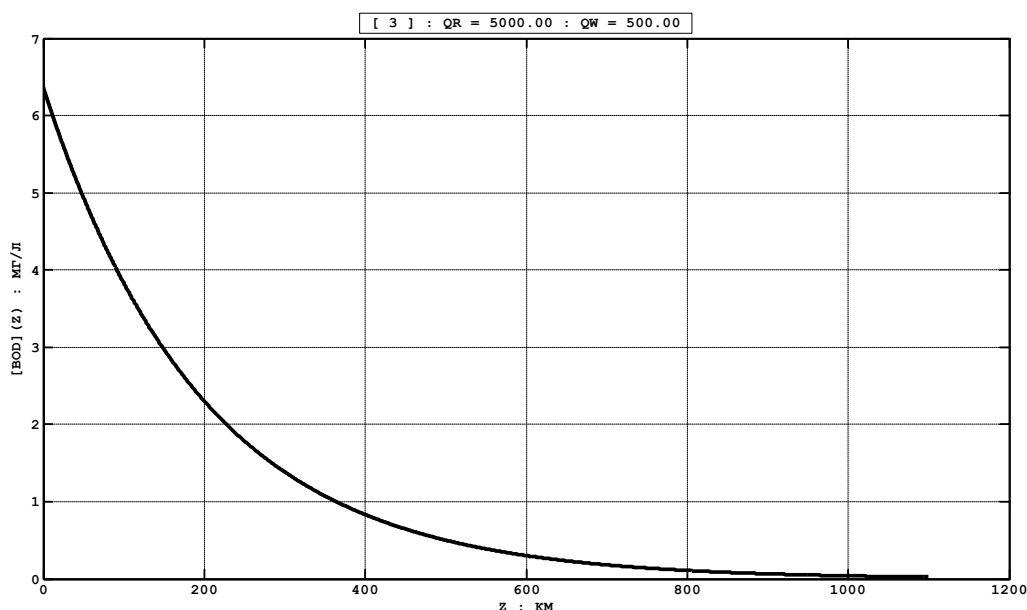


Рисунок – 7 Величина биохимического потребления кислорода в зависимости от расстояния при $QR = 5000$

Figure – 7 The value of biochemical oxygen consumption depending on the distance at $QR = 5000$

То есть при меньшем расходе QR имеем более чистую воду, чем при большем расходе QR !

Такое явление как ухудшение качества речной воды по BOD при резком возрастании расхода чистой воды QR часто наблюдается и в реальной действительности.

Выводы

Использование даже простой модели обращает наше внимание на тот факт, что для точек ниже места смешения чистой речной и сточной воды по мере возрастания расхода чистой воды возможно как улучшение, так и ухудшение качества воды по отдельным показателям.

Обнаруженная возможность различного качественного поведения показателя BOD в зависимости от расхода чистой речной воды QR можно рассматривать как относительно новый результат, полученный в процессе моделирования.

Перечень ссылок

1. Знаменский В. А. Гидрологические процессы и их роль в формировании качества воды. - Л.: Гидрометеиздат, - 1981. – 417 с.
2. Кафаров В. В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. - М.: Химия. - 1976. – 464 с.
3. Кафаров В. В. Моделирование биохимических реакторов./ В. В. Кафаров, А. Ю. Винаров, Л. С. Гордеев. - М.: Лесная пром – сть, 1979. – 344 с.
4. Snape J. B. Dynamics of Environmental bioprocesses. Modelling and Simulation./ J. B. Snape, I. J. Dunn, J. Ingham, J. E. Prenosil. - VCH Verlagsgesellschaft mbH. – Weinheim – New York – Basel – Cambridge - Tokyo. – 1995. – 396 p.
5. Холоднов В. А. Моделирование природоохранительных процессов в системе компьютерной математики MATHCAD./В. А. Холоднов, Р.Ю. Кулишенко. - В сб. “Системы компьютерной математики и их приложения”. Материалы XIII международной научной конференции. Вып. 13. – Смоленск: Изд - во Смол. ГУ. – 2012. - С. 53 - 57.

SEASONAL DYNAMICS OF NUTRIENTS OF LARGE WATER BODIES

Khrutba Viktoria, Dr.Sci.Tech., Professor, National Transport University, Head of the Department of Ecology and Life Safety, e-mail: viktorii.khrutba@gmail.com, tel.+380442885100, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovicha-Pavlenko str., 1, k. 312. [orcid.org/ 0000-0002-8121-2042](https://orcid.org/0000-0002-8121-2042)

Artemenko Vladislav A., 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 alenue, 37, Kyiv, Ukraine, 03028.

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. +3804428027338, Ukraine, 01010, Kyiv, street M. Omelyanovicha-Pavlenka, 1, room 138, <https://orcid.org/0000-0003-0422-2535>

Lukianova Vitalina V., Candidate of Chemical Sciences, National Transport University, Head of the Department of Ecology and Life Safety, e-mail: vitalina_lk@i.ua, tel.+380677985533, Ukraine, 01010, Kyiv, Omelyanovicha-Pavlenko str., 1, k. 312. orcid.org/0000-0001-8964-3560

Abstract. By means of computer modeling method was researched process of the diluting the sewages in rivers.

The discovered possibility the other qualitative behaviour of the factor of the value of biochemical consumption of the oxygen (BOD) depending on discharge of clean river water.

References

1. Znamenskiy V. A. Gidrologicheskiye protsessy i ikh rol' v formirovanii kachestva vody. - L.: Gidrometeoizdat, - 1981. – 417 s.
2. Kafarov V. V. Metody kibernetiki v khimii i khimicheskoy tekhnologii. - M.: Khimiya. - 1976. – 464s.
3. Kafarov V. V. Modelirovaniye biokhimicheskikh reaktorov./ V. V. Kafarov, A. YU. Vinarov, L. S. Gordeyev. - M.: Lesnaya prom – st', 1979. – 344 s.
4. Snape J. B. Dynamics of Environmental bioprocesses. Modelling and Simulation./ J. B. Snape, I. J. Dunn, J. Ingham, J. E. Prenosil. - VCH Verlagsgesellschaft mbH. – Weinheim – New York – Basel – Cambridge - Tokyo. – 1995. – 396 p.
5. Kholodnov V. A. Modelirovaniye prirodookhranitel'nykh protsessov v sisteme komp'yuternoy matematiki MATHCAD./ V. A. Kholodnov, R.YU. Kulishenko. - V sb. "Sistemy komp'yuter-noy matematiki i ikh prilozheniya". Materialy XIII mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii. Vyp. 13. – Smolensk: Izd - vo Smol. GU. – 2012. - S. 53 - 57.

УДОСКОНАЛЕННЯ НЕКЛАСИЧНОЇ РОЗРАХУНКОВОЇ МОДЕЛІ МІЦНОСТІ КОМПОЗИТНОЇ БАЛОЧНО-ПЛИТНОЇ КОНСТРУКЦІЇ АВТОДОРОЖНІХ МОСТІВ



Канін Олександр Петрович, кандидат технічних наук, доцент,
Національний транспортний університет, професор кафедри
транспортного будівництва та управління майном, e-mail: kaninap@ukr.net,
+380442807909, <http://orcid.org/0000-0001-6849-2505>



Гриневицький Борис Володимирович, кандидат технічних
наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри
опору матеріалів та машинознавства, e-mail: bvgryn@ukr.net, +380676415260,
<http://orcid.org/0000-0002-2220-6654>



Цибульський Віталій Миколайович, Національний
транспортний університет, кафедра опору матеріалів та
машинознавства, старший викладач, e-mail: mega.sopromat@ukr.net,
+380977058876, <http://orcid.org/0000-0003-3150-3965>

Анотація. Плита автодорожнього моста – це складна конструкція складається з композитних шарів та вимагає реалізації моделей деформування та перевірки міцності. Це дає можливість отримати розв’язки актуальних задач у транспортному будівництві. Шаруваті системи конструкцій мають неоднорідні структури та виготовляються як з традиційних матеріалів, так і з сучасних композитних матеріалів.

В свою чергу, при дослідженні таких композитних шаруватих систем із різними фізико-механічними властивостями виникає необхідність в уточненні класичних моделей розрахунку при оцінці міцності. Кожен шар в удосконаленій некласичній моделі розглядається, як окрема структурна складова зі своїми характеристиками та товщиною, в тому числі арматура, яка приймається окремим шаром еквівалентним до її загальної площі.

Методика розрахунку напружено-деформованого стану плити проїзної частини автодорожнього моста пов’язана з теорією згину шаруватих конструкцій з врахуванням поперечних нормальних напружень від обтиснення шарів та теорією пружності для оцінки міцності. В приведеній уточненій некласичній моделі розрахунку враховується додатково вплив деформацій зсуву за допомогою окремої функції. Для шаруватих систем, що мають підвищену піддатливість в поперечному напрямку, доведено що вплив цього фактору є особливо суттєвим. В дослідженні отримані уточнені залежності розподілу нормальних та дотичних напружень з врахуванням деформацій зсуву.

Ключові слова: некласична модель, балочно-плитна система, напруження, міцність, автодорожні мости.

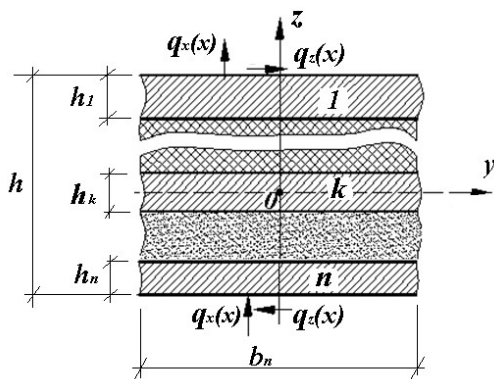
Вступ. Розв'язку задач теорії пружності для однорідної плити присвячені роботи С.П.Тимошенка, Дж.Гудієра. Точний тривимірний розв'язок задачі згину вільно обпертих тришарових плит неметричної будови отримано А.П.Прусаковим та його співавторами. Аналіз різних теорій розрахунку шаруватих систем приведений в роботі, що виконана В.Г.Піскуновим та О.О.Рассказовим [1].

Уточнені розв'язки задачі згину анізотропних плит конструктивних елементів складних систем, армованих по товщині з використанням тривимірних моделей для дослідження напружено-деформованого стану шаруватих систем отримані А.Нуром та В.Бартоном [2], М.Савоя і Дж.Редді [3].

Використання аналітичних та числових методів для розв'язання задач напружено-деформованого стану конструкцій досліджували такі вчені, як: Н.П.Абовський, П.М.Варвак, Д.В.Вайнберг, Ю.В.Верюжський, В.М.Гордєєв, А.С.Городецький, В.І.Гуляєв, О.Зенкевич, Б.М.Лисицин, А.І.Лантух-Лященко, А.В.Перельму-тер, Л.О.Розін, А.С.Сахаров, О.В.Шимановський, В.К.Цихановський, І.П. Гамеляка, В.С. Сіпетова. Експериментальним дослідженням шаруватих систем присвячені роботи А.Я.Александрова, Л.М.Куршина, В.І.Корольова, Е.С.Остерника, О.О.Рассказова [1].

Мета і методи. Метою дослідження є удосконалення неklasичної розрахункової моделі міцності композитної балочно-плитної конструкції автодорожніх мостів з врахуванням впливу деформацій поперечного зсуву та нормальних напружень.

Результати і пояснення. Балочно-плитна конструкція автодорожнього моста складається з шарів певної товщини та ширини, які мають відповідні фізико-механічні характеристики (E_k, ν_k, G_k). При цьому, якщо конструкція включає сталеву чи композитну арматуру, то вона замінюється еквівалентним до її загальної площі шаром з відповідною до цієї площі товщиною. Дорожній одяг проїзної частини враховується як окремий шар загальної конструкції[4]. Шарувата система буде знаходитися під дією нормальних і тангенціальних навантажень.



$q_z(x)$ - нормальні навантаження, що прикладені на зовнішніх поверхнях і на межах шарів;

$q_x(x)$ - тангенціальні навантаження, що прикладені на зовнішніх поверхнях і на межах шарів;

b_n - ширина нижнього (останнього) шару конструкції;

h_1 - товщина верхнього шару конструкції;

h_k - товщина шару на рівні центра ваги конструкції;

h_n - товщина нижнього (останнього) шару конструкції.

Рисунок 1 – Конструкція шаруватої системи плити прогонової будови моста
 Figure 1 – The design of the layered plate system of the girder structure of the bridge

При побудові неklasичної моделі було використано залежності теорії згину шаруватої конструкції, в яких враховано поперечні напруження від обтиснення шарів[1] та залежності теорії пружності. На початку замість гіпотези прямої нормалі для переміщень в плиті прийнято гіпотезу розподілу тангенціальних переміщень за товщиною шару [5]. Використовуючи закон Гука та співвідношення Коші, визначено нормальні та дотичні напруження [7]:

$$\sigma_x^{(k)} = E_k \left[\frac{\partial u(x, h_z)}{\partial x} - \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} (z_k - h_z) \right]; \quad (1)$$

$$\tau_{zx}^{(k)} = -\frac{\partial^3 w}{\partial x^3} [F_1^{(k)}(z)] + Q_n [F_2^{(k)}(z)] - Q_k. \quad (2)$$

де E_k - модуль пружності відповідного шару;

h_z - координата поверхні зведення відносно центру жорсткості перерізу;

$u(x, h_z)$ - тангенціальне переміщення на рівні поверхні зведення;

$F_1^{(k)}(z), F_2^{(k)}(z)$ - функції розподілу напружень за товщиною шару;

Q_n - тангенціальне поверхнєве навантаження;

Q_k - міжшарове навантаження.

Наступним етапом було врахування впливу деформацій зсуву з допомогою додаткової функції - так званої «функції зрушення»:

$$\chi = \chi(x). \quad (3)$$

Відповідні повздовжні деформації та повздовжні переміщення, які задовольняють умови міжшарового контакту будуть:

$$\varepsilon_x^{(k)} = \frac{du(x, h_z)}{dx} - \frac{d^2 w}{dx^2} \psi_0^{(k)}(z) - \frac{d^2 \chi}{dx^2} \psi_1^{(k)}(z) + \frac{dQ_n}{dx} \psi_2^{(k)}(z) - \frac{dQ_k}{dx} \psi_3^{(k)}(z); \quad (4)$$

$$u^{(k)}(x, z) = u(x, h_z) - \frac{dw}{dx} \psi_0^{(k)}(z) - \frac{d\chi}{dx} \psi_1^{(k)}(z) + Q_n \psi_2^{(k)}(z) - Q_k \psi_3^{(k)}(z). \quad (5)$$

де $\psi_0^{(k)}$ - функції розподілу складових переміщення за товщиною шару k .

Враховуючи додаткову функцію від впливу деформацій зсуву уточнений вираз нормальних та дотичних напружень набуває вигляду:

$$\sigma_z^{(k)} = -\frac{dQ_n}{dx} (F_{11}^{(k)}(z)) - \frac{dQ_k}{dx} (F_{22}^{(k)}(z)) - b_{nz} Q_{nz} (F_{33}^{(k)}(z)) - Q_{kz}; \quad (6)$$

$$\tau_{zx}^{(k)} = -\frac{d^3 w}{dx^3} [F_1^{(k)}(z)] - \frac{d^3 \chi}{dx^3} [F_2^{(k)}(z)] + \frac{d^2 Q_n}{dx^2} [F_3^{(k)}(z)] - \frac{d^2 Q_k}{dx^2} [F_4^{(k)}(z)] + Q_n [F_5^{(k)}(z)] - Q_k. \quad (7)$$

де $F_{11}^{(k)}, F_{22}^{(k)}, F_{33}^{(k)}(z)$ - функції розподілу цих напружень у шарі k .

Використання таких удосконалених некласичних моделей розрахунку розширяє можливості дослідження напружено-деформованого стану шаруватих композитних систем з врахуванням деформацій зсуву.

Висновок. Проведені дослідження показали залежності основних компонентів напружено-деформованого стану від геометричних та фізико-механічних властивостей матеріалу шарів, що враховано в удосконаленій некласичній моделі розрахунку за допомогою тангенціальних навантажень, функцій міжшарових та поверхневих напружень. Удосконалена некласична розрахункова модель міцності балочно-плитної системи дозволяє отримати уточнені напруження з врахуванням впливу деформацій поперечного зсуву.

Література

1. Пискунов В.Г., А.О. Рассказов. Развитие теории слоистых пластин и оболочек // Прикл. механика. – 2002. – 38, № 2. – С. 22-57.
2. Noor A.K., Burton W.S. Three-dimensional solutions for antisymmetrically laminated anisotropic plates // J. Appl. Mech. ASME. – 1990. – 57. – P. 182-187.
3. Savoia M., Reddy J.N. A variational approach to three-dimensional elasticity solutions of laminated composite plates // J. Appl. Mech. ASME. – 1992. – 59. – P. 166-175.
4. Піскунов В.Г. Постановка методики розрахунку дорожнього одягу мостів з армобетонних конструктивних елементів на основі моделі шаруватих систем / В.Г. Піскунов, В.М. Цибульський – Вісник НТУ, 2012.
5. Піскунов В.Г. Розрахунок шаруватих конструкцій дорожнього одягу мостів армованого композитними матеріалами / В.Г. Піскунов, В.М. Цибульський – Вісник НТУ, 2012.
6. Пискунов В.Г., Сипетов В.С. и др. Расчет неоднородных пологих оболочек и пластин методом конечных элементов. – Киев: Изд-во «Вища школа», 1987. – 200 с.

IMPROVEMENT OF NON-CLASSICAL CALCULATION MODEL OF STRENGTH OF COMPOSITE BEAM-PLATE STRUCTURE OF ROAD BRIDGES

Kanin Alexander Petrovich, PhD (Candidate of Technical Science), Associate Professor, National Transport University, Professor of Department of Transport Construction and Property Management, e-mail: kaninap@ukr.net, tel. +380442807909, <https://orcid.org/0000-0001-6849-2505>

Hrynevitskyi Borys Volodymyrovych, PhD (Candidate of Technical Science), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Materials Resistance and Mechanical Engineering, e-mail: bvgryn@ukr.net, +380676415260, <http://orcid.org/0000-0002-2220-6654>

Tsybul'skyi Vitalii Mykolaiovych, National Transport University, Senior Lecturer of Materials Resistance and Mechanical Engineering, e-mail: mega.sopromat@ukr.net, +380977058876, <http://orcid.org/0000-0003-3150-3965>

Abstract. Road bridge slab is a complex structure consisting of composite layers and requires the implementation of models of deformation and strength testing. This makes it possible to obtain solutions to current problems in transport construction. Layered construction systems have heterogeneous structures and are made of both traditional materials and modern composite materials.

In turn, when studying such composite layered systems with different physical and mechanical properties, there is a need to refine the classical calculation models when assessing strength. Each layer in the advanced non-classical model is considered as a separate structural component with its own characteristics and thickness, including reinforcement, which is taken as a separate layer equivalent to its total area.

The method of calculating the stress-strain state of the roadway slab is related to the theory of bending of layered structures taking into account the transverse normal stresses from the compression of the layers and the theory of elasticity to assess the strength. In the given specified nonclassical model of calculation the influence of shear deformations by means of separate function is in addition considered. For layered systems with increased flexibility in the transverse direction, it is proved that the influence of this factor is particularly significant. The refined dependences of the distribution of normal and tangential stresses taking into account shear deformations are obtained in the study.

Keywords: non-classical model, beam-slab system, stress, strength, road bridges

References

1. Pyskunov V.H., Rasskazov A.O. Razvitye teoryy sloystykh plastyn y obolochek // Prykl. mekhanyka. – 2002. – 38, № 2. – S. 22-57.
2. Noor A.K., Burton W.S. Three-dimensional solutions for antisymmetrically laminated anisotropic plates // J. Appl. Mech. ASME. – 1990. – 57. – P. 182-187.
3. Savoia M., Reddy J.N. A variational approach to three-dimensional elasticity solutions of laminated composite plates // J. Appl. Mech. ASME. – 1992. – 59. – P. 166-175.
4. Piskunov V.H. Postanovka metodyky rozrakhunku dorozhnogo odyagu mostiv z armobetonnykh konstruktyvnykh elementiv na osnovi modeli sharuvatykh system / V V.H. Piskunov, V.M. Tsybul'skyi – Visnyk NTU, 2012.
5. Piskunov V.H. Rozrakhunok sharuvatykh konstruktsii dorozhnogo odiahu mostiv armovanoho kompozytnykh materialamy / V.H. Piskunov, V.M. Tsybul'skyi – Visnyk NTU, 2012.
6. Piskunov V.G., Sipetov V.S. i dr. Raschet neodnorodnykh pologih obolochek i plastin metodom konechnykh elementov. – Kiev: Izd-vo «Vishcha shkola», 1987. – 200 s.

КОНТРОЛЬНО-ВРЕМЕННЫЕ ТОЧКИ НА ОСИ СЦЕНАРИЕВ ДОСТАВКИ ГРУЗОВ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ (1-Я ЧАСТЬ)

TIME POINTS ON THE AXIS OF THE SCENARIOS OF CARGO DELIVERY BY ROAD TRANSPORT (PART 1)



Петрашевський Олег Львович, доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, кафедра аеропортів, професор, olp47@ukr.net, +380996092476, orcid.org/0000-0001-7909-6057

Petrashkevskiy Oleh Lvovych, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Department of Airports, Professor, olp47@ukr.net, +380996092476, orcid.org/0000-0001-7909-6057



Попелиш Іван Іванович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, кафедра аеропортів, доцент, e-mail: i_i_p@ukr.net, тел.: +380668827221; id ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3358-6565>

Popelish Ivan Ivanovich, Ph.D., Associate Professor, National Transport University, Department of Airports, Associate Professor; e-mail: i_i_p@ukr.net, тел.: +380668827221; id ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3358-6565>



Алексєєнко Олександр Валерійович, Національний транспортний університет, кафедра аеропортів, старший викладач, e-mail: alexaliekxieienko@gmail.com, +380636039903, id ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3796-9929>

Alieksieienko Oleksandr Valeriyovich, National transport university, Department of Airports, senior lecturer; e-mail: alexaliekxieienko@gmail.com, тел. +380636039903; id ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3796-9929>



Семенченко Оксана Василівна, Національний транспортний університет, старший викладач кафедри транспортних систем і безпеки дорожнього руху, асистент, O.Semenchenko@ukr.net, +380671314124, orcid.org/0000-0002-9004-2575

Semenchenko Oksana Vasylyivna, National Transport University, Senior Lecturer, Department of Transportation Systems and Road Safety, O.Semenchenko@ukr.net, +380671314124, orcid.org/0000-0002-9004-2575



Корітчук Сергій Олександрович, Національний транспортний університет, кафедра аеропортів, асистент, e-mail: k.s2501@ukr.net, тел.: +380938133430; id ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5100-873X>

Koritchuk Sergey Oleksandrovich, National Transport University, Department of Airports, Assistant, k.s2501@ukr.net, +380938133430; id ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5100-873X>

Анотация. Одной из проблем процесса доставки грузов (ПДГ) является проблема транспортной составляющей процесса. Возникает задача объективного контроля состояния: определенных технических систем подвижного транспортного средства; количественных и качественных состояний груза; психофизиологического состояния оператора подвижного транспортного средства. Так как мы рассматриваем транспортное перемещение груза автомобилем, то возникает задача мониторинга 4-х составляющих ПДГ. Это состояние водителя, груза и автомобиля, их временных характеристик.

Ключевые слова: мониторинг процесса доставки груза, контрольно-временные точки, сценарий доставки грузов, рискология.

Постановка проблемы. В настоящее время разработан ряд методов, методик, технологий и программных продуктов, призванных повысить эффективность эксплуатации транспортных средств.

Принципиально новым является мониторинг процесса доставки груза по разработанному плану реализации этого аспекта доставки грузов, который предложен для внедрения на железнодорожном транспорте Украины. Мониторинг реализуется методом назначения и отслеживания контрольно-временных точек (КВТ) [1]. Функционирование мониторинга базируется на использовании составленного, при получении заявки, сценария доставки груза. Данный факт служит доказательством, еще раз, необходимости наличия априорного сценария ДГ и действенного терминологического аппарата, однозначность которого позволяет грамотно решать поставленные задачи. В принципе обсуждаемый метод служит хорошим дополнением к решению логистических проблем, где чаще всего применяется мультимодальный транспорт с привлечением всей инфраструктуры транспорта. Анализ метода показал, что он реально выполним не только для железнодорожного транспорта, но и применим ко всем видам транспорта, особенно для автомобильного, с которым чаще всего работают железные дороги. Поэтому синтезируемые термины и определения должны учитывать специфику всех видов транспортных средств.

Еще один аспект синтезируемой современной терминологической системы процессов доставки грузов заключается в рациональном использовании терминов и определений связанных с применением такого понятия, как «риск» и всех тех действий ПДГ которые с ним связаны. Правда, не следует забывать, что рискология, применительно к транспортным проблемам еще сама находится на стадии становления. В этом вопросе научные и технические разработки оказались, в отличии от других прогрессивных методологий проектирования, изготовления, эксплуатации и модернизации сложных систем, на втором месте. Следует признать, что рискологию первоначально взяли на «вооружение» финансисты и страховики. На транспорте первым начали применять методы рискологии авиаторы. Международная организация гражданской авиации (ИКАО, Монреаль, Канада) уже несколько лет практикует концепцию обеспечения безопасности полетов путем контроля и управления рисками [2, 3]. Другие виды транспорта еще, по данному вопросу, находятся в стадии становления [4]. Но, все же, методы оценки рисков и управления начинают все интенсивнее внедряться в теорию и практику проектирования и эксплуатации транспортных средств, в том числе и на автомобильном транспорте [5].

Основной материал. Для более обоснованного решения проблем терминологии опишем сущность предлагаемого мониторинга методом назначения КВТ. Целесообразно решать именно так, поскольку в метод стоит добавить оценку рисков, которые возникают практически на каждом этапе ДГ.

Так как в данной статье дается ряд терминов и их современных определений, то будем считать, что номер определения идет за определением работы [6] порядком. Для начала дадим определение, что в системологии ДГ означает мониторинг определяющих категорий доставки груза.

Определение 43. Мониторинг ДГ – означает наблюдение, оценку и прогноз пространственно-временного перемещения подвижного транспортного комплекса, состоящего из объектов контроля «водитель-груз-автомобиль (ВГА)», оценки их состояния и диагностики (прогноза) параметров состояния элементов комплекса в реальном режиме времени t при отсутствии базового технического обслуживания.

Не будем отвлекаться на несвойственные нам задачи оценки состояния водителя и груза, а сосредоточимся на мониторинге технического состояния автомобиля. Следовательно, нам необходимо иметь пространственно-временные характеристики процесса ДГ. Будем считать их следующими: пространственно-временные характеристики и определяющие параметры технического состояния автомобиля, перевозящего груз. Для этого применим разработанную методику, состоящую в реализации этапов:

- Э1 (действия по составлению сценария ДГ, организации доставки груза, технической подготовки процесса ДГ), рис.1;
- Э2 (действия по доставке груза, контролю расхождения сценария и фактического процесса ДГ, КВТ по классу проблемных ситуаций ПДГ, принятия решений), рис.2;
- Э3 (действия по контролю эффективности технического использования комплекса ВГА, планированию реализации Управляющего воздействия (УВ), распределения ресурсов для выполнения УВ, реализации управляющего воздействия), рис.3.

Следует сказать, что рисунки 1-3 дают упрощенную структуру цепочки действий (последовательных, последовательно-параллельных, параллельных) процесса доставки грузов и сопровождающих основной процесс, действий. Следует сделать вывод, что после каждого (и в процессе их выполнения) должно быть отмечено действие:

- принятия решений, PS_7 ;
- информационного обеспечения PS_{12} ;

– оценки (изменения) риска ДГ PS_{13} .

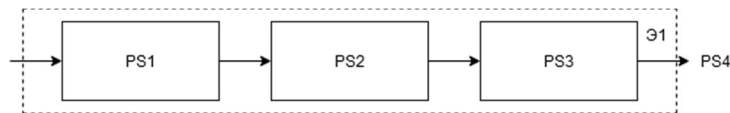


Рис. 1. Упрощенная структура ПДГ по этапу Э1

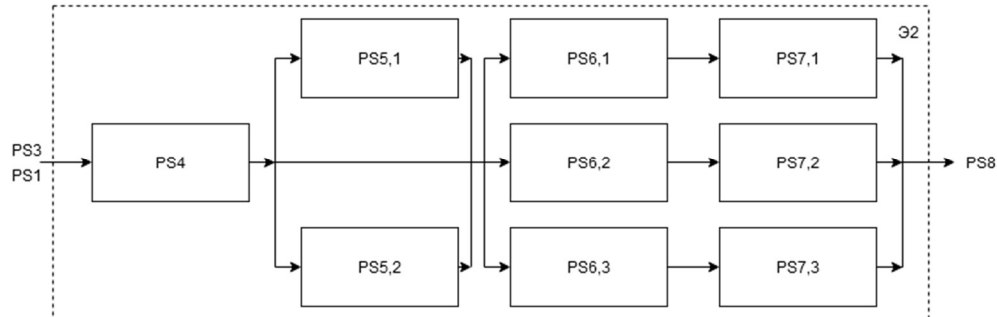


Рис. 2. Упрощенная структура ПДГ по этапу Э2

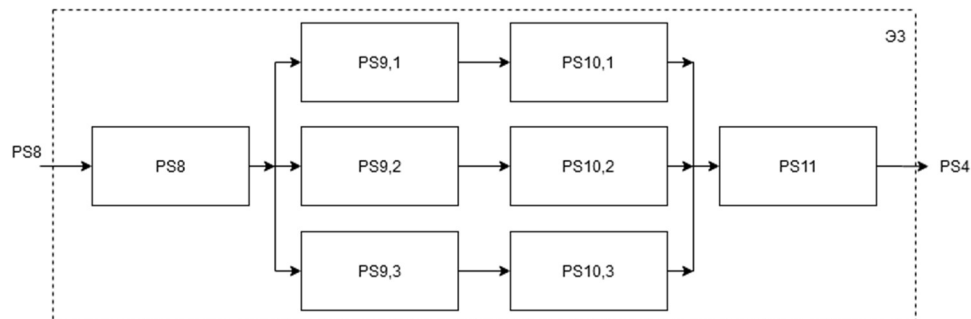


Рис. 3. Упрощенная структура ПДГ по этапу Э3

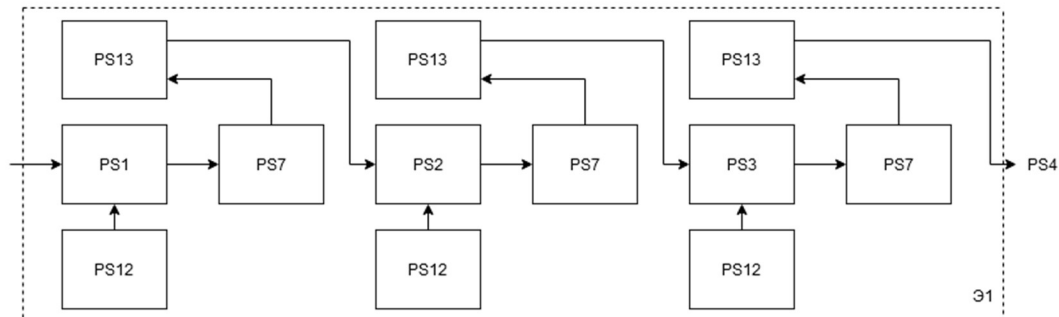


Рис. 4. Структура ПДГ по этапу Э1

Это обусловлено тем, что в процессе всех действий $PS_1 \div PS_{13}$ неоднократно выполняются действия по принятию решений PS_7 на базе поступающей информации PS_{12} и оценка риска возникающего при этом – PS_{13} . Дадим более точные, формальные определения для этапов $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2, \mathcal{E}_3$ и основополагающих терминов «контрольно-временная точка (КВТ)» и «управляющее воздействие (УВ)».

Определение 44. Этап $\mathcal{E}_1$ определяет действия, которые необходимо выполнить до отправления в рейс передвижного транспортного комплекса ВГА, и которые составляют сущность необходимости сценария ДГ, организационное и техническое обеспечения ДГ комплексом ВГА при многократном выполнении действий по принятию решений PS_7 на основе поступившей информации PS_{12} и действий по априорной оценке риска выполнения ДГ.

Определение 45. Этап $\mathcal{E}_2$ определяет действия выполняемые непосредственно при ДГ по назначению PS_4 , контроля временных $PS_{5,1}$ и пространственных расхождений $PS_{5,2}$ между плановыми данными сценария и фактическим процессом доставки груза, а также сущность идентификации

состояния водителя – $PS_{6,1}$, груза – $PS_{6,2}$ и транспортного средства – $PS_{6,3}$ на основе информационного обеспечения PS_{12} при осуществлении действий по ситуациям PS_7 и апостериорной оценке риска выполнения ДГ после выполнения сегментов и этапов сегментов процесса доставки груза.

Определение 46. Этап $\mathcal{E}_3$ выполняется при факте несоответствия текущего состояния водителя (груза, транспортного средства) плановым показателям и включает планирование управляющего воздействия (УВ) – PS_9 , распределение ресурсов для выполнения $VB - PS_{10}$, непосредственную реализацию управляющего воздействия – PS_{11} на основе информации PS_{12} как информационного результата выполнения стадий УВ и оценки PS_{13} риска выполнения ДГ после реализации действий по осуществлению управляющего воздействия.

Определение 47. Контрольно-временная точка (КВТ) назначаемая сценарием ДГ имеет ряд априорных информационных элементов, которые в полной мере позволяют использовать КВТ для сценарной дислокации и сравнения ее с процессно-временной дислокацией подвижного транспортного комплекса ВГА.

Определение 48. Проблемная (перилигенная – тающая опасность) ситуация процесса доставки грузов (ПС ПДГ) – представляет собой совокупность, в некоторый момент времени, особых обстоятельств как результат причинно-следственной связи, которые инициируют дестабильность негативных факторов системы доставки грузов и приносят проблему (начало развития проблемы) в характер ПДГ.

Проблемная ситуация ПДГ – это множество $ПС = \{СКВТ_{ПК}, СКВТ_K, СКВТ_{СК}\}$ с присвоением КВТ, характерной для данной ситуации, статуса проблемной.

Определение 49. Предкритическая проблемная ситуация ПДГ – $СКВТ_{ПК}$, которая классифицирует соответствующую $КВТ_i$ как предкритическую, вызывает необходимость разработки текущего управляющего воздействия (УВ), на него немедленной реализации, и приводит к повышенному вниманию к процессу доставки груза.

Определение 50. Критическая проблемная ситуация ПДГ – $СКВТ_K$, которая классифицирует соответствующую $КВТ_i$ как критическую, вызывает необходимость коррекции УВ и его реализацию в процессе доставки груза (этап 3), а также привлечения особого внимания к ПДГ.

Определение 51. Сверхкритическая проблемная ситуация ПДГ – $СКВТ_{СК}$ которая классифицирует соответствующую $КВТ_i$ как сверхкритическую, вызывает немедленную реализацию УВ процесса доставки груза для устранения значительного расхождения плановых (сценарных) и фактических данных процесса ДГ.

Для полноты описания, введем в множество проблемных ситуаций вариант $КВТ_i$ которому присваивается статус «стандартный», то есть $КВТ_C$ при выполнении плавного управления ПДГ, то есть $ПС = \{КВТ_C, СКВТ_{ПК}, СКВТ_K, СКВТ_{СК}\}$.

Определение 52. Управляющим воздействием (УВ) – является совокупность действий водителя, диспетчерского и руководящего персонала, который участвует в ПДГ, по устранению несоответствия плановых и фактических данных процесса доставки груза.

Управляющие воздействия имеют различную природу действия на процесс управления доставкой груза, и делятся, после установления причины рассогласования сценарного и процессного хода ПДГ на:

- физическое сенсомоторное воздействие (увеличение/уменьшение скорости движения комплекса, влияние дополнительных по ТО/ремонт систем транспортного средства и т.п.);
- логическая операция (формализация ПДГ и установление причинно-следственной связи между факторами ДГ, переопределения фактического значения $КВТ_i$, переопределение планового значения $КВТ_i$ и др.);
- информационная процедура (дополнительное информирование исполнителей УВ о текущем состоянии факторов ПДГ, количественная информированность водителя транспортного комплекса – «не мешай работать» и т.п.).

Управляющее воздействие может быть смешанным, то есть состоять из различного рода действий по устранению/уменьшению их печального влияния, например, логическая операция по выявлению причинно-следственной связи плюс физическое воздействие на управление автомобилем, перевозящем грузы по назначению. Как уже отмечалось, подвижной транспортный комплекс ВГА может попасть в транспортное происшествие с отображением информации о нем в ДУ, причем тяжесть ТП может быть разная. Для определения связи между ТП и их последствиями (вплоть до катастрофических) для «водителя-груза-транспортного средства» дадим определение множества $ТП = \{I_H, СИ_H, A_B, ТА_B\}$ исходя из риска перехода одного вида ТП в другой, что на практике не всегда выявляется из-за временной плотности развития ТП (секунды и доли секунд) или недобросовестности оценки степени влияния одного вида ТП на другой. На этом аспекте следует остановиться подробнее. Водитель заметив причину которая может (возможный характер) привести к инциденту I_H принимает решение парировать его и выбирает УВ, которое негативно сказывается на развитие ситуации. Инцидент, развиваясь далее, перерастает в серьезный инцидент $СИ_H$. Опять же водитель принимает неправильное решение по устранению причины возникшего развития ТП. Серьезный инцидент превращается в аварию A_B , последствия которой уже заметно негативные. При развитии (возможном) транспортного происшествия от аварии до тяжёлой аварии, было принято также неэффективное УВ. В итоге, имеем тяжёлую аварию с региональными (а может быть и серьезнее) катастрофическими последствиями, кроме того существует и личностная катастрофа.

Определение 53. Транспортным происшествием (ТП) процесса доставки груза – является нарушение безопасности движения комплекса ВГА, приведшее к проблемной ситуации ДГ различного класса сложности и различным последствиям.

Определение 54. Инцидент (I_H) ПДГ заключается в незначительном событии процесса доставки груза, возникшего по какой-то причине, которое привело к:

- созданию предпосылок для продолжения сценария развития ТП от I_H к $СИ_H$, и/или
- угрозе или несколькими повреждениями транспортного средства, и/или
- возникновению угрозы для здоровья людей, участников транспортного процесса, и/или
- нанесению незначительного ущерба окружающей среде, и/или
- нанесению материального ущерба транспортным пассажирам и/или грузу, и/или
- повышению текущего уровня риска ТП.

Определение 55. Серьезный инцидент ($СИ_H$) ПДГ заключается в значительном событии процесса доставки груза, возникшего по какой-либо причине, которое привело к:

- созданию предпосылок для продолжения сценария развития ТП от $СИ_H$ к A_B , и/или
- повреждению транспортного средства, и/или
- травмам людей, участников транспортного процесса, легкой и средней тяжести, и/или
- нанесению значительного ущерба окружающей среде, и/или
- нанесению сильного материального ущерба транспортируемым пассажирам и/или грузу, и/или
- резкому повышению текущего уровня риска ТП.

Определение 56. Авария (A_B) ПДГ заключается в многозначительном событии процесса доставки груза, возникшего по какой-либо причине, которое привело к:

- созданию предпосылок для продолжения сценария развития от A_B к $ТА_B$, и/или
- гибели людей или нанесение им травм тяжёлой степени и/или
- разрушению конструкции транспортного средства и/или
- максимальному материальному ущербу из-за полного уничтожения (потери) транспортируемого груза и/или
- нанесении ущерба окружающей среде с трудно устраняемыми последствиями и/или
- приближению текущего уровня риска тяжёлой аварии к единице.

Определение 57. Тяжелая авария ($ТА_B$) ПДГ, заключается в аварии, имеющей в виде последствий региональную катастрофу, которое привело к :

- максимальному количеству потерь в людях – участников конкретного случая ТП и/или
- полную потерю транспортного средства и груза и/или

– нанесение ущерба окружающей среде с необратимыми или продолжительным влиянием на жизнь и здоровье жителей окружающего ТП региона.

Риск транспортных происшествий $R_{ТП}$ определяется причиной риска $ПР_{ТП}$ которое является, в свою очередь, состоящим из нескольких факторов риска $ФР_{ТП}$ очень редко бывает, что $ФР_{ТП}$ выступает в единичном числе. Риск транспортного происшествия является весьма специфичной величиной ПДГ. С одной стороны, это показатель успешного выполнения ПДГ, при $R_{ТП} \rightarrow 0$, с другой стороны, определение $R_{ТП}$ идет в обстановке информационной неопределенности, что вызывает необходимость обращаться к математическому аппарату нечеткой логики.

Информационная неопределенность имеет следующие факторы своего появления:

– априорность некоторых действий процесса доставки груза;
– низкие значения критериев информации (достоверность, полнота, однородность, непрерывность) и информационного обеспечения (оперативность и экономичность), которое снабжает PS_i , $i = \overline{1,13}$ текущими данными ПДГ;

– запаздывание информации о выполненных действиях этапа 3 процесса доставки груза;
– $R_{ТП}$ является возможностной характеристикой процесса, неоднородность ПДГ, отсутствие достаточной базы данных, не позволяют точно или даже с погрешностью в 10% определять текущий уровень этой величины.

Может быть так, что n – водителей удачно проедут весь маршрут и доставят груз по назначению, а $n+1$ – водитель этого эффекта не получит. Неблагоприятное сочетание факторов риска ТП определяет причину риска и дает уровень риска транспортного происшествия около единицы, что с большой долей уверенности приведет к ТП, как свершившегося события. Факторов риска ТП бывает множество, как внутрисистемных (СДГ), так и определяющихся внешней средой.

Определение 58. Фактор риска ($ФР_{ТП}$) является негативным (дестабилизирующим) обстоятельством вносящим свою долю в риск ТП, являющимися возможной составной частью (крайне редко в единственном числе) причины появления возможности ТП.

Определение 59. Причина риска ($ПР_{ТП}$) является множеством совокупностей, взаимодействующих внутренних и внешних факторов риска в результате воздействия, которых появляется возможность ТП.

Следует различать организационный риск $ОР_{ПДГ}$ и технический риск процесса доставки груза $ТР_{ПДГ}$. Эти риски имеют различную структуру и факторы риска. Если $ОР_{ПДГ}$ сказывается на первых этапах процесса ДГ, то $ТР_{ПДГ}$ добавляет над комплектом ВГА весь рейс. Приведем определения для $ОР_{ПДГ}$ и $ТР_{ПДГ}$ [7.8].

Определение 60. Организационный риск $ОР_{ПДГ}$ является возможной характеристикой процесса доставки груза и определяет появление отрицательного результата выполняемой ДГ, как следствие причин, связанных с негативной организацией и функциями управления комплексом ВГА в процессе доставки груза.

Определение 61. Влияние технического риска $ТР_{ПДГ}$ представляет собой возможность появления отрицательного результата ПДГ как следствия по причине связанной с неправильными технико-технологическими решениями, допущенными при выполнении подготовки, ТО или ремонта транспортного средства.

Назовем только по одной причине возникновения организационного и технического риска. При подготовке подвижного транспортного комплекса ВГА, создается временная группа специалистов (диспетчеров, водителей, инженерно-технических специалистов) которые определяют состояние комплекса и принимают решения относительно работ, которые необходимо выполнить при подготовке «водителя – груза – транспортного средства». И если эта группа не обладает должной компетентностью, базой личностного ответа и знаний, эвристическими способами мышления, то $ОР_{ПДГ}$ и $ТР_{ПДГ}$ значительно вырастают в пределах [0.1].

Определение 62. Риск формирования коллектива (РФК) – характеризует возможность возникновения непродуктивного, ошибочной работы группы исполнителей по причине несоответствия личностных и профессиональных факторов.

Причина РФК состоит из ряда факторов риска $\Phi P_{\text{гп}}$:

- психофизиологическая несовместимость членов группы исполнителей;
- члены группы исполнителей являются сторонниками различных научно-практических школ;
- наличие временной, моральной и материальной «диктатуры» внутри группы.

Определение 63. Технический риск диагностирования состояния автомобиля (ТРД) – характеризует возможность возникновения отказа систем и изделий автомашины, в процессе выполнения ДГ, по причине скрытой неисправности диагностической аппаратуры, находящейся в базовом центре ТО автокомпании.

Причина ТРД состоит из следующих факторов:

- возникновение ошибки диагностирования 1-го ряда α , это случай признания системы автомобиля неисправной, при фактически исправной системе;
- возникновение ошибки диагностирования 2-го ряда β , это случай признания системы автомобиля исправной, при фактически неисправной системе;

Второй фактор ΦTP_2 – является более опасным, так как не может привести к внезапному отказу системы, то есть к транспортному происшествию с соответствующими последствиями. Объем этой статьи не позволяет рассматривать временные показатели метода КВТ и сущность управляющих воздействий при различных статусах KBT_i . Указанный анализ сделаем во второй части данной темы, в статье которая уже подготовлена к печати.

Выводы. В статье рассмотрены основополагающие термины и определения метода контрольно-временных точек предназначенных для отслеживания процесса доставки грузов по назначению автомобильным транспортом. Данный метод является универсальным для мониторинга ПДГ различными видами транспорта, но более всего он подходит для железнодорожного и автомобильного транспорта. Проблематика этого метода включает в себя и передачу значительного потока информации от передвижного транспортного комплекса ВГА в центр анализа и технической диагностики устройств и изделий сложных транспортных организационно-технических систем. Предлагается для этого использовать различные технические системы, от устройств мобильной связи до навигационных средств спутниковых систем. Во всех методах передачи информации есть свои плюсы, но есть и минусы. Однако, контроль за безопасностью подвижных средств транспорта уже осуществляется, вопрос диагностики систем и изделий транспортных средств давно и остро стоит перед исследователями в области транспорта. Хотя и здесь есть немало спорных вопросов. Один из них заключается в правильности и однозначности оценки параметров, характеризующих техническое состояние транспортных систем при наличии диагностических ошибок 1-го и 2-го рядов. Эта проблема нами будет рассмотрена в дальнейшем.

Литература

1. Кириченко Г.І. Моніторинг процесів доставки вантажів методом призначення контрольно-часових точок./О.Л.Петрашевський, Г.І. Кириченко, О.В.Алексєєнко, С.М.Овчаренко, О.В.Петриковец // Вісник НТУ.-Київ, -Вип.29.-2014.-с.308-317.
2. Управление безопасностью полетов: Приложение 19 к Конвенции о международной гражданской авиации. – Монреаль, Канада, июль 2013.
3. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП): Дос. ICAO 9859- AN/474. – Изд. 3-е. – Монреаль, Канада, 2013.
4. Черкасов В.В. Проблемы риска в управленческой деятельности. / В.В. Черкасов. – К: "Ваклер", 2002.-318с.
5. Рунэ Эльвик, Аннэ Боргер Мюсен, Трюле Во. Справочник по безопасности дорожного движения /Пер.с норв.// Под редакцией проф.В.В.Сильянова. – М.: МАДИ (ГТУ), 2001. – 754с.
6. Петрашевский О.Л. Пропозиції щодо вдосконалення термінологічної системи транспортної системології (частина 1) / О.Л.Петрашевський //НТЗ НТУ "Інформаційні процеси, технології та системи на транспорті" – Київ. – Вип.3. – 2017. – с.102-107.
7. Гибсон Дж., Иванцевич Д., Даннелли Д. Организация: поведение, структура, процессы: пер. с англ. – М.:ИНФРА-М, 2000.
8. Мильнер Б.З. Теория организации: учебник. – М.:ИНФРА-М, 2000.

**TIME POINTS ON THE AXIS OF THE SCENARIOS OF CARGO DELIVERY BY ROAD
TRANSPORT
(PART 1)**

Petrashevskiy Oleh Lvovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Department of Airports, Professor, olp47@ukr.net, +380996092476, orcid.org/0000-0001-7909-6057

Popelish Ivan Ivanovich, Ph.D., Associate Professor, National Transport University, Department of Airports, Associate Professor; e-mail: i_i_p@ukr.net, тел.: +380668827221; id ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3358-6565>

Aliexsieienko Oleksandr Valeriiovich, National transport university, Department of Airports, senior lecturer; e-mail: alexaliexsieienko@gmail.com, тел. +380636039903; id ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3796-9929>

Semenchenko Oksana Vasylivna, National Transport University, Senior Lecturer, Department of Transportation Systems and Road Safety, O.Semenchenko@ukr.net, +380671314124, orcid.org/0000-0002-9004-2575

Koritchuk Sergey Oleksandrovich, National Transport University, Department of Airports, Assistant, k.s2501@ukr.net, +380938133430; id ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5100-873X>

Summary: One of the problems of the cargo delivery process (DRG) is the problem of the transport component of the process. The problem arises of objective monitoring of the state of: certain technical systems of a mobile vehicle; quantitative and qualitative conditions of the cargo; psychophysiological state of the operator of a mobile vehicle. Since we consider the transport movement of cargo by a car, the problem arises of monitoring the 4 components of the SDG. This is the state of the driver, cargo and vehicle, their temporal characteristics.

Keywords. monitoring of the cargo delivery process, time points, cargo delivery scenario, riskology.

References

Kyrychenko H.I. Monitorynh Protsesiv Dostavky Vantazhiv Metodm Pryznachennia Kontrolno-Chasovykh Tochok. / O.L.Petrashevskiy H.I. Kyrychenko O.V.Aliexsieienko S.M.Ovcharenko O.V.Petrykovets // Visnyk NTU.-Kyiv -Vyp. 29.-2014.-p.308-317.

Upravlenye Bezopasnostiu Poletov Prylozhenye 19 K Konventsyy O Mezhdunarodnoi Hrazhdanskoi Avyatsyy. – Monreal Kanada Yiul 2013.

Rukovodstvo Po Upravleniyu Bezopasnostiu Poletov (RUBP) Doc. ICAO 9859- AN474. – Yzd. 3-E. – Monreal Kanada 2013.

Cherkasov V.V. Problemy Ryska V Upravlencheskoi Deiatelnosti. / V.V. Cherkasov. – K"Vakler" 2002.-318p.

Rune Elvyk Anne Borher Miusen Triule Vo. Spravochnyk Po Bezopasnosty Dorozhnoho Dvyzheniya Per.S Norv. Pod Redaktsyei Prof.V.V.Sylianova. – M. MADY (HTU), 2001. – 754p.

Petrashevskiy O.L. Propozytsii Shchodo Vdoskonalennia Terminolohichnoi Systemy Transportnoi Systemolohii (Chastyna 1) / O.L.Petrashevskiy NTZ NTU "Informatsiini Protsesy Tekhnolohii Ta Systemy Na Transporti" – Kyiv. – Vyp.3. – 2017. – P.102-107.

Hybson Dzh. Yvantsevykh D. Dannelly D. Orhanyzatsyya Povedenye Struktura Protsessy Per. S Anhl. – M.YNFRA-M 2000.

Mylner B.Z. Teoryia Orhanyzatsyy Uchebnyk. – M.YNFRA-M 2000.

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВОДОВІДВЕДЕННЯ З АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ



Каськів Володимир Іванович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортного будівництва та управління майном e-mail: vi_kas@ukr.net, тел. +380504458544, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к. 138.

<https://orcid.org/0000-0002-8074-6798>



Гавришук Владислав Володимирович, спеціаліст з технічної підтримки ТОВ «АКО Будівельні Елементи Лтд.», e-mail vlad.havryshchuk@gmail.com, тел.: +380963796185, Україна, 04080, м. Київ, вул. Вікентія Хвойки 18/14, офіс 227

<https://orcid.org/0000-0003-3164-4426>

Анотація. Виконано аналіз існуючих методів водовідведення. Доведено, що традиційні рішення, які застосовуються при проектуванні автомобільних доріг є неефективними. Не забезпечене водовідведення з проїзної частини негативно впливає на довговічність основи земляного полотна та суттєво впливає на забруднення навколишнього середовища.

Запропоновано вирішення мінімізації впливу опадів на довговічність дорожньої конструкції з мінімізацією негативного впливу стічних вод на навколишнє середовище.

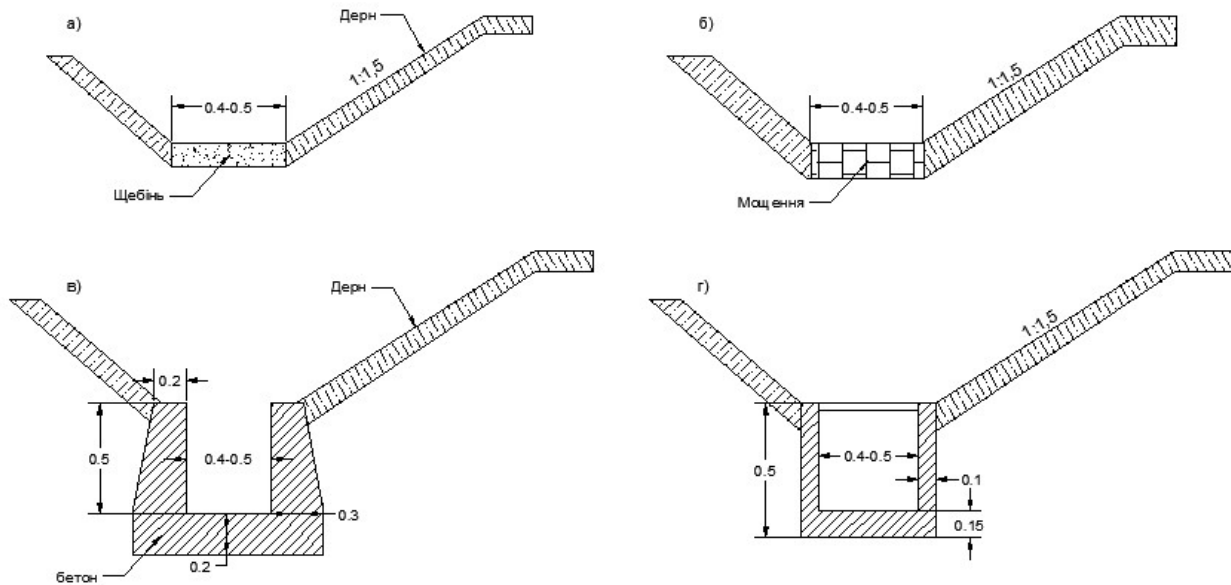
Ключові слова: автомобільна дорога, водовідведення, ґрунтова канава, поздовжній похил, пропускна здатність.

Постановка проблеми. Проектування водовідведення з автомобільних доріг – це одне з найважливіших питань для більшості країн світу. Як правило, воно пов'язане з безпекою руху, довговічністю дорожніх конструкцій, охороною навколишнього середовища. В Україні методи проектування водовідведення є застарілими й у більшості випадків застосовуються типові рішення без аналізу та техніко-економічного обґрунтування. Дослідження даного питання науковцями було розпочате в середині минулого століття, однак суттєвих змін у його вирішенні з того часу не було досягнуто. Для прикладу, більше наукових праць в дорожній галузі приділяється явищу аквапланування та визначенню зчеплення колеса автомобіля з вологим покриттям, ніж вирішенню питання водовідведення, хоча зазначені питання, у більшості випадків, є результатом неякісного водовідведення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У вітчизняній практиці дослідженням питання проектування водовідведення не було приділено останньої уваги. Одне із перших рішень з проектування відводу поверхневого стоку з покриття автомобільних доріг було описане А. К. Біруля [1]. Фактично, дане рішення відповідало потребам того часу, адже питання відводу земель забруднення навколишнього середовища не були пріоритетними. В 80-90 роках відбулися спроби удосконалити рішення для влаштування водовідведення [2], однак вони були невдалими, оскільки в сучасній нормативній документації та в перспективних проектах [3, 4], без врахування технологічного прогресу, основним елементом дорожнього водовідведення залишається канава. Європейські ж та міжнародні практики мають суттєві відмінності від вітчизняних [5 – 8].

Мета роботи – виконати аналіз відомих методів проектування поверхневого водовідведення. Запропонувати раціональне рішення з мінімізації впливу опадів на дорожню конструкцію.

Аналіз методів проектування водовідведення на автомобільних дорогах. Загальноприйнятим рішенням при проектуванні автомобільних доріг України є ґрунтова канава (рис. 1), в залежності від складності умов проходження траси має різновиди [1].



а – укріплені дренами; б – одернування стінки; в – бетонний лоток; г – залізобетонний лоток
 Рисунок 1 – Конструкції укріплених канав та лотків

a - reinforced drains; b - non-uniform walls; c - concrete ditch; g - reinforced concrete ditch
 Figure 1 – Structures of reinforced ditches and flumes

Традиційно, при проектуванні автомобільної дороги за межами населених пунктів при невисоких насадках застосовуються кювети (канави), причому вони можуть бути укріплені чи без укріплення. Дане рішення є досить простим при проектуванні, а також при будівництві, не потребує особливих капіталовкладень, однак це всі переваги даного рішення. Відповідно до [3], поперечний профіль автомобільної дороги влаштовується з похилом для відведення поверхневого стоку з проїзної частини на узбіччя, з якого він відводиться на укоси земляного полотна і в ґрунтову канаву. Теоретично, дане рішення є ефективним, але яким чином надлишок стоку з водонепроникного покриття [10] впливає на довговічність роботи дорожньої конструкції, та яка кількість забруднень потрапляє в ґрунтові води й забруднює ґрунтове середовище не досліджується в Україні. Ґрунтові канави не мають належного обґрунтування для потреб сьогодення. Однією з якісних характеристик системи водовідведення є швидкість транспортування стоків. Відповідно до [9], швидкість руху дощових стоків в канаві визначають за формулою (1).

$$V_{\text{лот}} = \frac{1}{n} \left(\frac{h_{\text{л}}}{2} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}. \quad (1)$$

З урахуванням формули (1), визначимо швидкість потоку в ґрунтовому каналі при умові шару стоку в канаві 50 мм, діапазон поздовжніх похилів приймаємо – 0,001 – 0,050, допустимі похили для доріг І технічної категорії (табл. 1).

Проводити паралелі з Європейськими країнами з аналогічною протяжністю мережі доріг було б хибно, оскільки на території України – «особливий» склад автомобільного транспорту.

Ще до кінця ХХ століття дорожня галузь мала спробу кардинально змінити рішення з водовідведення (рис. 2) [2]. Ефективне відведення дощового стоку можливе при достатній пропускній здатності системи. Ця характеристика залежить від шорховатості матеріалу, форми, розмірів та поздовжнього похилу. У 80-х роках з'явилися конструктивні рішення, які були направлені на вирішення питання якісного водовідведення. Основною їх проблемою була пропускна здатність. Вони були обмежені у застосуванні та не забезпечували комплексного вирішення питання водовідведення. Також, водовідвідний лоток в дорожній конструкції повинен відповідати вимогам надійності, безпеки, довговічності, ефективності. Технологічні можливості 80-х років минулого сторіччя не могли забезпечити ефективну конструкцію системи водовідведення. Дане рішення практично не було застосоване при

проектуванні автомобільних доріг та не знайшло відображення у будівельних нормах. Подальшого широкого застосування дані дослідження не отримали.

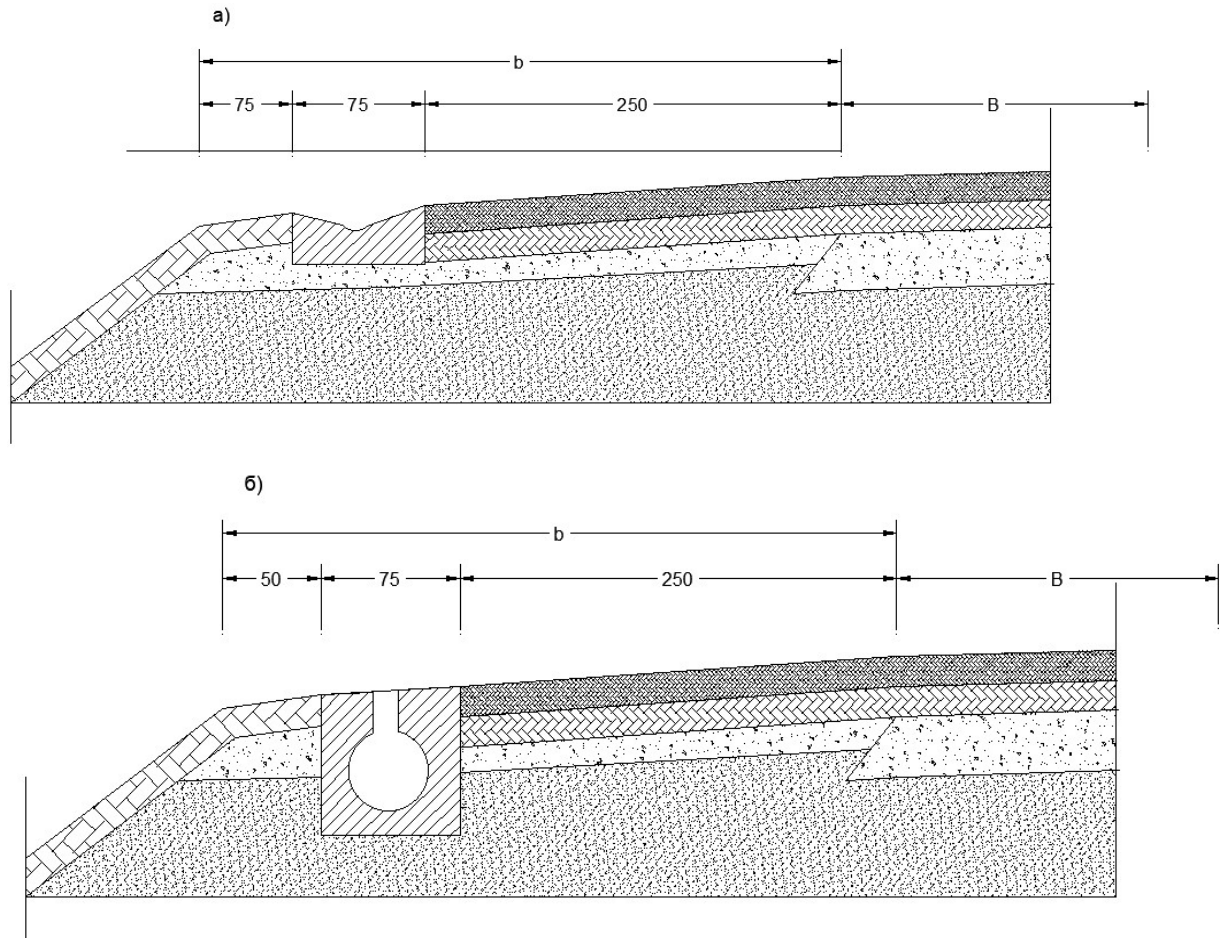
Таблиця 1 – Характеристика швидкості потоку при заданих параметрах канави та поздовжнього похилу
Table 1 – Characteristics of the flow rate at the specified parameters of the ditch and the longitudinal slope

№п/п	n	$h_{л}$, мм	i	V , м/с	№п/п	n	$h_{л}$, мм	i	V , м/с
1	0,04	50	0,001	0,007	26	0,04	50	0,026	0,034
2	0,04	50	0,002	0,010	27	0,04	50	0,027	0,035
3	0,04	50	0,003	0,012	28	0,04	50	0,028	0,036
4	0,04	50	0,004	0,014	29	0,04	50	0,029	0,036
5	0,04	50	0,005	0,015	30	0,04	50	0,03	0,037
6	0,04	50	0,006	0,017	31	0,04	50	0,031	0,038
7	0,04	50	0,007	0,018	32	0,04	50	0,032	0,038
8	0,04	50	0,008	0,019	33	0,04	50	0,033	0,039
9	0,04	50	0,009	0,020	34	0,04	50	0,034	0,039
10	0,04	50	0,01	0,021	35	0,04	50	0,035	0,040
11	0,04	50	0,011	0,022	36	0,04	50	0,036	0,041
12	0,04	50	0,012	0,023	37	0,04	50	0,037	0,041
13	0,04	50	0,013	0,024	38	0,04	50	0,038	0,042
14	0,04	50	0,014	0,025	39	0,04	50	0,039	0,042
15	0,04	50	0,015	0,026	40	0,04	50	0,04	0,043
16	0,04	50	0,016	0,027	41	0,04	50	0,041	0,043
17	0,04	50	0,017	0,028	42	0,04	50	0,042	0,044
18	0,04	50	0,018	0,029	43	0,04	50	0,043	0,044
19	0,04	50	0,019	0,029	44	0,04	50	0,044	0,045
20	0,04	50	0,02	0,030	45	0,04	50	0,045	0,045
21	0,04	50	0,021	0,031	46	0,04	50	0,046	0,046
22	0,04	50	0,022	0,032	47	0,04	50	0,047	0,046
23	0,04	50	0,023	0,032	48	0,04	50	0,048	0,047
24	0,04	50	0,024	0,033	49	0,04	50	0,049	0,047
25	0,04	50	0,025	0,034	50	0,04	50	0,05	0,048

Переважає більшість країн світу оцінюють великий вплив автомобільної дороги на довкілля, це не лише забруднення ґрунтового, водного та повітряного середовищ, а й вплив на рельєф зі змінами подальшого руху поверхневих вод і відведення надлишку поверхневих стоків з водонепроникних покриттів, ерозії ґрунтів та замулення водойм – це лише короткий перелік впливу автомобільної дороги на природу. Традиційно, воду вважають однією з найбільших проблем доріг. Звичайно, це не лише поверхневі, а й ґрунтові води. Оцінка впливу води на дорогу, до прикладу, в європейській практиці виглядає так, як на рисунку 3 [5].

У європейських практиках, навіть для доріг з низькою інтенсивністю руху, за аналогією V-IV категорії автомобільних доріг [3], визначається вплив зволоження основи дорожнього одягу на рівність покриття (рис. 4).

Як відмічається у [5], європейські автомобільні дороги, не високих категорій, втрачають рівність через надмірне водонасичення ґрунту основи без впливу фактору замерзання-розмерзання. Дану функцію залежності рівності від строку експлуатації та водонасичення не можливо застосовувати до місцевих доріг України через кліматичні характеристики територій та перевантаження доріг понаднормовими навантаженнями від транспортних засобів.



а – бетонний лоток з блоків; б – закритий бетонний лоток;
 б – ширина узбіччя; В – ширина проїзної частини
 Рисунок 2 – Варіанти проектування системи поверхневого водовідведення

a - a concrete ditch made of blocks; b - closed concrete ditch;
 b - shoulder width; B - the width of the carriageway
 Figure 2 - Design options for surface drainage system

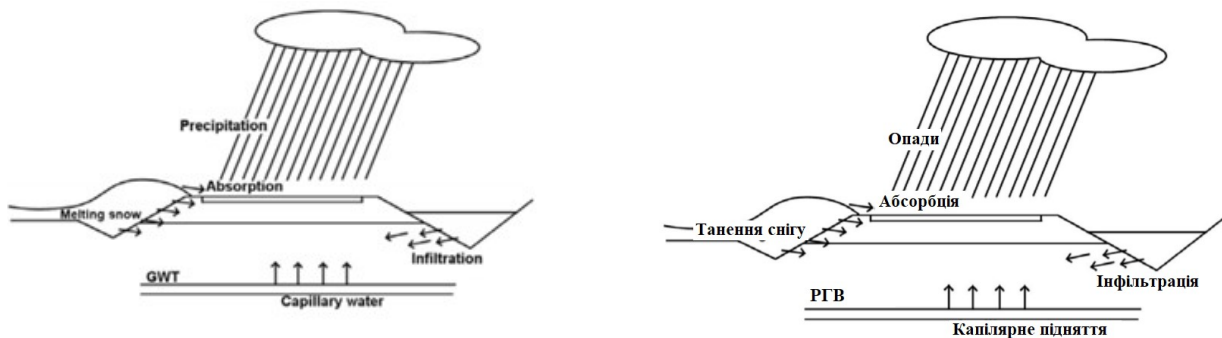


Рисунок 3 – Основні джерела зволоження дорожньої конструкції
 Figure 3 – The main sources of moisture of the road structure

Разом із збереженням дорожньої конструкції від руйнівного впливу води, велику увагу міжнародна спільнота приділяє питанням захисту довкілля. У зв'язку із загостренням питання зміни клімату, ряд країн анонсував розроблення програм з управління поверхневими стоками. Розроблені рішення для влаштування водовідведення (рис. 5), які на даний момент імплементовані в Україні [11]. В основу покладено завдання ефективного відведення стоків з покриттів при збереженні основних параметрів щодо міцності, морозостійкості, герметичності, хімічної стійкості тощо.

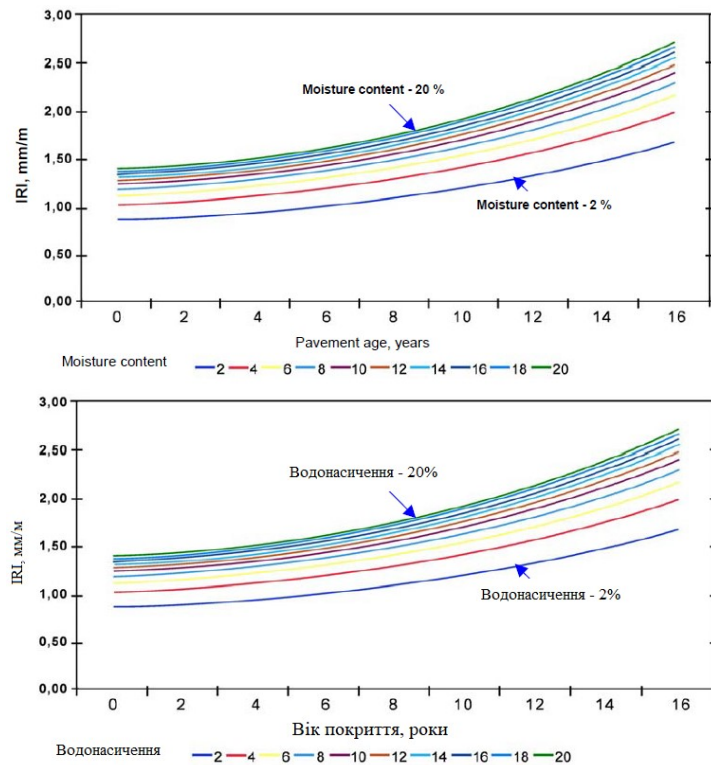


Рисунок 4 – IRI як функція строку експлуатації та водонасичення основи без врахування морозостійкості
 Figure 4 - IRI as a function of service life and water saturation of the substrate without taking into account frost resistance

Завдяки застосуванню сучасних будівельних матеріалів, таких як полімербетон, досягнення необхідної швидкості відведення стоків відбувається при мінімальних похилах. За рахунок технологічних особливостей забезпечується 100 % герметичність та надійність роботи системи протягом всього строку експлуатації дорожнього покриття.

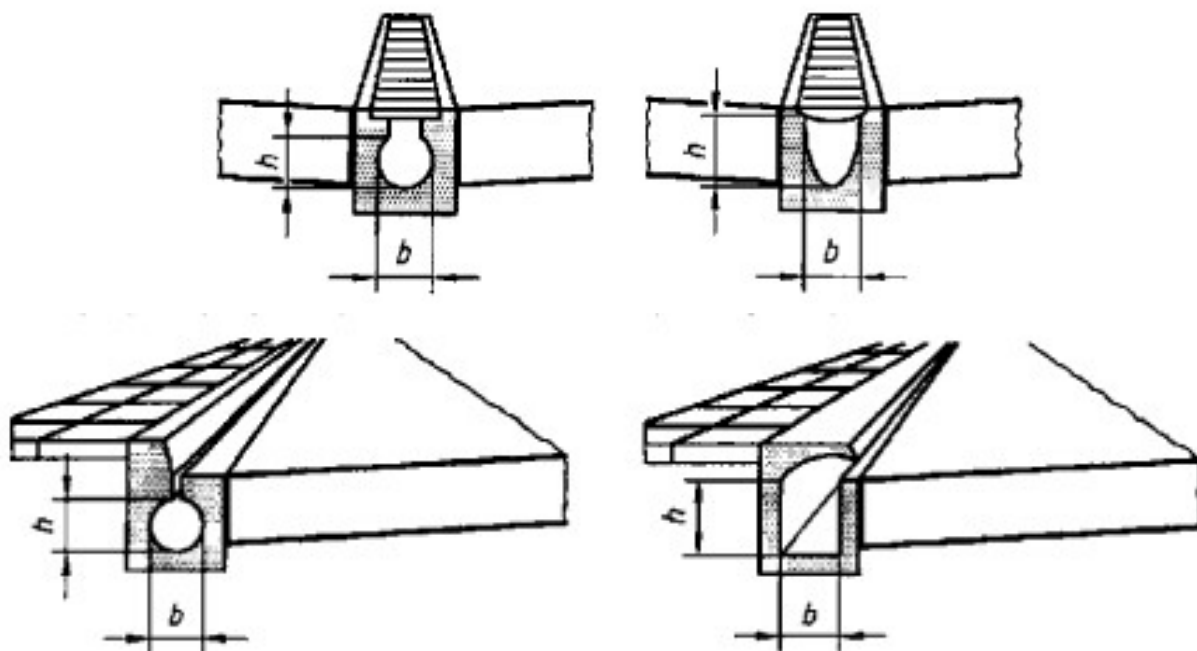


Рисунок 5 – Сучасні рішення для проектування системи поверхневого водовідведення
 Figure 5 – Modern solutions for the design of surface drainage systems

Поряд з такими характеристиками як міцність та довговічність, суттєву увагу потрібно приділяти морозостійкості під дією дорожніх реагентів. Завдяки універсальному поєднанню компонентів, системи водовідведення з полімербетону не піддаються впливу кліматичних умов. Система надійно працює в умовах застосування дорожніх реагентів та низьких температур, на відміну від традиційних бетонних рішень (рис. 6). Герметичність систем поверхневого водовідведення впливає не лише на довговічність і цілісність конструкції. Дана характеристика також перешкоджає потраплянню забруднених стоків в ґрунт.



Рисунок 6 – Сучасні рішення для водовідведення
Figure 6 – Modern solutions for drainage

Висновки. У роботі проведено аналіз діючих методів проектування водовідведення з автомобільних доріг. Виявлено, що чинна методика є не ефективною, також вона суттєво впливає на забруднення ґрунтів та ґрунтових вод. Конструкції, які пропонувались за радянських часів, давали можливість вирішувати питання водовідведення лише локально. Обґрунтування, як типового рішення, не було виконано. Представлені сучасні рішення міжнародної практики, які задовольняють технічні та технологічні вимоги до елементів дорожньої конструкції та вирішують питання захисту навколишнього середовища у напрямках унеможливлення забруднення ґрунтового та водного середовищ.

Перелік посилань

1. Бируля А. К. Проектирование автомобильных дорог. Москва : Автотрансиздат, 1961. 500 с.
2. Перевозников Б. Ф. Водоотвод с автомобильных дорог. Москва : Транспорт, 1982. 190 с.
3. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. [Чинний від 01.04.2016] Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2015. 91 с.
4. ДСТУ XXXX:201X Настанова з проектування та влаштування споруд поверхневого водовідведення на автомобільних дорогах загального користування. Проект. Київ : УкрНДНЦ, 20XX. 27 с.
5. Berntsen G. Saarenketo T. Drainage on low traffic volume roads. 2005. 123 p.
6. Saarenketo T. Roadex III Developing Drainage Guidelines for Maintenance Contracts. 2007. 59 p.
7. FAO, 1998. Watershed Management Field Manual: Road Design and Construction in Sensitive Watersheds. FAO Conservation Guide 13/5. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome 1998.
8. Design manual for roads and bridges. Surface and sub-surface drainage systems for highways. Volume 4. Section 2. Part 3. Hd 33/06.
9. Руководство по проектированию водоотвода и дренажа на летных полях аэродромов. Москва : Министерство гражданской авиации, 1982. 205 с.
10. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 01.01.2014] Вид. офіц. Київ : Мінрегіон України, 2013. 219 с.
11. EN 1433:2002 Drainage channels for vehicular and pedestrian areas - Classification, design and testing requirements, marking and evaluation of conformity.

ANALYSIS OF DRAINAGE METHODS FROM ROADS

Kaskiv V.I., Candidate of Engineering Science (Ph.D.), Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of Department of Transport Construction and Property Management, e-mail: vi_kas@ukr.net, tel. +380504458544, Ukraine, 01010, Kyiv, M. Omelianovycha-Pavlenka Str., 1, office 138, id ORCID 0000-0002-8074-6798

Havryshchuk V.V., ACO Building Materials Ltd., Kyiv, e-mail vlad.havryshchuk@gmail.com, tel.: +380963796185, Ukraine, 04080, Vikentiya Khvoiki str., 18/14, office 227. id ORCID 0000-0003-3164-4426

Abstract. Analysis of current methods of surface water management was performed. It is proved that the traditional solutions used in the design of highways are not effective. They affect the base of the earthen cloth durability and effect environmental pollution significantly.

The proposed solution is for minimization of precipitation influence on the durability of the road's structure and for minimization of wastewater negative impact on the environment.

Keywords: road, surface drainage, soil ditch, longitudinal slope, flow capacity.

References

1. Byrulia A. K. Proektyrovanye avtomobyl'nykh doroh. Moskva : Avtotransyzzdat, 1961. 500 s.
2. Perevoznikov B. F. Vodootvod s avtomobyl'nykh doroh. Moskva : Transport, 1982. 190 s.
3. DBN V.2.3-4:2015 Avtomobilni dorohy. Chastyna I. Proektuvannia. Chastyna II. Budivnytstvo. [Chynnyi vid 01.04.2016] Vyd. ofits. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2015. 91 s.
4. DSTU KhKhKhKh:201Kh Nastanova z proektuvannia ta vlashtuvannia sporud poverkhnevoho vodovidvedennia na avtomobilnykh dorohakh zahalnoho korystuvannia. Proekt. Kyiv : UkrNDNTs, 20KhKh. 27 s.
5. Berntsen G. Saarenketo T. Drainage on low traffic volume roads. 2005. 123 p.
6. Saarenketo T. Roadex III Developing Drainage Guidelines for Maintenance Contracts. 2007. 59 p.
7. FAO, 1998. Watershed Management Field Manual: Road Design and Construction in Sensitive Watersheds. FAO Conservation Guide 13/5. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome 1998.
8. Design manual for roads and bridges. Surface and sub-surface drainage systems for highways. Volume 4. Section 2. Part 3. Hd 33/06.
9. Rukovodstvo po proektyrovanyiu vodootvoda y drenazha na letnykh poliakh aэrodrovov. Moskva : Mynysterstvo hrazhdanskoi avyatsyy, 1982. 205 s.
10. DBN V.2.5-75:2013 Kanalizatsiia. Zovnishni merezhi ta sporudy. Osnovni polozhennia proektuvannia. [Chynnyi vid 01.01.2014] Vyd. ofits. Kyiv : Minrehion Ukrainy, 2013. 219 s.
11. EN 1433:2002 Drainage channels for vehicular and pedestrian areas - Classification, design and testing requirements, marking and evaluation of conformity.