

РОЗВІДУВАННЯ, ПРОЕКТУВАННЯ ДОРІГ ТА ПЕРЕХОДІВ ЧЕРЕЗ ВОДОТОКИ

УДК 625.7

Довгополук Л.О.

ПРОПУСКНА ЗДАТНІСТЬ ДОРОЖНІХ РОЗВ'ЯЗОК В РІЗНИХ РІВНЯХ

Анотація: Основна мета даної роботи полягає у визначенні пропускної здатності пересічень доріг. Практична пропускна здатність пересічень залежатиме від інтервалів руху на основній дорозі та на з'їзді. Також наведено та обґрунтовано можливі варіанти впливу кількості смуг руху на пропускну здатність пересічень.

Ключові слова: автомобільна дорога, пересічення, пропускна здатність, смуга руху, час маневру.

Аннотация: Основная цель данной работы заключается в определении пропускной способности пересечений дорог. Практическая пропускная способность пересечений будет зависеть от интервалов движения на основной дороге и на съезде. Также приведены и обоснованы возможные варианты влияния количества полос движения на пропускную способность пересечений.

Ключевые слова: автомобильная дорога, пересечения, пропускная способность, полоса движения, время манёвра.

Abstract: The main objective of this work is to determine the capacity of the intersection of roads. Practical bandwidth intersections will depend on the intervals of movement on the main road and at the congress. Also given and reasonable options influence the number of lanes on the capacity of the intersection.

Keywords: road, intersection, bandwidth, lane, while maneuver.

Одним з критеріїв вибору типу перехрещення або примикання автомобільних доріг в різних рівнях є пропускна здатність. Пропускна здатність залежить від окремих ділянок: ділянки злиття транспортних потоків при в'їзді на основні смуги руху, ділянки в'їзду на головну дорогу при наявності або відсутності перехідно-швидкісних смуг.

При в'їзді на головну дорогу повинен бути інтервал руху на головній дорозі достатнім для виконання маневру в'їзду.

При відсутності перехідно-швидкісної смуги автомобіль із з'їзду при швидкості v_3 розганяється до швидкості $v_{\text{гол}}$ (середня швидкість руху на головній дорозі). Розглянемо випадок при двосмуговому русі:

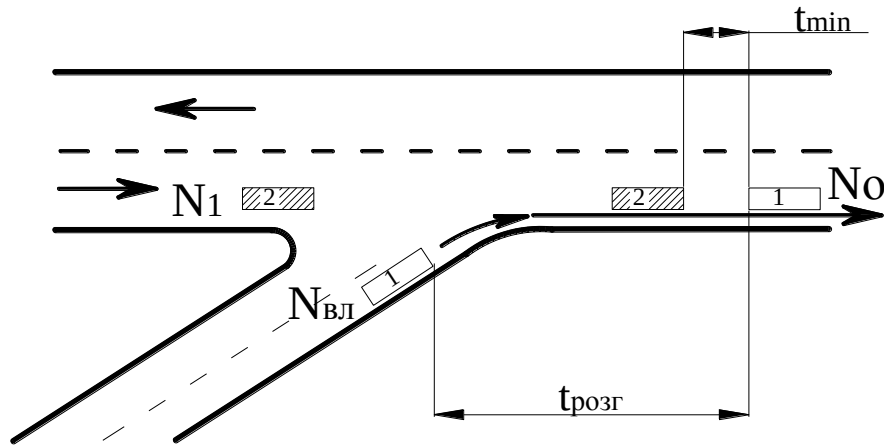


Рисунок 1 – Маневр вливання при двосмуговому з'їзді

В цьому випадку до виконання маневру необхідно додати t_{min} – мінімальний безпечний інтервал на головній дорозі, який відповідає середній швидкості руху при колонному русі автомобіля. Тоді:

$$T_{\text{ман}} = t_{\text{розг}} + t_{\text{min}}, \quad (1)$$

де $T_{\text{ман}}$ – час, необхідний для виконання маневру, с;

$t_{\text{розг}}$ – час, необхідний для розгону від v_3 до $v_{\text{гол}}$, с;

t_{min} – мінімальний безпечний інтервал руху на головній дорозі, с:

$$t_{min} = 3,6 \cdot \frac{(1+l_{авт}) \cdot e^{\frac{v_{гол}}{v_0}}}{v_{гол}}, \quad (2)$$

де $l_{авт}$ – середня довжина автомобіля у транспортному потоці, м;
 e – основа натурального логарифму.

Виходячи з цього – максимальна інтенсивність руху на смузі руху головної дороги:

$$N_0 = \frac{3600}{t_{min}}, \quad (3)$$

де N_0 – максимальна інтенсивність на смузі головної дороги.

Максимальна інтенсивність на вливання із з'їзду на головну дорогу становитиме:

$$N_{вл} = \frac{3600}{T_{ман}}, \quad (4)$$

де $N_{вл}$ – інтенсивність на з'їзді.

Тому, якщо до місця злиття потоків $(N_0 - N_1) \geq N_{вл}$, то пропускна здатність становитиме 100%. Якщо $(N_0 - N_1) < N_{вл}$, то виникатимуть черги.

Розглянемо випадок при наявності 4 смуг руху, але без перехідно-швидкісної смуги:

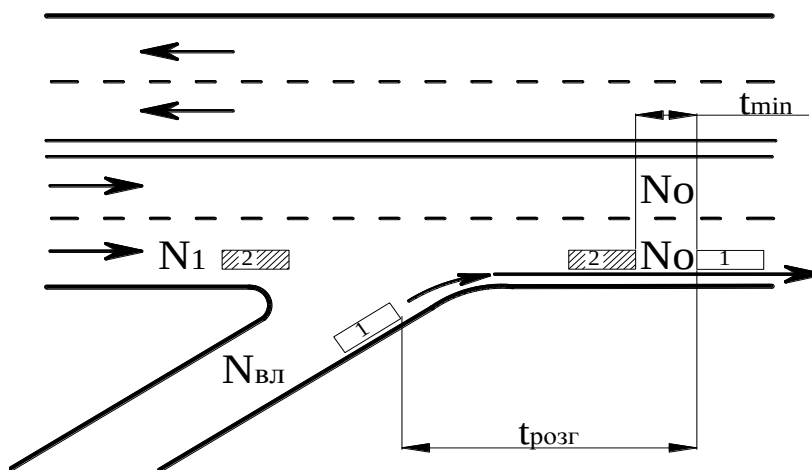


Рисунок 2 – Маневр вливання на основну дорогу при двох смугах руху

В такому випадку, якщо до місця злиття потоків $(N_0 - N_1) \geq N_{\text{вл}}$, то пропускна здатність становитиме 100%. Якщо $(N_0 - N_1) < N_{\text{вл}}$, то виникатимуть черги, що значно зменшить пропускну здатність.

При наявності перехідно-швидкісної смуги автомобіль із з'їзду при швидкості v_z розганяється до швидкості $v_{\text{гол}}$ (середня швидкість руху на головній дорозі) на перехідно-швидкісній смузі.

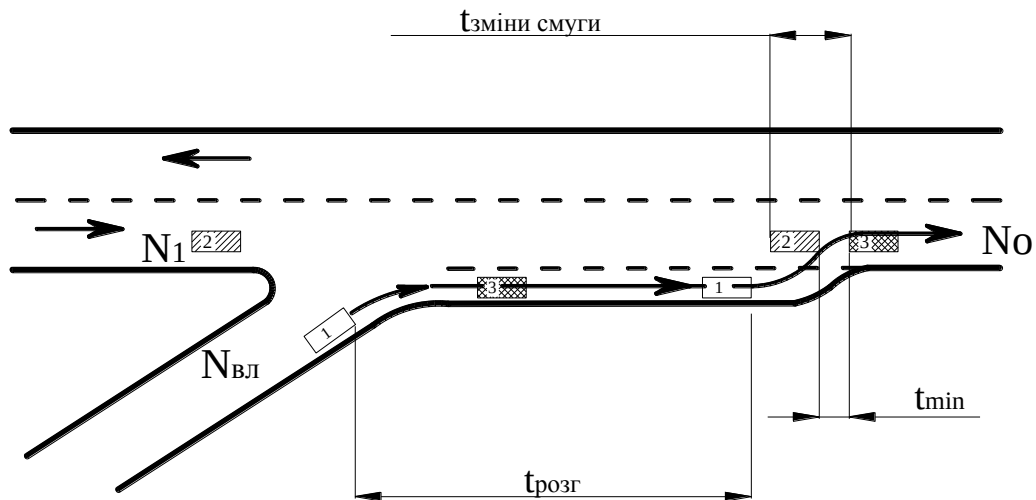


Рисунок 3 – Маневр вливання при одній смузі руху на основній дорозі та з'їзді.

Час маневру ($T_{\text{заг}}$) складається з мінімального інтервалу в транспортному потоці в залежності від інтенсивності потоку (t_{min}) і інтервалу часу, необхідного для влиття в основний потік ($t_{\text{зміни смуги}}$):

$$T_{\text{заг}} = t_{\text{min}} + t_{\text{зміни смуги}}, \quad (5)$$

Виходячи з цього – максимальна інтенсивність руху на смузі руху головної дороги:

$$N_0 = \frac{3600}{t_{\text{min}}}.$$

Максимальна інтенсивність на вливання із з'їзду на головну дорогу становитиме:

$$N_{\text{вл}} = \frac{3600}{T_{\text{ман}}}.$$

Тому, якщо до місця злиття потоків $(N_0 - N_1) \geq N_{\text{вл}}$, то пропускна здатність становитиме 100%. Якщо $(N_0 - N_1) < N_{\text{вл}}$, то виникатимуть черги.

Розглянемо випадок при наявності 4 смуг руху і з перехідно-швидкісною смугою:

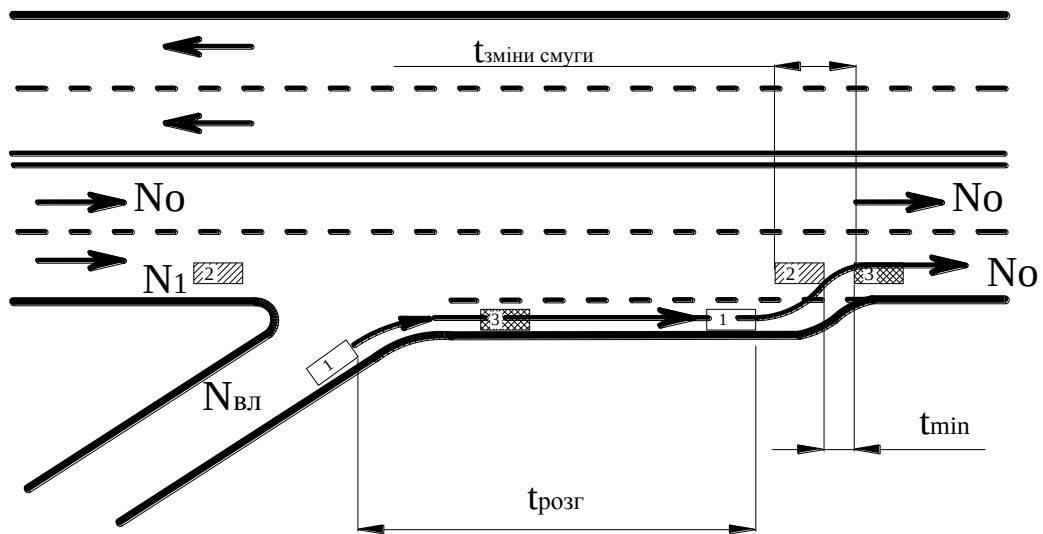


Рисунок 4 – Маневр вливання на основну дорогу при двох смугах руху при наявності перехідно-швидкісної смуги

Для визначення інтенсивності руху транспортного потоку, що залежить від швидкості руху (Nv):

$$N_v = \frac{1000 \cdot v}{(1 + l_{\text{cp}}) \cdot e^{v/v_0}}, \quad (6)$$

Час зміни смуги руху залежить від час проїзду довжини дуги, необхідної для вливання в транспортний потік на головній дорозі. Визначається за допомогою формули:

$$t_{\text{дуги}} = \frac{L_{\text{дуги}}}{v_{\text{ГОЛ}}}, \quad (7)$$

де $L_{дог}$ – довжина дуги при зміні смуги руху, м. Можна визначити за допомогою формули:

$$L_{дог} = \sqrt{2 \cdot R \cdot \frac{b_{см}}{2}}, \quad (8)$$

де $b_{см}$ – ширина смуги руху, м.

Таким чином, знаючи час, необхідний для зміні смуги руху, можна визначити інтенсивність автомобілів, які вплиються без затримки:

$$N_{без\ затр} = N_3 - \left(N_3 \times \frac{t_3}{t_{min}} \right), \quad (9)$$

де N_3 – інтенсивність руху на з'їзді, авто/год;

t_3 – інтервал руху на з'їзді для виконання маневру, с

t_{min} – мінімальний інтервал руху на основній дорозі, с.

Автомобілі, які чекатимуть на виконання маневру, створюватимуть чергу (затор), що приводить до вичерпування пропускної здатності, і, тому для покращення роботи пересічення пропонується влаштовувати додаткову смугу руху.

Література

1. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов / В.Ф. Бабков. М.: Транспорт, 1993. - 271 с.
2. Величко Г.В. Функциональное проектирование транспортных развязок. / Г.В. Величко // Наука и техника в дорожной отрасли. М.: МАДИ, 2009. - №3(50). - С. 19-22.
3. Клиновштейн Г. И. Организация дорожного движения Текст. : учебник для вузов / Г. И. Клиновштейн, М. Б. Афанасьев. – М.: Транстрой, 2001. – 5-е изд., перераб.и доп. – С. 247.
4. Пальчик А.М. Транспортні потоки / Пальчик А.М. – К.: НТУ, 2010. – С.26 – 42, 44 – 47, 52 – 54, 87 – 102.
5. Поліщук В.П., Красильнікова О.В. Дослідження умов безпеки руху щільних транспортних потоків. Автошляховик України, № 1, 1995. 33 – 35 с.

Пальчик А.М., канд. техн. наук, Неізнестна Н.В., канд. техн. наук, Додух К.М.

ПРАКТИЧНА ПРОПУСКНА ЗДАТНІСТЬ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Анотація. Практична пропускна здатність залежить від дорожніх умов, перехресть та примикань. Перехрещення та примикання визначають практичну пропускну здатність автомобільної дороги на перегонах

Ключові слова. Практична пропускна здатність, смуга руху, перехрещення, примикання, кільцеве перехрещення.

Аннотация. Практическая пропускная способность зависит от дорожных условий пересечений и примыканий. Пересечения и примыкания определяют пропускную способность автомобильной дороги на перегонах

Ключевые слова. Практическая пропускная способность, полоса движения, пересечение, примыкание, кольцевое пересечение.

Summary. Practical capacity depends on the road conditions of intersections and junctions. The intersections and junctions determine the practical capacity on the tracks.

Key words. Practical capacity, lane, intersection, junction, circular intersection.

Пропускна здатність є основною характеристикою яка зв'язує дві підсистеми системи « дорожні умови – транспортні потоки». Існує три поняття пропускну здатності: теоретична, практична та максимальна. Теоретична пропускна здатність визначається на основі спрощених динамічних моделей транспортного потоку. В основу покладено рух легкових автомобілів по смузі руху при мінімальному часовому інтервалі. Дистанція між автомобілями, як і динамічний габарит залежить від коефіцієнту зчеплення та швидкості руху в цих моделях. Довжина легкового автомобіля величина постійна, що не відповідає фізичному процесу (довжина легкового автомобіля змінюється в значному інтервалі від 3.3м до 5м). Отже, теоретична пропускна здатність

змінюється в значному інтервалі. Цій пропускній здатності відповідає її визначення: це максимально можлива інтенсивність руху в перетині дороги за одиницю часу.

Максимальна пропускна здатність визначається для ділянки дороги другої категорії: горизонтальна, прямолінійна, ширина проїзної частини 7.5м, ширина узбіччя 3.75м. Як видно з цього пояснення мова іде про пропускну здатність легкових автомобілів на ділянці дороги другої категорії при конкретних дорожніх умовах, що відповідає визначенню практичної пропускної здатності.

Практична пропускна здатність - це максимально можлива інтенсивність руху в перетині дороги за одиницю часу в конкретних дорожніх умовах та визначеному складі транспортного потоку. Як бачимо максимальна пропускна здатність відповідає практичній пропускній здатності.

При проектуванні доріг, розробці проекту або схеми організації дорожнього руху, розрахунку світлофорного регулювання руху, автоматизованих системах управління дорожнім рухом, аналізі стану автомобільних доріг використовується значення практичної пропускної здатності.

Практична пропускна здатність повинна розглядатись в комплексі із смугами руху, перехрещеннями та примиканнями. Такий підхід допоможе прийняти рішення про повну або часткову реконструкцію автомобільної дороги в т.ч. і зміні параметрів перехрещень та примикань.

Практична пропускна здатність смуги руху розраховується на основі графіка середньої швидкості руху транспортного потоку:

$$N = - 0,45 L^{-0.34} V^2 + 7,241 L^{-0.2} V + 9,247 L^{-1.2}, \quad (1)$$

де N – практична пропускна здатність смуги руху, авт/год;

L – середня довжина автомобіля в транспортному потоці, м;

V - середня швидкість транспортного потоку на головній дорозі м/с.

Пропускна здатність перехрещень або примикань – максимальна кількість автомобілів, які може пропустити перехрещення або примикання за

одиницю часу в конкретних дорожніх умовах. Величина пропускної здатності, при відомому складі транспортного потоку на конкретному перехрещенні або примиканні, буде складатись з максимально можливої сумарної інтенсивності руху доріг, що перетинаються.

Основним фактором при визначенні пропускної здатності перехрещення або примикання є величина інтервалу часу для виконання маневру з максимальним значенням.

Основні маневри на перехрещеннях або примиканнях: правий поворот з другорядної дороги, лівий поворот з головної дороги, перетин головної дороги, лівий поворот з другорядної дороги, правий поворот з головної дороги.

За розрахунковий приймається інтервал з максимальним значенням часу необхідного для виконання маневру.

$$T = t_1 + t_2, \quad (2)$$

де t_1 – час для виконання маневру (розгін або гальмування до розрахункової швидкості), с;

t_2 – мінімальний інтервал між автомобілями на головній дорозі, що відповідає середній швидкості транспортного потоку, с.

Час необхідний для виконання маневру правого та лівого поворотів з другорядної дороги на головну:

$$t_1 = \sqrt{\frac{\pi R}{a}} + \frac{V - a\sqrt{\frac{\pi R}{a}}}{a} + \frac{L}{V}, \quad (3)$$

де R – радіус повороту, м;

a – прискорення при розгоні автомобіля, м/с²;

Час для виконання правого повороту з головної дороги на другорядну визначається:

$$t_1 = \frac{V - V_1}{a_z} + \frac{L_a}{V_1}, \quad (4)$$

де V_1 – середня швидкість на повороті, яка залежить від радіуса з'їзду, м/с;

a_z – прискорення при гальмуванні, м/с².

При в'їзді на головну дорогу з перехідно-швидкісної смуги необхідна відстань для виконання маневру визначається :

$$L = 2\sqrt{Rb}, \quad (5)$$

де R – мінімальний радіус повороту для даної категорії дороги, м;

b – ширина смуги руху, м.

А мінімальний часовий інтервал для виконання маневру визначається :

$$t_1 = \frac{2\sqrt{Rb}}{V}. \quad (6)$$

Мінімальний часовий інтервал на головній дорозі визначається за формулою:

$$t_2 = \frac{3600}{N}, \quad (7)$$

де N – практична пропускна здатність смуги руху, авт./год.

Максимальна інтенсивність по смузі руху на головній дорозі на підходах до перехрещення визначається :

$$N_p = N_{прямо} + N_{ліво} + N_{право}, \quad (8)$$

де N_p – інтенсивність руху по смузі головної дороги перед перехрещенням, авт./год;

$N_{право}$, $N_{ліво}$ – інтенсивність руху з головної дороги на другорядну, авт./год.

При цій інтенсивності руху маємо мінімальні затримки на другорядній дорозі. Збільшення інтенсивності на головній дорозі приведе до зменшення інтенсивності руху на другорядній дорозі та до збільшення величини затримки.

Пропускна здатність кільцевої розв'язки одному рівні залежить від розміру геометричних елементів плану розв'язки, параметрів транспортного потоку і організації руху на в'їзді на кільце. Для оцінки пропускної здатності кільцевій розв'язці необхідні дані про інтенсивність і склад руху, про розподіл потоків по напрямках в годину пік.

Сумарна інтенсивність руху на всіх в'їздах на кільце не повинна перевищувати максимально допустиму інтенсивність руху на кільці. При розрахунку інтенсивності руху на кільцевій розв'язці в одному рівні, не враховується інтенсивність автомобілів, які виконують правий поворот.

Розрахункова швидкість руху на кільці визначається в залежності від радіусу центрального острівця:

$$V_{\kappa} = \sqrt{Rg\varphi}, \quad (9)$$

де R – радіус центрального острівця, м;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

φ – поперечний коефіцієнт зчеплення шин з дорогою ($\varphi = 0,36$ – умова стійкості проти занесення);

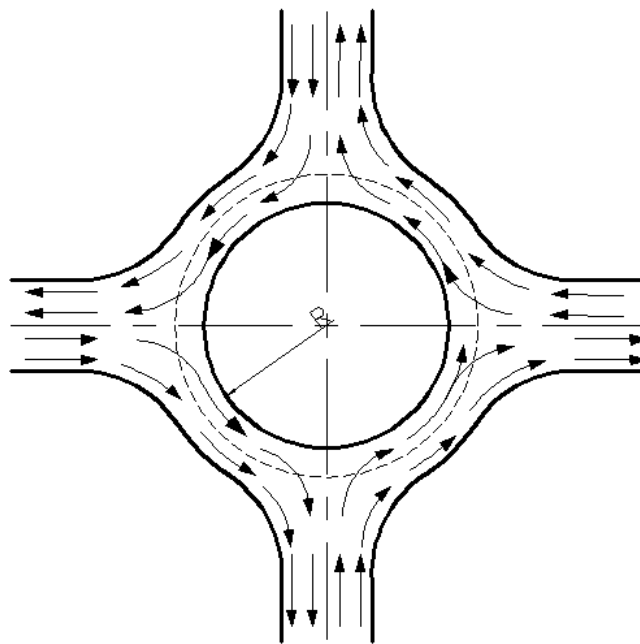


Рисунок 1 – Схема руху на кільцевій розв'язці в одному рівні

Мінімальний інтервал руху для виконання маневру в'їзду на кільце:

$$T_{осн} = t_{вїзд} + t_{min}, \quad (10)$$

де $t_{вїзд}$ - загальний час, який необхідний для виконання маневру,
Максимально допустима інтенсивність руху на кільці:

$$N_{дон} = \frac{3600}{T_{осн}}. \quad (11)$$

Яка повинна бути

$$N_k \leq N_{дон}. \quad (12)$$

де N_k – сумарна інтенсивність руху автомобілів на всіх в'їздах, без урахування автомобілів, які виконують правий поворот, авт/год;

$N_{дон}$ – максимально допустима інтенсивність руху на кільці, авт/год.

При не виконанні умови (8), для забезпечення ефективної роботи розв'язки необхідно додати ще одну смугу руху на кільці, якщо цей захід не покращує умови проїзду на розв'язці, то виникає необхідність у перевлаштуванні даної розв'язки в різні рівні.

Література

1. В.А.Гохман, В.М.Визгалов, М.П.Поляков. Пересечения и примыкания автомобильных дорог. – М.: Высшая школа, 1989. – 319 с.
2. В.В.Сильянов. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. – М.: Транспорт, 1977. – 303 с.
3. В.І. Коноплянко. Организация и безопасность дорожного движения. – М.: Транспорт, 1991. – 184 с.
4. Лобанов Є.М., Візгалов В.М., Шевяков А.П., Гохман В.А., Завадський В.Б., Ситников Ю.М. Пропускная способность автомобильных дорог – М.: «Транспорт», 1972. – 232 с.

Петрович В.В., канд. техн. наук, **Каськів В.І.**, канд. техн. наук, **Каськів С.В.**,
Петрович І.В.

МЕТОД РОЗРАХУНКУ ГАБІОНОВИХ ПІДПІРНИХ СТІН

Анотація. Світовий досвід використання габіонових конструкцій, понад століття, переконливо свідчить про ефективність і надійність таких споруд. Запропонований метод розрахунку габіонових підпірних стін.

Ключові слова: автомобільна дорога, габіон, габіонова конструкція, підпірна стіна.

Аннотация. Мировой опыт использования габионов конструкций, более века, убедительно свидетельствует об эффективности и надежности таких сооружений. Предложенный метод расчета габионов подпорных стен.

Ключевые слова: автомобильная дорога, габион, габионовая конструкция, подпорная стена.

Annotation. International experience using structures of gabions over a century, clearly shows the effectiveness and reliability of such structures. The calculation method retaining walls of gabions proposed.

Keywords: road, gabion, the construction of gabions, retaining wall.

Вступ

У світовій практиці габіонові конструкції застосовуються понад 100 років. Перша споруда з габіонів була побудована у 1894 році на ріці Рено в містечку Козаляціо де Рено, недалеко від м. Болоньї. Основне їх призначення, на початку використання, було укріплення берегів річок і водотоків. Зараз ці конструкції використовують для влаштування водовідвідних, регуляційних та інших дорожньо-мостових споруд, а також укріплення укосів насипів, виїмок або природних схилів, як у цивільному, так і дорожньому і залізничному будівництві.

Габіон – це об'ємний сітчастий контейнер, наповнений камінням із щільних гірських порід. Іншими словами, габіонова конструкція – це гравітаційна споруда з оцинкованої звичної сітки заповненої природним каменем, яка має просторову коробчату (циліндричну) конструкцію.

Їх застосування і на теперішній час є актуальним, у світлі універсальності конструктивних рішень із використання габіонів та відносної їх доступності і простоти технології збирання як габіонів, так і споруд із них.

Аналіз сучасних нормативних документів і технічних джерел свідчить, що на теперішній час в Україні в дорожній галузі відсутні норми, окрім [1], які б регламентували розрахунок підпірних стін із застосуванням габіонів, хоча ці конструкції дуже часто, з успіхом, застосовують при будівництві чи реконструкції автомобільних доріг (рис. 1).

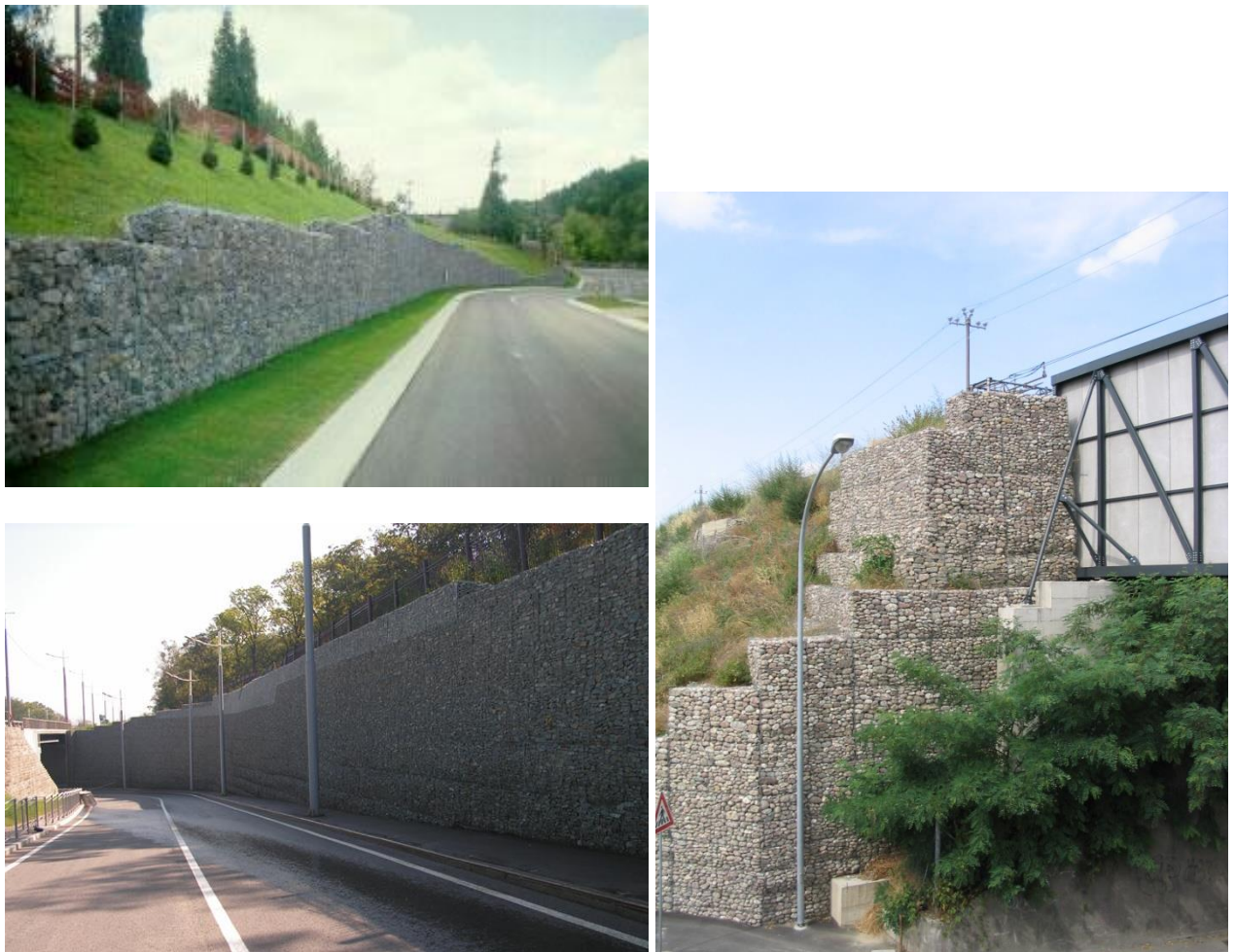


Рисунок 1 – Приклад використання габіонових підпірних стін

Конструкції річкових укріпних споруд на гірських автомобільних дорогах наведені у відповідному альбомі 89–2000.РУС [2], укріплення берегів річок і

водойм регламентовані у ВБН В.2.4-33-2.3-03 [3] і [4], для залізниць розроблені тимчасові технічні вказівки [5].

Основна частина

Габіонові конструкції для укріплення укосів, посилення, стабілізації і захисту земляного полотна від небезпечних природно-техногенних процесів є габіоновими підпірними стінками з армуючою панеллю із металевої сітки між габіонами або без неї і їх можна віднести до масивних підпірних стін гравітаційного типу.

Габіонові підпірні стінки – призначені для підтримання земляного укосу або схилу при крутизні значно більшій за кут природного укосу.

Габіонові підпірні стінки можна влаштовувати:

- при необхідності зменшення смуги відведення при будівництві;
- при реконструкції та капітальному ремонті з розширенням земляного полотна автомобільних доріг;
- при ремонті зсувів укосів та схилів рельєфу смуги відведення;
- при спорудженні насипів у гірській місцевості з метою забезпечення їх стійкості.

Проектування габіонових підпірних стінок включає конструювання (призначення геометричних розмірів стінки та габіонів, кількості габіонів тощо) і розрахунки їх за двома групами граничних станів. Геометричні розміри, що призначені на етапі конструювання, уточнюються подальшими розрахунками.

Розрахунок за першою групою граничних станів (за втратою несучої здатності, включає повну втрату стійкості або значні пошкодження) передбачає виконання розрахунків на:

а) загальну стійкість (зовнішня стійкість)

- загальну стійкість укосу насипу із підпірною стіною за круглоциліндричною поверхнею ковзання;
- стійкість положення стіни проти зсуву по основі;
- стійкість положення стіни проти перекидання;
- міцність ґрунтової основи;

б) внутрішню стійкість:

- зсув одних габіонів відносно інших;
- розрив каркаса габіона (міцність габіона, як конструктивного елемента).

Розрахунок за другою групою граничних станів (непридатність до нормальної експлуатації) включає перевірку на допустимі деформації при експлуатації споруди.

Усі розрахунки повинні виконуватись із використанням розрахункових значень характеристик ґрунтів, матеріалів і навантажень, які отримують шляхом множення або ділення нормативного або номінального значення величини на відповідний коефіцієнт надійності.

Розрахункове значення характеристик ґрунтів X_d визначають за формулою:

$$X_d = X_n / \gamma_g, \quad (1)$$

де X_n – нормативне значення характеристики;

γ_g – коефіцієнт надійності по ґрунту.

Згідно з ДБН В.2.1-10 [6] розрахункові значення характеристик ґрунтів у цьому випадку слід приймати при значеннях коефіцієнтів надійності по ґрунту:

- | | |
|---|--------------------------------|
| – у розрахунках основ за деформаціями | $\gamma_g = 1,00$; |
| – у розрахунках основ за несучою здатністю: | |
| – для питомого зчеплення | $\gamma_{g(c)} = 1,5$; |
| – для кута внутрішнього тертя: | |
| – пісків | $\gamma_{g(\varphi)} = 1,10$; |
| – глинистих ґрунтів | $\gamma_{g(\varphi)} = 1,15$. |

Розрахункове значення параметрів матеріалів визначають за формулою:

$$R_{ds} = \frac{R_{ns}}{\gamma_m}, \quad (2)$$

де R_{ds} і R_{ns} – розрахункове і номінальне значення міцності сітки на тимчасовий опір на розрив;

γ_m – коефіцієнт надійності по матеріалу, для розрахунків приймають $\gamma_m = 1,25$.

Розрахункове значення сил:

$$F_d = \gamma_f \cdot F_n, \quad (3)$$

де F_d і F_n – розрахункове і номінальне значення сили;

γ_f – коефіцієнт надійності за навантаженням.

Згідно з ДБН В.1.2-2 [7] коефіцієнт надійності за навантаженням для ваги конструкцій і ґрунтів:

- конструкції із каменю й армокаменю $\gamma_f = 1,10 (0,90)$;
- ґрунти в природному заляганні $\gamma_f = 1,10 (0,90)$;
- ґрунти насипні $\gamma_f = 1,15 (0,90)$.

Значення у дужках слід використовувати для перевірки стійкості конструкції на перекидання, а також в інших випадках, коли зменшення ваги конструкцій і ґрунтів може погіршити умови роботи конструкції

Згідно з ВСН 167 [8] коефіцієнт надійності за навантаженням:

- для колон автомобілів $\gamma_f = 1,40$;
- від транспортних одиниць $\gamma_f = 1,10$.

Стійкість укосу насипу разом із спорудою

Оцінюють стійкість укосів насипів в окремих її перетинах як для повної висоти укосу (загальна стійкість), так і для окремих частин укосів (місцева стійкість).

Згідно з ДБН В.1.1-24 [9] критерієм стійкості схилів (укосів) для найнебезпечнішої призми обвалення є умова:

$$\gamma_{fc} \cdot T \leq \frac{\gamma_c}{\gamma_n} \cdot R, \quad (4)$$

де γ_{fc} – коефіцієнт сполучення навантажень;

T – розрахункове значення узагальненої зсувної дії на призму обвалення, що визначається з урахуванням коефіцієнтів надійності за навантаженням γ_f , кН;

γ_c – коефіцієнт умов роботи;

γ_n – коефіцієнт надійності за відповідальністю (коефіцієнт відповідальності) споруди;

R – розрахункове значення узагальненого опору ґрунтового масиву зсувній дії на призму обвалення, визначене з урахуванням коефіцієнта надійності по ґрунту, кН.

При пошуку небезпечної поверхні сповзання призми обвалення визначається коефіцієнт запасу стійкості, який повинен бути більшим або дорівнювати нормативному коефіцієнту запасу стійкості K_{st} що відповідає настанню граничного стану рівноваги:

$$K_{st} = \frac{R}{T} \geq \frac{\gamma_n \cdot \gamma_{fc}}{\gamma_c} = [K_{st}] \quad (5)$$

де $\gamma_n = 1,25$ згідно з ДБН В.1.1-24 [9], ДБН В 1.2-14 [10], ДСТУ-Н Б В.1.2-16 [11], для доріг державного значення (I – III категорії); $\gamma_n = 1,10$ для доріг IV – V категорії;

$\gamma_{fc} = 1,00$ (поєднання навантажень – основне) згідно з [9];

$\gamma_c = 0,95$ (наближені методи розрахунку) згідно з [9];

$[K_{st}]$ – допустима величина, коефіцієнта стійкості.

Стійкість габіонової стіни проти зсуву по основі

Стійкість стіни проти зсуву по поверхні основи, з врахуванням положень ДБН В.1.1-3 [12], ДБН В 1.1-24 [9] і СНиП 2.09.03 [13], буде забезпечена при виконанні умови:

$$K_{st_зсув} \geq [K_{st}] , \quad (6)$$

$$K_{st_зсув} = \frac{R_{зсув}}{T_{зсув}} \quad (7)$$

де $R_{зсув}$ – узагальнені утримуючі сили при зсуві, кН/м;

$T_{зсув}$ – узагальнені сили зсуву, кН/м;

$$R_{зсув} = N \cdot f + c \cdot B, \quad (8)$$

$$T_{\text{зсув}} = E_{\text{зсув}} + F_{q_{\text{зсув}}}, \quad (9)$$

де $E_{\text{зсув}}$ – максимальна величина горизонтальної складової активного тиску E_{ah} або зсувного тиску E_n , кН/м;

$F_{q_{\text{зсув}}}$ – сила зсуву від транспортного навантаження, що розташоване на поверхні призми зсуву, кН/м

Стійкість габіонової стіни проти перекидання

Стійкість стіни проти перекидання забезпечується при виконанні умови:

$$K_{st_п} \geq [K_{st}]. \quad (10)$$

$$K_{st_п} = \frac{M_{\text{утр}}}{M_{\text{п}}}, \quad (11)$$

де $M_{\text{утр}}$ – момент утримуючих сил, кН·м/м;

$M_{\text{п}}$ – момент сил, що діють на перекидання стінки, кН·м/м.

Міцність ґрунтової основи

Розрахунок фундаментів за несучою здатністю основи згідно з ДБН В.2.1-10 [6] виконують виходячи з умови:

$$\sigma \leq \sigma_u, \quad (12)$$

де $\sigma = F / (b \, l)$;

F – розрахункове навантаження на основу;

b, l – розміри в плані (ширина і довжина) сторін фундаменту;

σ_u – напруження, що відповідає межі несучої здатності основи.

Міцність ґрунтової основи габіонової стіни буде забезпечена при виконанні умови:

$$K_{st_o} \geq [K_{st}], \quad (13)$$

$$K_{st-o} = \frac{[\sigma]}{\sigma_v}, \quad (14)$$

$$[\sigma] \leq \frac{\sigma_u}{\gamma_o}, \quad (15)$$

де $[\sigma]$ – допустимий тиск, під подошвою габіонової стіни, кПа;

σ_v – максимальне вертикальне напруження, що діє в основі габіонової стіни, кПа;

γ_o – коефіцієнт надійності по основі, $\gamma_o = 3,0$;

Перевірка на зсув конструктивних елементів стінки

До розрахунку приймають всі можливі горизонтальні поверхні зсуву на межі габійон-габійон по висоті підпірної стінки. Розрахунок виконують аналогічно до розрахунку стійкості підпірної стінки проти проковзування по ґрунту основи.

При розгляді круглоциліндричної поверхні ковзання, що проходить через габіони підпірної стінки, розрахунки виконують за (4).

В'язальний дріт, яким з'єднують габіони між собою у розрахунках не враховують, його міцність на розрив іде у запас міцності конструкції.

Перевірка на міцність конструктивних елементів стінки

Міцність сітки габіона на розрив забезпечується при виконанні умови:

$$T_{dg} < R_d, \quad (16)$$

де T_{dg} – розрахункове максимальне розтягуюче зусилля в сітці габіона від дії ваги конструкції, кН/м;

R_d – розрахункова міцність сітки габіона на тимчасовий опір на розрив, кН/м.

Висновок

Світовий досвід використання габіонових конструкцій, понад століття, переконливо свідчить про ефективність і надійність таких споруд. Запропонований метод розрахунку габіонових підпірних стін дозволить більш обґрунтовано приймати проектні рішення із застосування цих конструкцій.

Література

1. Р В.2.3–218–02070915–697:2007. Рекомендації із застосування габіонових конструкцій у дорожньому будівництві. – К.: Укравтодор, 2007. – 39 с.
2. Альбом. Конструкції річкових укріпних споруд на гірських автомобільних дорогах. 89–2000.РУС. – І-Ф.: Державна служба автомобільних доріг України, 2002. – 149 с.
3. ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000. Регулювання русел річок. Норми проектування. – К.: Державний комітет України по водному господарству, 2000. – 150 с.
4. Вказівки щодо захисту земель, порушених водною ерозією. Габійонні конструкції протиерозійних споруд. Посібник до ВБН В.2.4-33-2.3-03-2000. “Регулювання русел річок. Норми проектування”. – К.: ВАТ «Укрводпрект», 2006. – 29 с.
5. Тимчасові технічні вказівки із застосування габійонів для підсилення земляного полотна залізниць. – К.: [Б.В.], 2007. – 45 с.
6. ДБН В.2.1-10-2009. Об'єкти будівництва та промислова продукція будівельного призначення. Основи та фундаменти будинків і споруд. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 83 с.
7. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2006. – 77 с.
8. ВСН 167-70. Технические указания по проектированию подпорных стен для транспортного строительства. – М.: Минтрансстрой СССР, 1970. – 56 с.
9. ДБН В.1.1-24:2009. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Захист від небезпечних геологічних процесів. Основні положення проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 73 с.
10. ДБН В.1.2-14-2009. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009 – 48 с.
11. ДСТУ-Н Б В.2.1-28:2013 (СНиП 3.02.01-87, MOD). Настанова щодо проведення земляних робіт та улаштування основ і спорудження фундаментів. – К.: Мінрегіон України, 2013 – 40 с.
12. ДБН В.1.1-3-97. Захист від небезпечних геологічних процесів. Інженерний захист територій, будинків і споруд від зсувів і обвалів. Основні положення. – К.: Держбуд України, 1998 – 47 с.
13. СНиП 2.09.03-85. Сооружения промышленных предприятий. – М.: Госстрой СССР, 1985. – 101 с.

Шкіт М.А.

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ПЕРЕСІЧЕНЬ ТА ПРИМИКАНЬ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ

Анотація. Аналіз закордонного досвіду щодо проектування пересічень і примикань в одному рівні при якому враховується можливість проїзду великогабаритного транспортного засобу.

В статті йдеться про необхідність проектування дорожніх розв'язок в одному рівні, прив'язуючись при цьому до реальних розмірів та траєкторій руху великогабаритних транспортних засобів.

Об'єкт дослідження – дорожні розвязки в одному рівні.

Мета роботи – аналіз існуючих принципів проектування дорожніх розв'язок в одному рівні.

При проїзді великогабаритними автомобілями примикань і перехрещень в одному рівні виникають труднощі. В даному випадку водій змушений виїжджати на смугу зустрічного (суміжного) руху, створюючи при цьому перешкоди для інших учасників дорожнього руху. Також можливі випадки руйнування елементів огороження, бордюр них каменів, кромek проїзної частини, тощо.

В статті зроблено огляд закордонного підходу, щодо проектування пересічень та примикань в одному рівні.

Згідно їх підходу досить велика увага приділена великогабаритним транспортних засобам, зроблена їх класифікація. За розрахункові транспортні засоби прийняті найбільш поширені, та побудовано траєкторії руху для даних видів транспорту на типових пересіченнях в одному рівні. В даному випадку використовуються колові криві з клинами з обох сторін. Що обумовлено характером руху великогабаритних транспортних засобів.

В міських районах, при наявності розділювальної смуги, та русі через отвір в ній, передбачено влаштовувати кінці розділювальної смуги в залежності від її ширини. Форма розділювальної смуги в більшості випадків продиктована

траєкторією руху великогабаритних транспортних засобів. При використанні колової кривої разом з перехідними кривими створюється коридор для зручного маневрування.

В ході проведеного аналізу зроблені висновки: що проектування пересічень автомобільних доріг по-різному висвітлене, але проходить шлях розвитку, щоб забезпечити безпечний та безперебійний рух для всіх учасників дорожнього руху. Що стосується великогабаритних транспортних засобів, то проектування об'єктів спираючись на даний вид транспорту ще не досить вивчений. Тому потрібно досить велику увагу приділити даному транспортному засобу, та постійно бути в співпраці з виробниками.

Ключові слова. ключові слова: дорожні розв'язки в одному рівні, великогабаритний транспортний засіб, автопоїзд, траєкторія руху, розділювальна смуга, радіус примикання.

Аннотация. В статье говорится о необходимости проектирования дорожных развязок в одном уровне, привязываясь при этом к реальным размерам и траекторий движения крупногабаритных транспортных средств.

Объект исследования - дорожные развязки в одном уровне.

Цель работы - анализ существующих принципов проектирования дорожных развязок в одном уровне.

При проезде крупногабаритными автомобилями примыканий и пересечений в одном уровне возникают трудности. В данном случае водитель вынужден выезжать на полосу встречного (смежного) движения, создавая при этом препятствия для других участников дорожного движения. Также возможны случаи разрушения элементов ограждения, бордюрных камней, кромок проезжей части и т.д..

В статье сделан обзор зарубежного подхода, по проектированию пересечений и примыканий в одном уровне.

Согласно их подходу достаточно большое внимание уделено крупногабаритным транспортным средствам, сделана их классификация. За расчетные транспортные средства приняты наиболее распространение, и простроенные траектории движения для данных видов транспорта на типичных пересечениях в одном уровне. В данном случае используются круговые кривые

с клиньями с обеих сторон. Что обусловлено характером движения крупногабаритных транспортных средств.

В городских районах, при наличии разделительной полосы, и движении через отверстие в ней, предусмотрено устраивать в конце разделительной полосы в зависимости от ее ширины. Форма разделительной полосы в большинстве случаев продиктовано траекторией движения крупногабаритных транспортных средств. При использовании круговой кривой вместе с переходными кривыми создается коридор для удобного маневрирования.

В ходе проведенного анализа сделаны выводы: что проектирование пересечений автомобильных дорог по-разному освещен, но проходит путь развития, чтобы обеспечить безопасное и бесперебойное движение для всех участников дорожного движения. Что касается крупногабаритных транспортных средств, то проектирование объектов опираясь на данный вид транспорта еще недостаточно изучен. Поэтому нужно достаточно большое внимание уделить данному транспортному средству, и постоянно быть в сотрудничестве с производителями.

Ключевые слова: дорожные развязки в одном уровне, крупногабаритное транспортное средство, автопоезд, траектория движения, разделительная полоса, радиус примыкания.

Summary. The article discusses the need for design road junctions in the same level, while tied to the actual dimensions and trajectories of bulky vehicles.

Object of the study – road junction at same.

Purpose of the study - analysis of existing design principles intersections at same.

When driving large-sized cars and crossed junctions at same is difficult. In this case, the driver is forced to go on the opposite side of the (adjacent) movement, creating obstacles for other road users. There may be cases of fractures fences, curb stones them, roadway edges, etc..

The article reviews the foreign approach to designing intersections and junctions at same.

According to their approach is large enough attention is paid to large-sized vehicles made their classification. By calculation vehicles taken frequently, and constructed trajectory for these transport modes typical crossings in one level. In this case, use

circular curves with wedges on both sides. That is due to the nature of the movement of large-sized vehicles.

In urban areas, the presence of the parting strip, and moving through a hole in it, provided the end to hold the parting strip depending on its width. The shape of the parting strip in most cases dictated by the trajectory of large-sized vehicles. When using the angular curve with transition curves created corridor for easy maneuvering. During the analysis conclusions: that the design of intersections of roads differently illuminated, but the path of development is to ensure the safe and uninterrupted movement for all road users. With regard to large-sized vehicles, the design of objects based on this type of vehicle has not yet been studied. So you need quite a lot of attention paid to this vehicle, and always be in partnership with manufacturers.

Key words: road junction at the same level, large vehicle, road train, path movement, median, radius junction.

Вступ

Транспорт є ключовою ланкою соціально-економічної системи держави і належить до стратегічно важливих галузей національної економіки. Без ефективної роботи цієї галузі неможливе подальше підвищення добробуту суспільства. Основні завдання транспорту – своєчасне, якісне та цілкове задоволення потреб галузей економіки та населення у перевезеннях, підвищення економічної ефективності його роботи.

При розгляді обсягів перевезень в Україні (рис. 1) можна помітити, що приріст перевезень постійно і стабільно збільшується. Отже, потрібна база та певне інфраструктурне забезпечення для задоволення потреб в перевезеннях.

Починаючи з минулого століття, різко збільшилося застосування в нашій країні і за кордоном обладнання, габаритні розміри і маса якого перевищують значення, які регулюються правилами перевезення. Це як правило називаються специфічні групи вантажів [4].

Ефективне вирішення проблем транспортування великогабаритних вантажів значною мірою впливає на подальший прогрес провідних галузей економіки: будівельної, хімічної, видобутку нафти, газу, енергетичній, важкого машинобудування, верстатобудування і т. д. Так, наприклад, у будівництві,

монтаж укрупнених блоків заводського виготовлення веде до значного скорочення собівартості виробництва та зменшення термінів будівництва.

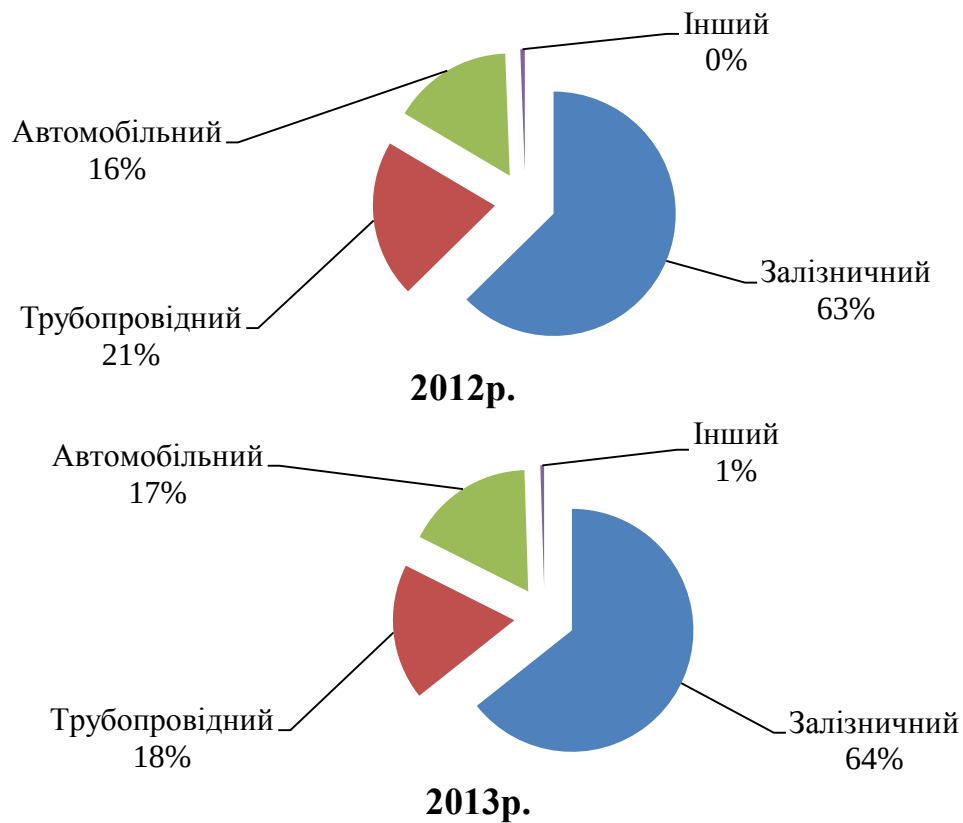


Рисунок 1 – Обсяги транспортних перевезень в Україні по роках

Зміна обсягу перевезення вантажу по рокам зображена на рис.2.

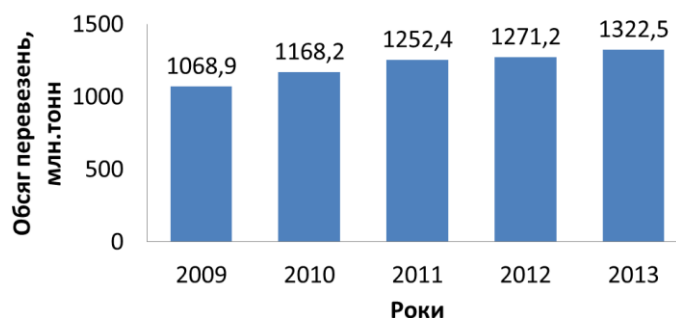


Рисунок 2 – Обсяг перевезень вантажів в Україні автомобільним транспортом

Отже, під час перевезення цієї специфічної групи вантажів необхідний детальний підхід, перш за все, до визначення можливості безпечного перевезення даного вантажу з його особливостями в конкретних реальних умовах експлуатації.

Якщо розглянути статистику кількості ДТП то найбільша кількість сталася на перехрещенні. Цей показник становить 27% [5]. У більш ніж 30% випадків дорожньо-транспортних пригод на перехресті, основними факторами, що впливають на аварію, є:

- Порушення правил проїзду перехресть;
- Недотримання швидкісного режиму;
- Неправильний маневр при повороті.

Основна частина.

На неупорядкованих перехрестях, де радіуси кривих в плані не відповідають вимогам сучасного великогабаритного транспорту, водії головної дороги перш, ніж здійснити правоповоротний маневр, змушені максимально знижувати швидкість, зміщуватися на смугу зустрічного руху, здійснювати поворот, закінчуючи його також на смузі зустрічного руху другорядної дороги. За наявності на цій дорозі автомобіля, який стоїть в черзі для здійснення поворотного маневру, робота перехрестя може бути повністю паралізована. Імовірність заторів та довгострокових простоїв збільшується, якщо ширина проїзної частини другорядної дороги становить менше 6 м.

Облік вимог, заснованих на законах руху автомобіля, є основоположним для безпечного і зручного руху на автомобільних дорогах. Проте в даний час склалася практика проектування доріг, заснована не на об'єктивних критеріях зручності і безпеки руху, скільки на суб'єктивних міркуваннях зручності та економічної доцільності.

Методи проектування об'єктів пересічень, заснованих на русі великогабаритних транспортних засобів в різних країнах [1, 6, 7] описано нижче в основній частині.

Для визначення доцільності даного дослідження був проведений аналіз складу транспортного потоку на автомобільній дорозі Київ–Чоп. На ділянці км 24+920. Натурні обстеження були проведені 16.11.2011 не в годину «пік». Склад транспортного потоку зображений на рис.2.

Якщо просумувати загальну кількість вантажних автомобілів, то вантажні автомобілі складають 13% від всього транспортного потоку.

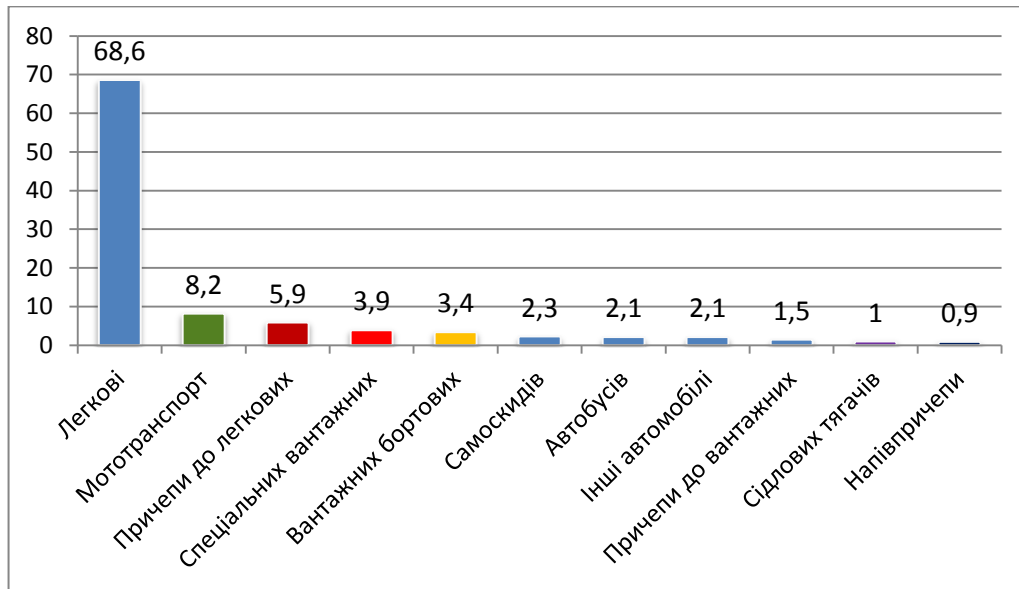


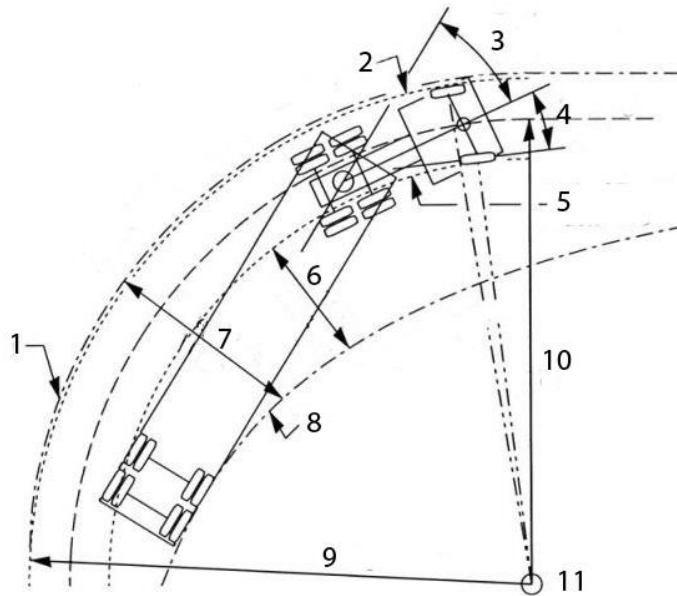
Рисунок 2– Склад транспортного потоку на автомобільній дорозі Київ-Чоп

При русі такого виду транспорту в прямому напрямку, проблем не виникає, але коли даний автомобіль з’їжджає або здійснює маневр - виникають проблеми, пов’язані з недостатнім простором на цьому перехресті для здійснення маневру.

Проектування пересічення з заокругленням, представленим коловою кривою – недостатньо. Відомо, що при русі по заокругленню різні колеса автомобіля підпорядковуються різним законам і не можуть описувати криву постійного радіусу. Отже, область, яку перекриває автомобіль при своєму русі, в цілому має досить складний вид рис. 3 [6].

На даний момент правила проектування розв’язок в одному та декількох рівнях регулюється такими нормативними документами:

- ВБН В.2.3-218-192:2005 «Перехрещення та примикання автомобільних доріг в одному рівні. Методи проектування та організації дорожнього руху» [1];
- ДБН В.2.3-4:2007 «Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Проектування та будівництво» [2];
- ДБН В.2.3-5-2001 «Вулиці та дороги населених пунктів» [3].



1 – траєкторія вильоту кузова; 2 – траєкторія зовнішньої колії тягача; 3 – кут зміщення тягача відносно трейлера; 4 – кут повороту ведучих коліс; 5 – траєкторія внутрішньої колії тягача; 6 – максимальне зміщення трейлера відносно тягача; 7 – ширина криволінійної смуги руху; 8 – траєкторія внутрішньої колії трейлера; 9 – радіус повороту; 10 – радіус повороту центральної лінії, яка проходить через вісь ведучих коліс; 11 – центр кривої повороту

Рисунок 3 – Схема руху великогабаритного транспортного засобу

Аналізуючи структуру парку транспортних засобів можна виділити, що більшу частину складають легкові автомобілі. Також в цій структурі проміжне місце займають вантажні бортові автомобілі, спеціальні вантажні та автосамоскиди. Вони складають близько 20% від загального потоку.

Наочне відображення збільшення габаритної ширини смуги руху зі зміною складу вантажного парку транспортних засобів та в залежності від радіуса повороту зображено на рис. 4.

На сьогоднішній день в нормативних документах різних країн [1, 6], виділяється класифікація розрахункових автомобілів прийнятих для побудови типових пересічень в одному рівні. В нашій державі в більшості випадків спирається на закордонний досвід. Проаналізувавши даний нормативний документ, можна дійти висновку, що максимальний розмір транспортного засобу складає 25,25м. Він являє собою вантажівку з причепом. Але якщо проаналізувати парк транспортних одиниць найбільш поширені транспортні засоби, представлені тягачем з сідельним причепом, довжиною близько 20м. При русі такого виду транспорту ширина смуги помітно збільшується.

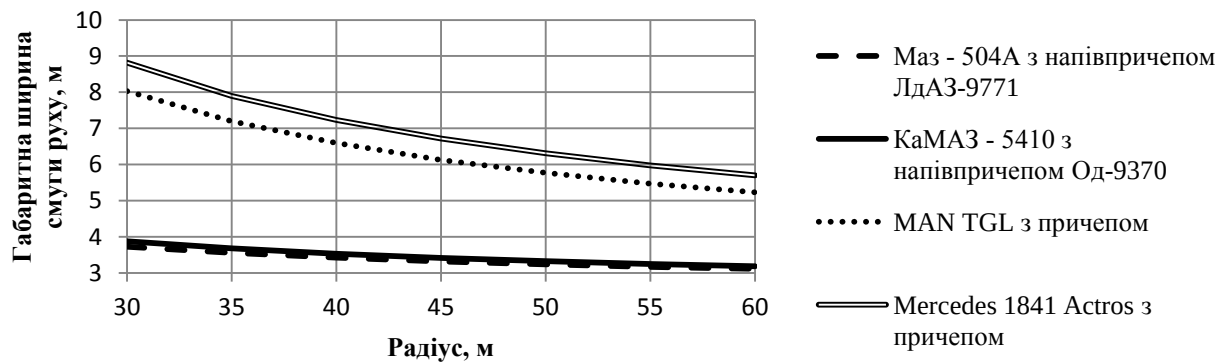


Рисунок 4 – Графік зміни габаритної ширини смуги руху для різних типів великогабаритних транспортних засобів

Порівняльна класифікація транспортних засобів, прийнятих для побудови примикань і пересічень в одному рівні зображено в табл.1.

Таблиця 1 – Геометричні розміри розрахункових автомобілів

Тип розрахункового автомобіля	Україна	США	Німеччина
Легковий	5,0	6,0	4,74
Вантажний	8,0	15,2	10,1
Автопоїзд	25,25	36,0	18,7
Автобус	13,0	12,2	12,0
Автобус сцепка	—	18,3	—

Як видно з таблиці, динамічні розміри розрахункових транспортних засобів в нашій державі значно поступаються розрахунковим транспортним засобам закордоном.

При аналізі даної проблеми, була звернута увага на закордонний досвід у вирішенні даної проблеми. В країнах Європи та США [6] відводиться особлива увага даному виду транспорту, оскільки він «диктує» геометричні розміри пересічень. В працях, опублікованих в США, проводиться класифікація транспортних засобів та відображення траєкторії руху даних типів при здійсненні маневру під різним кутом. Дані траєкторії використовуються при визначенні необхідних розмірів радіусів примикань і пересічень.

Зробивши порівняння між типовим примиканням в нашій країні та в США (рис.5) [6], можна дійти висновку, що крива примикання представлена перехідною кривою, а не коловою. При наявності перехідної кривої, яка

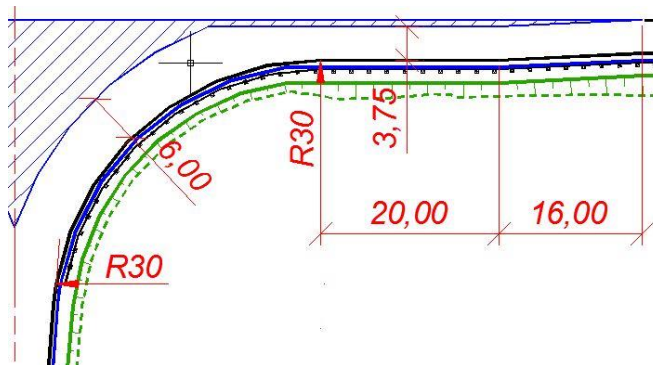
враховує зміщення причепа (напівпричепа) при маневрі, забезпечується нормальна робота перехрестя.

Проаналізувавши дані примикання, можна зробити висновок, що загалом можна запроектувати і колову криву, яка б забезпечувала рух різних типів транспортних засобів. Колова крива повинна мати такий радіус, що при проїзді по ній траєкторія руху задньої осі причепа (напівпричепа), яка представлена перехідною кривою, була вписана в дану колову криву. В даному випадку можна визначити необхідний розмір кривої, для найбільш поширених видів транспорту, при цьому забезпечивши безпечний і безперебійний рух іншим видам транспорту. В даному випадку використання такої кривої потрібно досить ретельно приділити увагу формі та розмірам направляючих острівців, які і будуть направляти транспорт в канали для здійснення маневру.

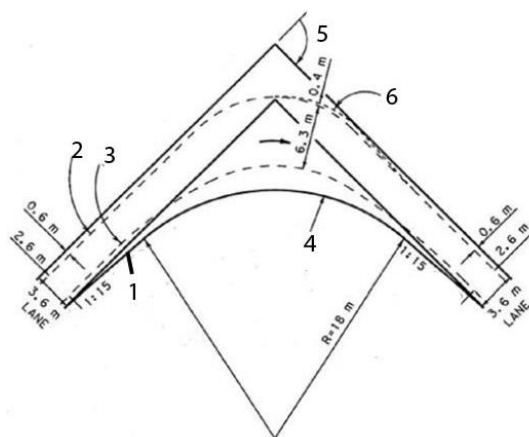
Величини радіусів кривих в залежності для автопоїзда та кута примикання (табл.2)[7].

В даному випадку використання клину є виправдано при проектуванні примикання з розрахунковим транспортним засобом – автопоїзд. Коли тягач автопоїзда здійснив маневр, причеп описав криву і рухається по прямій, що і являє собою клин.

При розгляді типів примикань і пересічень в одному рівні в міських умовах, одним з типів є розворот на смугу зустрічного напрямку через розділювальну смугу. Вказаний тип зазвичай можна спостерігати на кільцевих магістралях навколо міст. При розвороті через розділювальну смугу великогабаритний транспортний засіб може зустріти перешкоду, пов'язану з недостатньою відстанню розриву в розподільчій смузі чи з самою формою кривої розподільчої смуги. В нашій державі прийнято, щоб розрив в розділовій смузі був обмежений коловими кривими, незалежно від розмірів розділової смуги та виду переважаючого транспорту. Дана форма розділової смуги представлена на рис.6.



а



б

а – типове пересічення, запроєктоване за нормами в Україні; б – пересічення, запроєктоване за нормами США: 1 – клин; 2 – траєкторія зовнішнього колеса; 3 – траєкторія внутрішнього колеса; 4 – кромка проїзної частини; 5 – кут повороту; 6 – траєкторія кузова

Рисунок 5 – Загальний вигляд пересічень

Таблиця 2 – Параметри кривих примикаючої дороги

Кут повороту, °	Радіус колової кривої, м	Колова крива з клином	
		Радіус кривої, м	Клин, 1:m
30°	60	—	—
45°	53	36	15:1
60°	45	29	15:1
75°	—	20	15:1
90°	—	18	15:1
105°	—	17	15:1
120°	—	14	15:1
135°	—	12	15:1
150°	—	11	6:1
180°	—	8	5:1

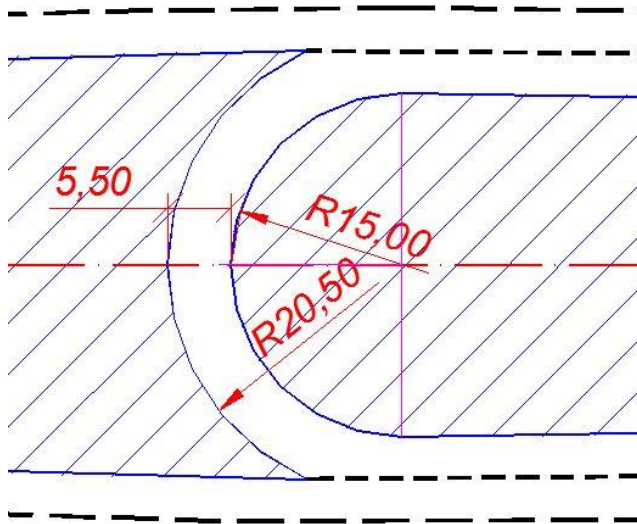


Рисунок 6 – Форма розділової смуги для здійснення маневру

Важливим фактором у розробці отвору (ділянка в розділювальній смузі, призначена для здійснення розвороту) – це шлях кожного проектного автомобіля, який робить лівий поворот на мінімальній швидкості 15 до 25 км/год. Якщо обсяг і тип транспортних засобів, прийнятих для виконання лівого повороту вище мінімальної швидкості, конструкція може бути зроблена за допомогою віднесеного карману для радіусу повороту, для відповідної швидкості. Однак мінімальна низька швидкість необхідна для мінімальної конструкції[6]. Цей випадок досить помітний при русі великогабаритних автомобілів через отвір між розділовими смугами. При русі такого автомобіля, необхідно, щоб транзитна дорога була представлена як мінімум двох смуговою проїзною частиною. В такому випадку автомобіль, при здійсненні маневру виїде на суміжну смугу руху близько 0,5 м. В іншому випадку при наявності одно смугової проїзної частини, виникає необхідність влаштування карманів, для закінчення маневру.

При розгляді форми розділової смуги можна дійти висновки, що форма внутрішньої кривої буде диктуватися шириною самої розділової смуги, значення відображені в табл.3

Конструкція з перехідною кривою близько відповідає шляху траєкторії внутрішнього заднього колеса і призводить до меншого перетину тротуару та меншої довжини відкриття, ніж для колової форми. Ці переваги є експлуатаційними тому, що водій автомобіля, при здійсненні лівого повороту

має слідувати по формі розділювальної смуги для маневру, і подовження в середині краще розташувати, щоб воно служило в якості розташування пішоходів, які переходять дорогу.

Таблиця 3 – Залежність форми кривої розділової смуги від ширини розділової смуги

Ширина розділової смуги, м	Форма кривої розділової смуги
< 3 м	Колова крива
3 – 20 м	Перехідна крива
> 20 м	Індивідуальне проектування

Як відомо мінімальна ширина розділової смуги, яка регламентована [2] складає 6м. Виходячи з цього значення бажана форма кривої розділової смуги повинна мати форму перехідної кривої рис.7.

Для визначення необхідних геометричних значень можна скористатися формулами (1-3)

$$L = 2R \quad (1)$$

$$R1 = B/2 \quad (2)$$

$$R2 = B/5 \quad (3)$$

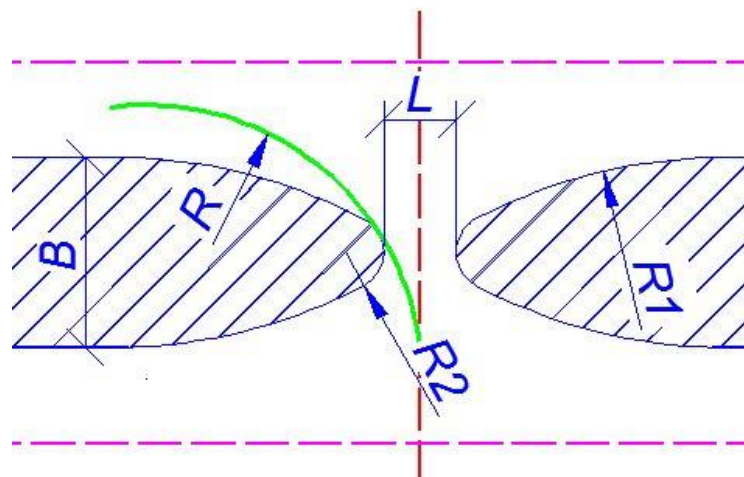


Рисунок 7 – Необхідна форма кривої розділової смуги

При використанні даних рекомендацій можливо забезпечити безперешкодний проїзд для даного виду транспорту. Тим самим зменшити ймовірність створення заторів та затримок руху, які виникають коли дані автомобілі при здійсненні маневру створюють за собою чергу автомобілів.

Висновки

Проектування дорожніх розв'язок мусить враховувати параметри великогабаритних транспортних засобів, які за даними натурних спостережень складають 13% від всього транспортного потоку.

Проведений аналіз проектування дорожніх розв'язок в одному рівні в США засвідчує, що розрахункові автомобілі, по яких ведеться проектування, дещо відрізняються від наших. В них більш прив'язано до реальних геометричних розмірів транспортних засобів. Що стосується пересічень в одному рівні, то вони більш пристосовані для руху великогабаритних транспортних засобів.

Обґрунтування геометричних параметрів дорожніх розв'язок в сучасних умовах вимагає детального аналізу траєкторії руху великогабаритних транспортних засобів.

Література

1. Перехрещення та примикання автомобільних доріг в одному рівні. Методи проектування та організації дорожнього руху. Споруди транспорту: ВБН В.2.3-218-192:2005, - [Чинний від 2006-26-05]. - К.: УКРАВТОДОР, 2005. - 33 с.
2. Автомобільні дороги. Споруди транспорту: ДБН В.2.3-4-2007, частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. - [Чинний від 2007-30-10]. - К.: Мінрегіонбуд України, 2007. - 91 с.
3. Вулиці та дороги населених пунктів. Споруди транспорту: ДБН В.2.3-5-2001, - [Чинний від 2001-01-10]. - К.: Держбуд України, 2001. - 52 с.
4. «Автомобільний транспорт України: стан, проблеми, перспективи розвитку»: Монографія / Державний автотранспортний Науково – дослідний і проектний інститут; За заг. ред. А.М. Редзюка. – К.: ДП "ДержавтотрансНДІпроект" , 2005. – 400 с: ил. ISBN 966-8799-02-X.
5. Научное исследование. Причины дорожно-транспортных происшествий с участием грузовых автомобилей в Европе: Краткий обзор и рекомендации / Международный союз автомобильного транспорта. – Ш., 2007. –С. 1-19
6. Nicol B. A Policy Geometric Design of Highway and Streets/ Nicol B. – 4 edition. – W. : American Association of State Highway and Transportation Officials, 2004. – 942 p.
Norman R. Transportation Depth Reference Manual for the Civil PE Exam/ Norman R. – B.: Professional Publication Inc., 2012. – 320 p.

УДК 625.731.1

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОСТІЙКОСТІ ТА ТЕРМОСТІЙКОСТІ ГЕОГРАТОК ПРИ АРМУВАННІ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ПОКРИТТІВ

Гамеляк І.П., д-р техн. наук, Бернадський І.І., Дмитренко Л.А.,
Шатило Т.В.

Анотація. В статті наводяться результати випробувань гнучких геограток що використовуються при армуванні асфальтобетонних покриттів з метою визначення їх теплостійкості при дії технологічних температур.

Об'єкт дослідження – армуючий синтетичний матеріал у вигляді поліефірних граток до термообробки та після термообробки.

Мета роботи – дослідження зміни фізико – механічних властивостей армуючих геосинтетичних матеріалів при дії температурних впливів та встановлення показників термостійкості геотекстильної ґратки, виготовленої з поліефірних ниток.

Метод дослідження – експериментальне визначення фізико – механічних властивостей армуючих геосинтетичних матеріалів при дії температурних впливів та статистичний аналіз результатів випробувань.

За результатами досліджень для поліефірних граток при температурі 160 °С встановлено, що розривне навантаження зменшується незначно (всього на 7%). Однак, при цьому видовження при розриві збільшується в 2,44 рази. Для розрахунків армування необхідно враховувати, що коефіцієнт зменшення міцності при деформації 2% та 5% становить відповідно 1,58 та 2,11.

Розрахункове значення модуля пружності поліефірних ґраток слід приймати для матеріалу до термообробки 560,3 кН/м та 533,7 кН/м при деформації відповідно 2% та 5%. Після термообробки розрахункові значення модуля пружності поліефірних ґраток більш як вдвічі зменшуються і становлять 331,5 кН/м та 268,1 кН/м при деформації відповідно 2% та 5%.

Результати статті можуть бути враховані при використанні полімерних геосинтетичних матеріалів, для армування асфальтобетонних шарів дорожніх та аеродромних одягів.

Ключові слова: ключові слова: геогратка, температурні впливи, міцність на розтяг, відносна деформація, термостійкість, теплостійкість.

Анотация. В статье приводятся результаты испытаний гибких геосеток, используемых при армировании асфальтобетонных покрытий с целью определения их теплостойкости при воздействии технологических температур. Объект исследования - армирующий синтетический материал в виде полиэфирных сеток до термообработки и после термообработки.

Цель работы - исследование изменения физико - механических свойств армирующих геосинтетических материалов при температурных воздействиях и установление показателей термостойкости геосеток, изготовленных из полиэфирных нитей.

Метод исследования экспериментальное определение физико - механических свойств армирующих геосинтетических материалов при воздействии технологических температур и статистический анализ результатов испытаний.

По результатам исследований для полиэфирных решеток при температуре 160 °С установлено, что разрывная нагрузка уменьшается незначительно (всего на 7%). Однако, при этом удлинение при разрыве увеличивается в 2,44 раза. Для расчетов армирования необходимо учитывать, что коэффициент уменьшения прочности при деформации 2% и 5% составляет соответственно 1,58 и 2,11.

Расчетное значение модуля упругости полиэфирных решеток следует принимать для материала до термообработки 560,3 кН/м и 533,7 кН/м при деформации соответственно 2% и 5%. После термообработки расчетные значения модуля упругости полиэфирных решеток более чем в два раза

уменьшаются и составляют 331,5 кН/м и 268,1 кН/м при деформации соответственно 2% и 5%.

Результаты статьи могут быть учтены при использовании полимерных геосинтетических материалов, для армирования асфальтобетонных слоев дорожных и аэродромных одежд.

Ключевые слова: геосетка, температурные воздействия, прочность на растяжение, относительная деформация, термостойкость, теплостойкость.

Annotation. The paper presents the results of tests of flexible geogrid used for reinforcing asphalt pavement to determine their heat resistance at the technological temperatures.

The object of study - a reinforcing material in the form of synthetic polyester grid to heat treatment after heat treatment.

Purpose - investigation change physical - mechanical properties of geogrid reinforced by the action of temperature effects and set the parameters of the thermal stability geogrid made of polyester yarn.

Research method - experimental determining physical - mechanical properties of geogrid reinforcement by the action of temperature effects and statistical analysis of test results.

According to the research for polyester grid at 160 ° C revealed that breaking load decreases only 7%. However, while the elongation at break increases by 2.44 times. To calculate the reinforcement should be aware that strength reduction factor for strain of 2% and 5% is respectively 1.58 and 2.11.

Estimated value of elastic modulus polyester grid should be used for treating material to 560.3 kN/m and 533.7 kN/m during deformation under 2% and 5%. After the heat treatment of estimated elastic modulus polyester grsd over half are declining and 331.5 kN/m and 268.1 kN/m during deformation under 2% and 5%.

The results of the article can be taken into account when using polymeric geogrid for reinforcement layers of asphalt road and airfield pavements.

Key words: geogrid, temperature effects, tensile strength, strain, heat resistance, temperature resistance.

Вступ

У процесі будівництва доріг при укладанні асфальтобетонної суміші та ущільненні асфальтобетону геотекстильні матеріали піддаються дії підвищених температур [1].

Тому при виборі полімерних геотекстильних матеріалів для будівництва доріг приділяють увагу їх тепло- і термостійкості [2-3]. Теплостійкість - збереження комплексу механічних властивостей при підвищених температурах; термостійкість - характеризує зміну міцності і видовження матеріалу, які визначаються після нагріву і наступного його охолодження.

На стійкість полімерів до підвищених температур в основному впливають хімічна будова полімеру і обумовлена нею інтенсивність міжмолекулярної взаємодії, середовище (наявність кисню, вологи) в якому полімер прогрівається та час нагріву.

Під дією підвищених температур в полімерних геотекстильних матеріалах можуть відбуватися зворотні і незворотні зміни фізико - механічних властивостей, хімічної структури, зовнішнього вигляду, розм'якшення або розплавлення.

Мета роботи: дослідити зміну фізико – механічних властивостей армуючих геосинтетичних матеріалів (АСМ) при дії температурних впливів та встановити показники термостійкості геотекстильної ґратки, виготовленої з поліефірних ниток.

Основна частина

Дослідження геотекстильних ґраток, виготовленої з поліефірних ниток, що найбільш широко використовуються для армування асфальтобетонних покриттів, проведені в сертифікованій лабораторії АДВЛ «Текстиль-ТЕСТ» за показником термостійкості.

Структурні характеристики і фізико-механічні властивості об'єкту дослідження наведені в табл. 1.

Для моделювання в лабораторних умовах температурних впливів під час використання геограток був визначений розподіл температурних полів при укладці та остиганні асфальтобетонних шарів. Цей розподіл визначений за допомогою тепловізора. Приклад термограм, отриманих при ремонті покриття на Південному мосту в м. Києві 22.11.2012 року наведено на рис. 1.

Спостереження за остиганням шару із литої асфальтобетонної суміші різної товщини від 2 до 7 см дозволило встановити залежність температури поверхні покриття від часу остигання.

Таблиця 1 - Характеристики АСМ (поліефір)

Найменування показника	Один. виміру	Значення	
Сировинний склад		поліефір	
Кількість ребер на 1 м за довжиною за шириною	шт.		22
	шт..		22
Розтягуюче напруження, EN ISO 10319 та СОУ 45.2-00018112-025: 2007	кН/м	Середнє, MD	60
		Похибка	-5
	кН/м	Середнє, CMD	60
		Похибка	-5
Відносна деформація при максимальному видовженні, EN ISO 10319 та СОУ 45.2-00018112-025: 2007	%	MD	10
		Похибка	+/-1,5
		CMD	10
		Похибка	+/-1,5

За результатами тепловізійного обстеження покриття отримана залежність температури поверхні покриття від часу остигання литої асфальтобетонної суміші різної товщини (від 2 до 7 см) при температурі навколишнього середовища 0 ... 5 °С (рис. 2).

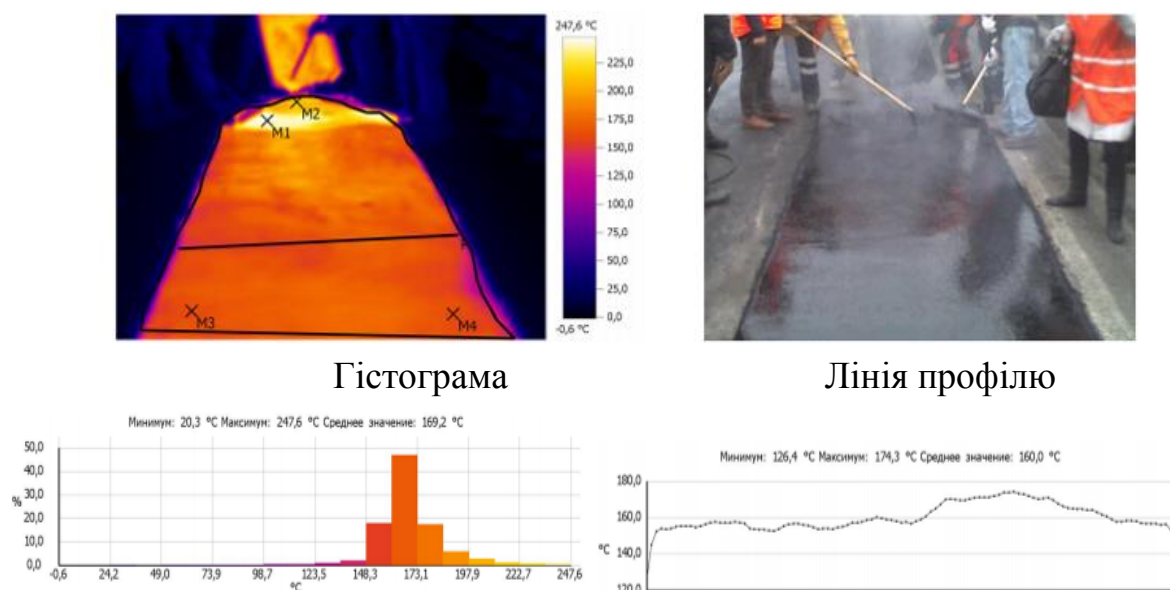


Рисунок 1 - Приклад термограми фотозображення і результати обробки при тепловізійному обстеженні процесу ремонту покриття литою асфальтобетонною сумішшю

Отримані дані є основою для обґрунтування температурних режимів витримування зразків геосинтетики в лабораторних умовах для випробування на термостійкість.

Стійкість геосітки до температури близької температурі укладання асфальтобетонної суміші досліджувалась за наступною методикою: з полотна вирізали дві групи зразків - одну для визначення міцності й видовження зразків за стандартним методом, другу групу зразків піддавали нагріванню в камері при температурі 160 °С протягом 2 год. Після нагріву зразки вилучали з камери, витримували 24 години в нормальних умовах, після чого визначали міцність і видовження при розриві.

Діаграми розтягання – деформація зразків до і після термообробки надані на рис. 3 - 4. Відповідно в табл. 2 та 3 наведені результати обробки випробування ґраток до та після термообробки.

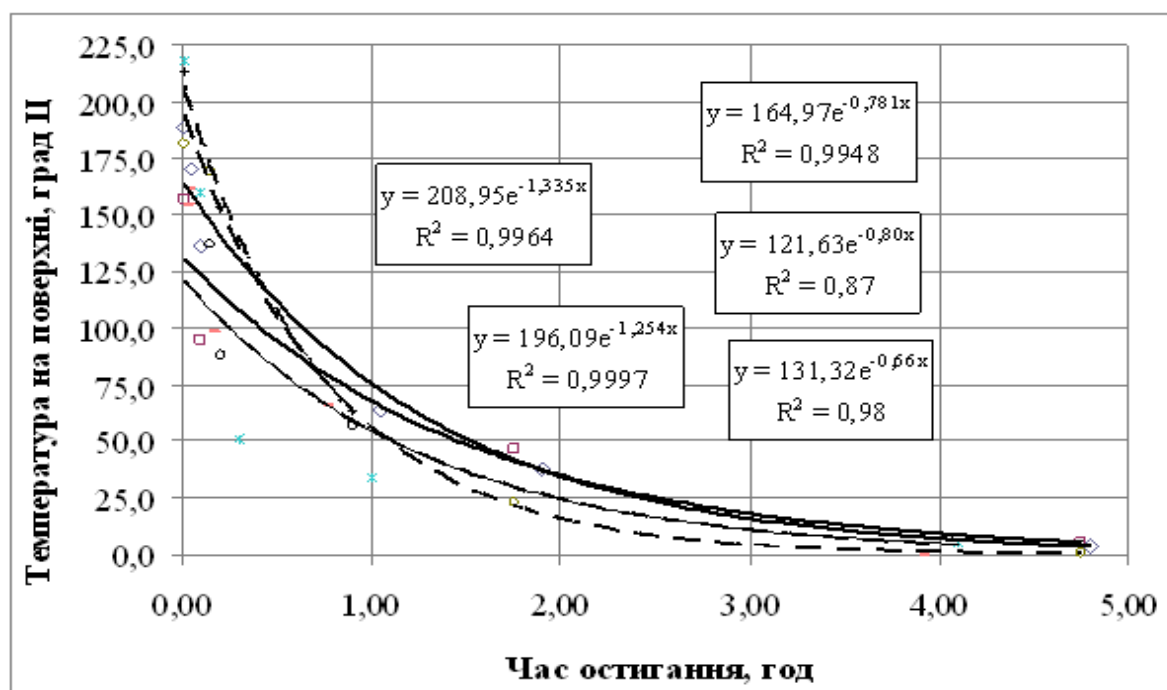


Рисунок 2 - Залежність температури поверхні покриття від часу остигання литої асфальтобетонної суміші різної товщини від 2 до 7 см

Термостійкість АСМ визначалась по незворотнім змінам міцності і видовження після нагрівання.

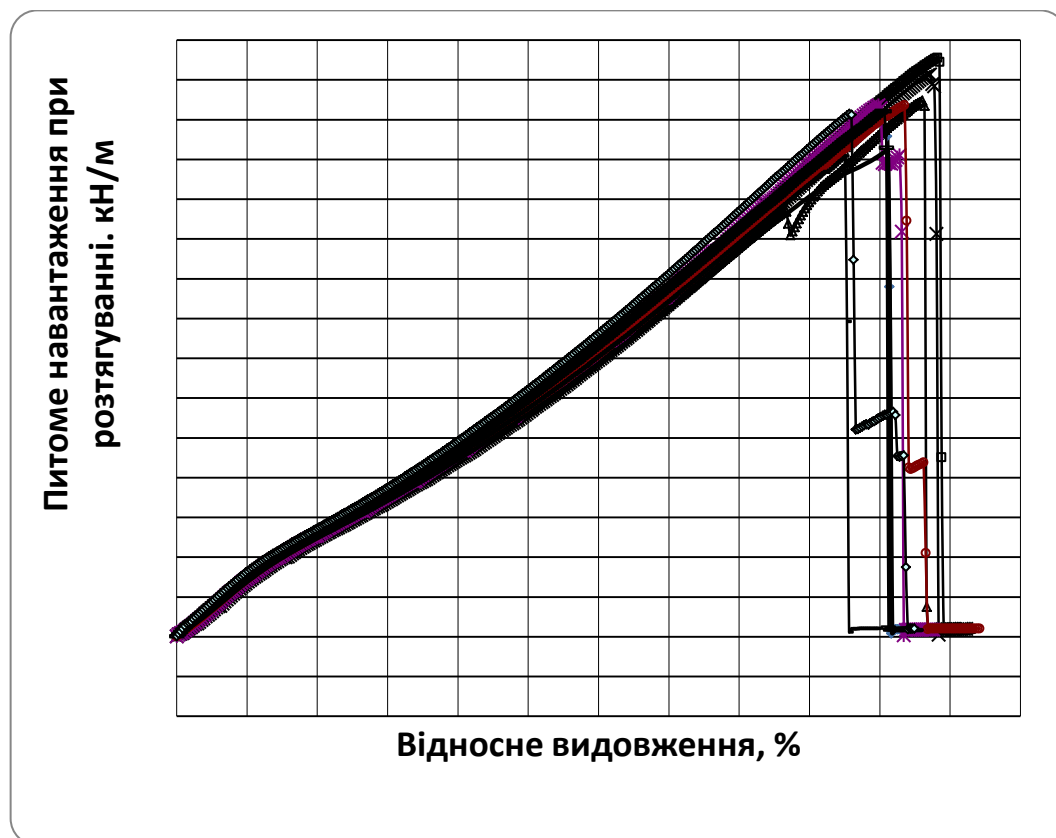


Рисунок 3 - Результати випробування поліефірних ґраток до термообробки

Таблиця 2 - Результати випробування ґраток до термообробки

№ п/п	Міцність, кН/м		Відносне видовження, %			Модуль пружності при видовженні, кН/м	
	при відносному видовженні		при розриві	при макс. навантаженні		2%	5%
	$R_{2\%}$	$R_{5\%}$	R_{max}	ϵ_{max}	ϵ_{Rmax}	$E_{2\%}$	$E_{5\%}$
1	12,36	28,28	12,36	10,6	10,0	618	565,6
2	12,86	29,58	12,86	11,3	10,8	643	591,6
3	12,38	28,38	12,38	11,2	10,6	619	567,6
4	12,52	28,32	12,52	11,2	10,7	626	566,4
5	11,28	29,32	11,28	10,8	10,0	564	586,4
6	11,18	28,98	11,18	11,4	10,4	559	579,6
7	12,42	26,02	12,42	10,6	10,1	621	520,4
8	12,82	28,94	12,82	10,0	9,5	641	578,8
9	13,28	29,98	13,28	10,5	10,0	664	599,6
10	13,62	31,2	13,62	10,5	9,6	681	624
мінімальне	11,2	26,02	60,4	10,0	9,5	559	520,4
максимальне	13,62	31,2	72,76	11,4	10,8	681	624
середнє	12,5	28,9	66,3	10,8	10,2	623,6	578,0
СКВ	0,7716	1,3494	3,7310	0,4708	0,4502	38,5809	26,9887
коэф. варіації	6,19	4,67	5,63	4,36	4,43	6,19	4,67
Розрахункове значення	11,2	26,7	10,0	9,4	60,2	560,3	533,7

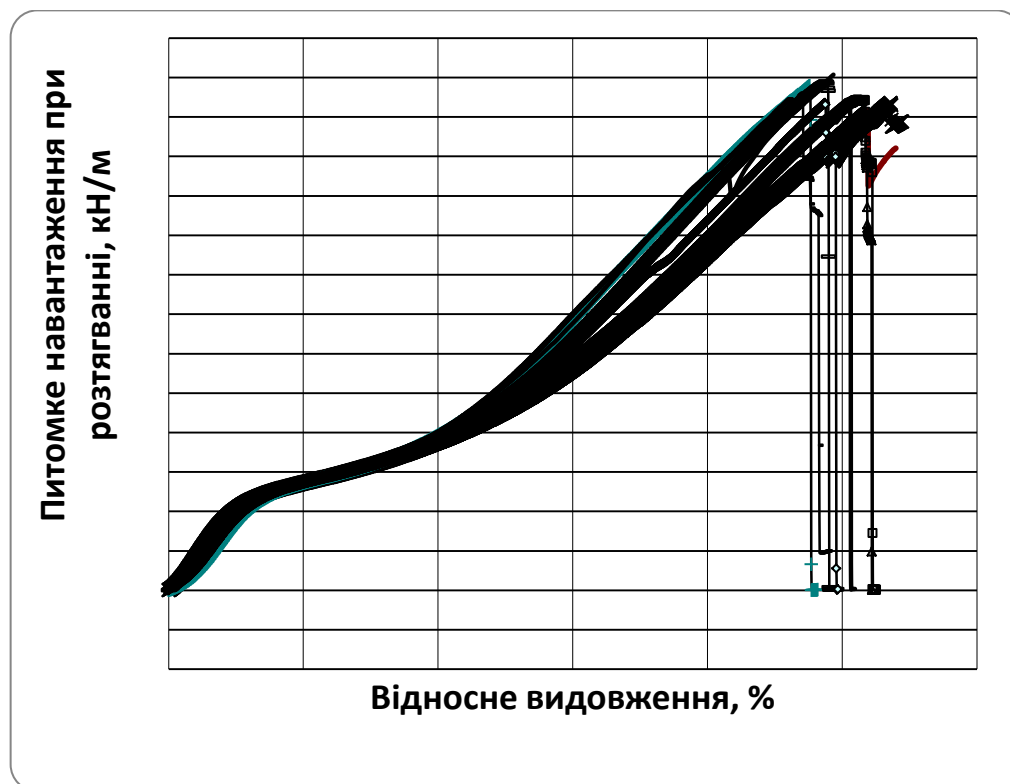


Рисунок 4 - Результати випробування поліефірних ґраток після термообробки

Таблиця 3 - Результати випробування ґраток після термообробки

№ п/п	Міцність, кН/м		Відносне видовження, %			Модуль пружності при видовженні, кН/м	
	при відносному видовженні		при розриві	при розриві	при макс. навантаженні	2%	5%
	$R_{2\%}$	$R_{5\%}$	R_{max}	ε_{max}	ε_{Rmax}	$E_{2\%}$	$E_{5\%}$
1	8,08	13,46	60,9	27,0	25,9	404	269,2
2	8,64	13,72	62,12	26,3	25,8	432	274,4
3	8,32	13,48	60,82	26,2	25,8	416	269,6
4	8,8	13,62	61,78	27,3	26,8	440	272,4
5	7,74	13,62	61,46	25,5	25,3	387	272,4
6	8,32	13,72	57,7	24,7	24,2	416	274,4
7	6,18	13,6	63,98	24,1	23,8	309	272
8	7,54	13,88	63	24,5	23,5	377	277,6
9	8,24	14	64,48	24,8	24,4	412	280
10	6,96	13,52	61,76	25,1	24,4	348	270,4
мінімальне	6,2	13,46	57,7	23,8	22,6	309	269,2
максимальне	8,8	14	67,04	27,3	26,8	440	280
середнє	7,9	13,7	62,2	25,4	24,8	392,8	274,0
СКВ	0,7463	0,1790	2,3186	1,1311	1,2189	37,3171	3,5796
коеф. варіації	9,50	1,31	3,73	4,45	4,91	9,50	1,31
Розрахункове значення	6,6	13,4	23,6	22,8	58,4	331,5	268,1

Як видно з рис. 5 видовження зразків після нагрівання значно збільшилось - це відбулося внаслідок зникнення еластичної деформації ниток з

яких складається полотно, попередньо розтягнутих в процесі формування АСМ тобто при тепловому впливі відбувся зворотній релаксаційний процес, який викликав усадку полотна і збільшення його видовження під час навантажень.



Рисунок 5 - Порівняння зміни кривої “питоме навантаження при розтягуванні – відносне видовження” до і після термообробки

Коефіцієнт зміни властивостей ґратки після термообробки наведено в табл. 4.

Таблиця 4 - Коефіцієнт зміни властивостей після термообробки

№ пп	Зміна міцності, кН/м			Зміна відносного видовження, %		Зміна модуля пружності	
	при відносному видовженні		при розриві	при розриві	при макс. навантаженні	2%	5%
	$R_{2\%}$	$R_{5\%}$	R_{max}	ε_{max}	ε_{Rmax}	$E_{2\%}$	$E_{5\%}$
Відношення показників властивостей після термообробки до початкових значень							
мінімальне	0,55	0,52	0,96	2,38	2,39	0,55	0,52
максимальне	0,65	0,45	0,92	2,48	2,39	0,65	0,45
середнє	0,63	0,47	0,94	2,44	2,35	0,63	0,47
СКВ	0,97	0,13	0,62	2,71	2,40	0,97	0,13
коєф. варіації	1,54	0,28	0,66	1,11	1,02	1,54	0,28

Ще більше проблем виникає при використанні екструдованих (витягнутих) геограток з поліпропілену для армування асфальтобетонних

шарів. Даний різновид АСМ більше, порівняно з поліефірними ґратками, піддається незворотнім змінам при дії високих температур. Технологічні питання використання ґраток із різної сировини вирішує пряме зіставлення результатів випробувань матеріалів на теплостійкість у діапазоні робочих температур (рис. 6) [4].

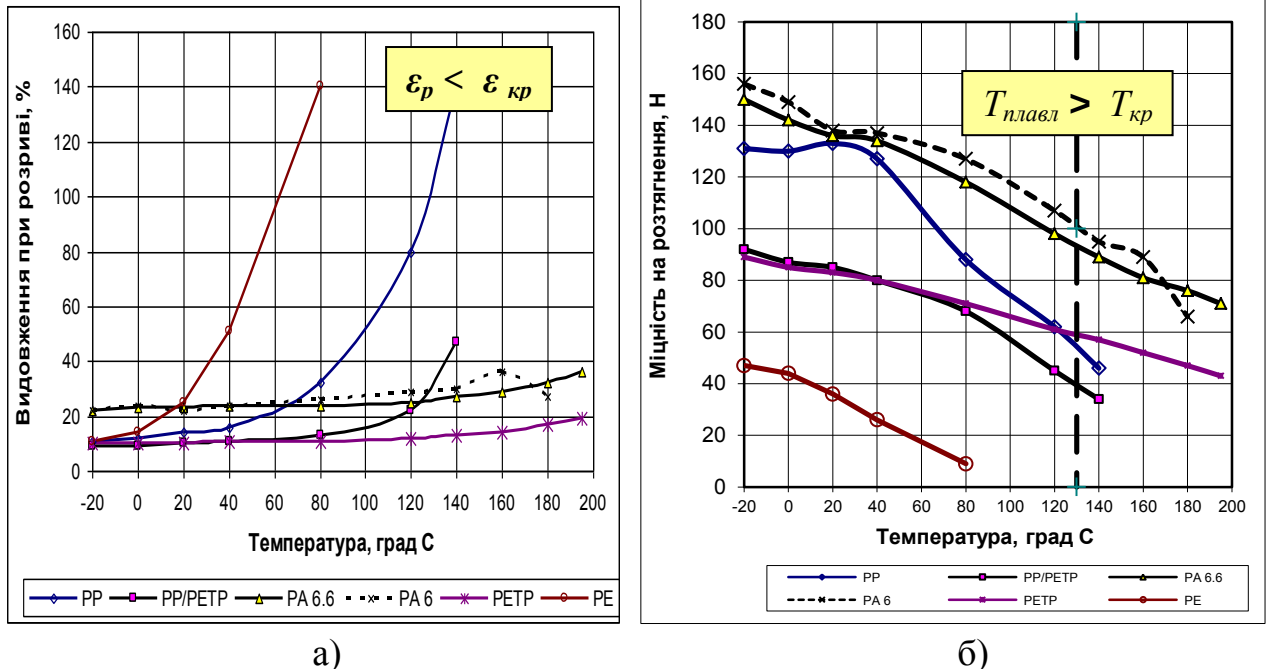


Рисунок 6 - Залежність подовження при розриві а) й міцності при розтяганні б) від температури різних видів волокон

Як слідує з графіків волокна із поліпропілену (PP) втрачають міцність більш як у два рази (із 130 Н до 55 Н) в діапазоні температур від +20 до 120 °С. Але ще більш суттєвим є зростання відносного видовження матеріалу після нагрівання. Від 20 до 120 °С видовження поліпропілену змінюється за законом експоненти і зростає від 12% до 80% або майже в 7 раз. Це є причиною технологічних труднощів при укладці геосинтетиків із поліпропілену (матеріал у виді хвилі піднімається із шару не ущільненої асфальтобетонної суміші при укладці). Якщо навіть вдасться укласти геосинтетик із поліпропілену, то в подальшому при експлуатації відбувається швидке його руйнування (наприклад, ділянки відремонтованого покриття на АД Київ – Чоп на виїзді з м. Києва та на АД Київ – Глухів – Бачівськ), що потребує подальших досліджень.

Висновки

Матеріали для армування асфальтобетонних покриттів повинні бути тепло- і термостійкими, зберігаючи свої властивості після дії температурних впливів у діапазоні 130 – 175 °С при влаштуванні шарів основи та покриття і 180 ... 240 °С при ремонті покриттів литим асфальтобетоном.

На етапі проектування і розрахунків надійності та довговічності конструкцій дорожніх одягів автомобільних доріг необхідно враховувати зміни фізико – механічних властивостей АСМ, які відбуваються під час влаштування асфальтобетонних покриттів.

За результатами досліджень для поліефірних ґраток при температурі 160 °С встановлено, що розривне навантаження зменшується незначно (всього на 7%). Однак, при цьому видовження при розриві збільшується в 2,44 рази. Для розрахунків армування необхідно враховувати, що коефіцієнт зменшення міцності при деформації 2% та 5% становить відповідно 1,58 та 2,11.

Розрахункове значення модуля пружності поліефірних ґраток слід приймати для матеріалу до термообробки 560,3 кН/м та 533,7 кН/м при деформації відповідно 2% та 5%. Після термообробки розрахункові значення модуля пружності поліефірних ґраток більш як вдвічі зменшуються і становлять 331,5 кН/м та 268,1 кН/м при деформації відповідно 2% та 5%.

Необхідно продовжити дослідження з використанням інших типів волокон та розробити доповнення до нормативних документів стосовно випробування геосинтетичних матеріалів на термо- і теплостійкість. Також необхідно в розрахунках по існуючих нормах [5] враховувати коефіцієнти зменшення міцності та збільшення відносного видовження геосинтетиків після температурних впливів при армуванні асфальтобетону.

Література

1. Мерзликин А.Е., Гладков В.Ю., Гамеляк И.П. Армирование асфальтобетонных покрытий при строительстве и реконструкции дорожных одежд. Автомоб. дороги: Обзорн. информ. ЦБНТИ Минавтодора РСФСР.- М.: 1990.- Вып. 5.- 45 с.
2. Гамеляк І.П., Кострицький В.В., Малантьєв В.Ю. Порівняння властивостей геограт для армування асфальтобетонного покриття. // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. - Вип. 75, 2008.- С. 157 - 167.
3. Гамеляк І.П., Журавський Д.Л., Примук Є.О. Вплив технологічних параметрів на властивості армованого асфальтобетону // Проблеми транспорту. - Вип. 7, 2010.- С. 178 - 183.
4. Rüegger R., Hufenus R. Bauen mit Geokunststoffen – SVG 2003. ISO 3-9522774-01, VSS-Forschungsprojekt 2000/450.
5. ВБН В.2.3-218-544: 2008. Матеріали геосинтетичні в дорожньому будівництві. – К.: Укравтодор, 2008. – 120 с.

Мозговий В.В. д-р техн. наук, **Онищенко А.М.**, канд. техн. наук,
Гаркуша М.В., Аксьонов С.Ю., Білан О.О.

**АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ ХОЛОДНИХ АСФАЛЬТОБЕТОННІВ
ПІДВИЩЕНОЇ КОЛІЄСТІЙКОСТІ ДЛЯ АВАРІЙНОГО РЕМОНТУ В
ЕКСТРЕМАЛЬНИХ ПОГОДНИХ УМОВАХ**

Анотація. В статті наведено огляд матеріалів та методів їх застосування при проведенні аварійних ремонтних робіт з ліквідацією ямковості на асфальтобетонних покриттях нежорстких дорожніх одягів у складних погодних умовах.

Об'єкт дослідження – матеріали для аварійного ремонту асфальтобетонних покриттів в осінньо-зимових умовах.

Мета роботи - визначення ефективних матеріалів для проведення ямкового ремонту в складних погодних умовах (низькі температури, висока вологість), розширення номенклатури матеріалів і методів (технологій), які при цьому може бути використано.

Метод дослідження – аналіз теоретичних даних та експериментальні дослідження.

При ремонті дорожніх одягів нежорсткого типу з асфальтобетонним покриттям у осінньо-зимовий період року, що характеризується низькими температурами і підвищеною вологістю, використовують різні дорожньо-будівельні матеріали. Екстремальні умови проведення аварійного (ямкового) ремонту знижують якість будівельних робіт і довговічність відремонтованого покриття. Застосування нових матеріалів для екстремального ремонту та встановлення раціональних технологічних прийомів з їх використанням є метою цієї роботи. В роботі розглянуто матеріали, які застосовуються в теперішній час на Україні та за кордоном. Матеріали випробовувались під дією проходів електромобілів, що імітують рух автомобілів на дорозі з навантаженням на вісь 11,5 т, яке

відповідає навантаженню від розрахункового автомобіля та проведено дослідження у лабораторії ДП "Дорцентр".

Результати статті можуть бути упроваджені при розробці рекомендацій з проведення аварійного (ямкового) ремонту нежорстких дорожніх одягів в складних погодних умовах з наступним узагальненням та розробкою відповідного нормативного документа.

Ключові слова. ключові слова: холодний асфальтобетон, холодні бітумомінеральні суміші, матеріали для ямкового (аварійного) ремонту, поперечний профіль, колійність, оберти стану, випробувальний стенд.

Анотація. В статті приведено огляд матеріалів і методів їх застосування при проведенні аварійних ремонтних робіт з ліквідацією ям на асфальтобетонних покриттях нежестких дорожніх одягів в складних погодних умовах.

Об'єкт дослідження - матеріали для аварійного ремонту асфальтобетонних покриттів в осінньо-зимових умовах.

Ціль роботи - визначення ефективних матеріалів для проведення ямочного ремонту в складних погодних умовах (низькі температури, висока вологість), розширення номенклатури матеріалів і методів (технологій), які при цьому можуть бути використані.

Метод дослідження - аналіз теоретичних даних і експериментальні дослідження.

При ремонті дорожніх одягів нежесткого типу з асфальтобетонним покриттям в осінньо-зимовий період року, характеризується низькими температурами і підвищеною вологістю, використовують різні дорожньо-будівельні матеріали. Екстремальні умови проведення аварійного (ямочного) ремонту знижують якість будівельних робіт і довговічність відремонтованого покриття. Використання нових матеріалів для екстремального ремонту і встановлення раціональних технологічних прийомів з їх використанням є метою цієї роботи. В роботі розглянуті матеріали, застосовувані в даний час на Україні і за кордоном. Матеріали випробовувалися під дією проходів електромобілів,

имитирующие движение автомобилей на дороге с нагрузкой на ось 11,5 т., соответствующее нагрузке расчетного автомобиля и проведены исследования в лаборатории ГП "Дорцентр".

Результаты статьи могут быть внедрены при разработке рекомендаций по проведению аварийного (ямочного) ремонта нежестких дорожных одежд в сложных погодных условиях с последующим обобщением и разработкой соответствующего нормативного документа.

Ключевые слова. ключевые слова: холодный асфальтобетон, холодные битумоминеральной смеси, материалы для ямочного (аварийного) ремонта, поперечный профиль, колейность, обороты стенда, испытательный стенд.

Summary. This paper provides an overview of materials and methods for their use in carrying out emergency repairs to the liquidation pitting on asphalt surfaces of non-rigid pavements in difficult weather conditions.

Object of research - materials for emergency repair asphalt surfaces in autumn and winter .

Purpose - to identify effective materials for patching repairs in difficult weather conditions (low temperature , high humidity), expanding the range of materials and techniques (technology) that it may be used.

Research method of theoretical analysis and experimental research data .

When repairing pavements non-rigid type of asphalt concrete pavement in the autumn and winter seasons , characterized by low temperatures and high humidity, use a variety of road construction materials. Extreme conditions of emergency (pit) repair reduces the quality of construction and durability of the repaired surface. The use of new materials for extreme repairs and installation of sustainable technological methods of their use is the goal of this work. In this work the materials used in the present in Ukraine and abroad. Materials tested under electric passages that mimic the movement of vehicles on the road with axle load of 11.5 tonnes, which corresponds to the estimated load of the vehicle and conducted research in the laboratory of DP "Dortsentr ."

The results of the article can be implemented in developing recommendations for the conduct of emergency (pit) repair of non-rigid pavements in difficult weather conditions with the following generalization and development of relevant regulations.

Key words. keywords: cold asphalt-concrete, cold bitumomineralni mixture, materials for patching (emergency) repair, cross-section, rutting, rotating stand, test bench.

Вступ

Метою роботи є визначення ефективних матеріалів для проведення аварійного ремонту в складних погодних умовах (низькі температури, висока вологість), розширення номенклатури матеріалів і методів (технологій), які при цьому може бути використано.

Проблема з ліквідації пошкоджень на поверхні асфальтобетонних покриттів у вигляді ямковості, що виникають у холодну пору року при постійному зростанні інтенсивності руху та вантажності автомобільного транспорту, забезпечення необхідного рівня безпеки руху, залишаються актуальними, і тому залишається актуальною необхідність у пошуку нових, більш довговічних та ефективних матеріалів та технологій аварійного ремонту. Можливість здійснення якісного аварійного ремонту простими доступними засобами на протязі всього року, включаючи пізню осінь, зиму і ранню весну дозволила б уникати катастрофічних наслідків ранньою весною, коли починаються масові ремонтні роботи на покритті.

При ремонті дорожніх одягів нежорсткого типу з асфальтобетонним покриттям у осінньо-зимовий період року, що характеризується низькими температурами і підвищеною вологістю, використовують різні дорожньо-будівельні матеріали. Екстремальні умови проведення аварійного (ямкового) ремонту знижують якість будівельних робіт і довговічність відремонтованого покриття. Застосування нових матеріалів для екстремального ремонту та встановлення раціональних технологічних прийомів з їх використанням є метою цієї роботи.

Існуючі матеріали та методи для аварійного (ямкового) ремонту в екстремальних погодних умовах

Ремонтні роботи на покритті плануються і виконуються частіше за все весною з настанням стійкої теплої (не нижче $+5^{\circ}\text{C}$) і сухої погоди. Але дуже часто виникає необхідність у проведенні термінового ремонту при складних погодних умовах в осінньо-зимовий період.

Для аварійного ремонту в холодну пору року найчастіше використовується холодна асфальтобетонна суміш, у якій застосовують малов'язкі (рідкі або розріджені в'язкі) бітуми.

Можливості та переваги холодних сумішей:

- застосування при температурах від $+40^{\circ}\text{C}$ до -20°C в залежності від типу суміші;
- укладання суміші на мокру поверхню та при наявності не сильних атмосферних опадів;
- оперативність у випадку необхідності ремонту поверхні дорожнього покриття після аварій міських комунікаційних систем (прорив води та ін.) в зимовий період;
- не затримування на тривалий час дорожнього руху, так як суміші практично не потребують часу на застигання після утрамбування його на поверхні дороги;
- безвідходність – суміші пропонуються у мішках по 20-30 кг. Відповідне розфасування дає можливість невеликої партії суміші, яка пізніше може бути використана повністю;
- еластичність – при незначному розширенні ями, суміш заповнює додатковий об'єм під дією коліс проїжджаючих автомобілів і тому яма не потребує наступного ремонту;
- універсальність – суміші придатні для ремонту всіх типів ям, незалежно від глибини чи розміру, від виду дорожнього покриття (бетон, бруківка і т.д.);
- економічність при незначному пошкодженні дорожнього покриття проведення термінового ремонту, що перешкоджає подальшому збільшенню пошкодженого відрізка поверхні.

Аварійний (ямковий) ремонт з використанням холодних сумішей набув широкого розповсюдження і популярності в багатьох країнах за свою простоту і менш суворі правила дотримання вимог технології і вимог до погодних умов, за більш тривалий робочий сезон проведення робіт та високу економічність. Холодна асфальтобетонна суміш відрізняється як за складом, так і за властивостями від інших видів асфальтобетонних сумішей, які використовують у теплу пору року. Ця відмінність викликана різними умовами формування структури і властивостями асфальтобетонів різних видів в порівнянні з холодним, і які призначені для використання у різні періоди року. У теплий період року розріджувачі порівняно швидко випаровуються через численні пори в недоуцільненому асфальтобетоні, що призводить до поступового підвищення величини когезії в'язучого і до збільшення міцності холодного асфальтобетону. У холодну пору року, цей процес блокований, з причин заповнення водою пор (у зимовий час асфальтобетонне покриття працює у водонасиченому стані). Показники міцності холодного асфальтобетону на рідких бітумах значно нижчі вимог ДСТУ Б В.7-119-2011, а вірогідність руйнування ділянок покриття, відремонтованих з використанням холодних асфальтобетонних сумішей на рідких бітумах, досить велика.

Холодні суміші готують у тих же змішувальних установках, що і гарячі суміші. Температура приготування холодних сумішей на 40-50% нижче ніж у гарячих. Після приготування холодна суміш проходить обов'язкову стадію охолодження до температури навколишнього середовища, а потім вона складається і тільки після цього може бути використана при ямковому ремонті покриття. Допускається її зберігання на складі у штабелях і використання при необхідності на протязі 3-5 місяців. Вона добре піддається завантаженню в машини і транспортується на будь-яку відстань.

Головною і важливою технологічною проблемою холодної суміші є забезпечення її незлежуваності, тобто збереження рихлості без злипання мінеральних зерен в грудки. Без цього неможлива заготівля суміші про запас і подальше ефективне застосування.

Звичайно злежуваність суміші перед складуванням знижують шляхом охолодження її на повітрі з неодноразовим перелопачуванням відвалом

бульдозера, навантажувача або автогрейдера, а іноді і з поливом водою. Охолоджені і затверділі на мінеральних зернах тонкі шари і плівки бітуму втрачають властивість до прилипання, суміш в штабелях на складі не злежується.

Технологічні операції з використанням холодних сумішей аналогічні технологічним операціям аварійного ремонту асфальтобетонних покриттів з використанням гарячих асфальтобетонних сумішей. У холодній технології відсутнє лише жорстке обмеження на термін укладання і ущільнення, яке накладається в гарячій технології через можливість швидкого охолодження суміші і зниження її ущільнення.

Для отримання хороших результатів потрібно прагнути до використання такої суміші, яка була б близька до матеріалу покриття за показниками міцності, деформативності і шорсткості. У реальних умовах для ремонту вибоїн частіше за все використовують гарячі дрібнозернисті асфальтобетонні суміші типів Б, В.

За кордоном широко практикується аварійний ремонт вибоїн та інших дефектів асфальтобетонного покриття спеціальними ремонтними сумішами такими як «Репасфальт», «Бормікс» і «Штраласфальт» виробництва Німеччини, «Веспро» і «Силвакс» із США, «Колмак» (Англії), «Ексцел», «Canader» (Канади), «TAR-CAN», «Karex» (Польщі) і цілий ряд інших.

Суміш **TAR-CAN 2001** вже декілька років знаходиться на українському ринку, але поки що не набула широкого застосування з причин високої вартості. Ця суміш виготовляється з доломітового гравію та дорожнього бітуму з добавкою модифікатора TAR-CAN 2001. Суміш використовується для ремонтів дорожнього покриття за «холодною технологією». Вона призначена для цілорічного (температура навколишнього середовища від -10°C до +30°C) проведення робіт з аварійного ремонту асфальтобетонного та цементобетонного покриття як на міських дорогах так і на автомагістралях. Її можна застосовувати при сильних атмосферних опадах. При використанні суміш не повинна мати температуру нижчу ніж +5°C.

Холодну бітумо-мінеральну суміш **Karex** використовують для ремонту асфальтобетонного покриття. Суміш Karex виготовляється з використанням

рідкого бітуму, пакується в поліетиленові мішки вагою 25 кг. Суміш можна застосовувати при температурах від -20 до +40°C.

Асфальтова суміш **Rephalt** використовується для аварійного (ямкового) ремонтів, придатна для застосування у холодному стані.

Rephalt – це матеріал, який виготовляють шляхом перемішування дрібного щебеню твердих порід і спеціального в'язучого, що має властивості до твердіння. Rephalt піддається холодній обробці при температурі 20°C з постійним зволоженням, тужавіє на протязі години. Відразу же після ущільнення на дорозі можна відкривати рух. Rephalt в затверділому стані рівноцінний по стійкості гарячим сумішам. Rephalt екологічно не шкідливий до навколишнього середовища, не містить летучих розчинників. Після влаштування покриття – стійкий до зволоження, не боїться атмосферних опадів. Rephalt дозволяє виконувати ямковий (аварійний) ремонт при температурі нижче 0°C.

Canader – виготовляють шляхом змішування розчинників, зв'язуючих компонентів, спеціальних клеючих добавок, гарячого асфальту та чистих наповнювачів. Суміш розроблено для ремонту вибоїв покриття доріг з більш тривалим строком служби.

Canader ТМ був розроблений і вперше застосований в Канаді з використанням місцевого матеріалу. Суміш можна використовувати при температурі нижче 0°C, вона має добрі адгезійні властивості і добре налипає до асфальту в умовах підвищеної вологості. Її можна використовувати на протязі всього року. Canader ТМ складається на 80% з подрібненого, промитого і сортованого вапняку з нормованою кількістю відсіву, пилу та інших матеріалів та бітумної рідини, яка містить спеціальну добавку Canader ТМ.

Ремонтні холодні **МАК-суміші** представляють собою масу з підвищеною внутрішньою когезією, легко заповнюють пустоти вибоїни під дією ущільнюючого зусилля віброплити. В подальшому при підвищенні оточуючої температури товста плівка забезпечує міцність зв'язку з поверхнею, що ремонтується, а виникаючі мікротріщини затягуються. Погодні умови практично не впливають на здійснення ремонту МАК-сумішами; при температурах від -10 до -15°C і нижче машина з робочою сумішшю (або мішки

з сумішшю) на ніч розміщується в приміщенні з плюсовою температурою, що забезпечує зручність роботи з сумішшю при низьких температурах. Все що потрібно для здійснення ремонту – це очистити вибоїну, заповнити її сумішшю та ущільнити в залежності від його розміру віброплитою, ручною трамбовкою або, в крайньому випадку, колесами автомобіля, на якому і прибула ремонтна бригада.

Не менш ефективними для аварійного ремонту є холодні асфальтобетонні суміші, приготовлені на відомих і широко розповсюджених у світі емульсіях на основі в'язких бітумів. Такі суміші називають **емульсійно-мінеральними**, і вони можуть бути як пористі, так і щільні.

В залежності від категорії дороги і необхідної міцності матеріалу покриття, підбираються необхідні емульсії та мінеральні матеріали, з яких потім виготовляють холодні суміші, які можна складувати і зберігати.

У «холодних» змішувальних установках емульсія заданого типу, концентрації, температури змішується з ненагрітим мінеральним заповнювачем. При використанні високосортних емульсій і мінеральних заповнювачів емульсійно-мінеральні суміші здатні забезпечити властивості і якість покриттів, близькі до властивостей покриттів з гарячих асфальтобетонних сумішей.

Терміни (до 2-3 місяців) і умови зберігання на складі (відкритий майданчик, закриті приміщення, герметичні ємкості або запаяні поліетиленові мішки) таких холодних сумішей залежать від типу емульсії, в'язкості бітуму, часу розпаду емульсії і встановлюються індивідуально в кожному конкретному випадку.

У тих випадках, коли АБЗ не працює (пізня осінь, зима і рання весна) або коли дальність перевезення суміші з АБЗ дуже велика, можна використовувати **технологію рециклінгу** для повторної переробки асфальтобетонного матеріалу. Шматки асфальтобетону, лому або продукти фрезерування крихти розігрівають і перемішують на місці ремонту в спеціальній причіпній або самохідній машині рециклері.

Найбільш ефективно рециклер працює, якщо в нього завантажуються дрібна асфальтобетонна крихта, отримана шляхом холодного фрезерування

покриття. При цьому для покращення властивостей суміші рекомендується при завантаженні крихти або кускового лому додавати твердий або напівтвердий бітум у кількості 1-2% від загальної ваги.

Економічна ефективність і доцільність використання технології рециклінгу дуже висока. При наявності асфальтобетонної крихти або кускового лому на місці ліквідації вибоїн, витрати на ямковий ремонт можуть бути знижені на 50-60%, в порівнянні з доставкою нової суміші з АБЗ.

Досить часто про ремонті покриттів використовують **литий асфальтобетон**, який відомий ще з 1914 року. Литий асфальт – гаряча суміш тістоподібної консистенції, в якій найважливішим компонентом є мастика, що складається з високов'язкого твердого бітуму, великої кількості мінерального порошку і піску (іноді дрібного щебеню). Литий асфальт може містити до 13% бітуму і до 30-35% мінерального порошку, це робить його значно дорожчим за традиційні асфальтобетонні суміші. До того ж температура його приготування і укладання повинна бути досить високою (220-250°C).

Струйно-ін'єкційна холодна технологія ліквідації вибоїн на дорожніх покриттях за допомогою бітумної емульсії є однією з найбільш передових і прогресивних. У деяких країнах Європи і в Америці вона з успіхом застосовується вже давно. Суть її полягає в тому, що всі необхідні операції (очистка, обмазка, заповнення і ущільнення, суха посипка) виконуються однією машиною (установкою) самохідного або причіпного типу.

Таким способом не рекомендується проводити ремонтні роботи під час дощу або снігопаду, коли ускладнене очищення вибоїни від вологи, пилу і сміття, неможлива підгрунтовка бітумною емульсією. Таким способом ремонтуються вибоїни на початковій стадії руйнування покриттів, вибоїни невеликого розміру.

Дослідження останніх років показали, що для якісного аварійного ремонту необхідні чистота, відсутність вологи у вибоїні, які відіграють більш важливу роль, ніж температура матеріалу і зовнішнього середовища. Струйно-ін'єкційна технологія останнім часом замінюється на вакуумне очищення.

Підгрунтовка бітумною емульсією і заповнення вибоїни щебенем, обробленим емульсією, у **вакуумно-струйно-ін'єкційній технології** аналогічна струйно-ін'єкційній технології.

Розробники методу і обладнання на основі досвіду його використання в 25 штатах США дають гарантію на 3-річний термін служби відремонтованих місць.

Враховуючи тимчасовий характер і не дуже високу якість аварійного ремонту, часто йдуть на спрощення і здешевлення як самого ремонтного матеріалу, так і технології його приготування і застосування.

По такому шляху пішла, наприклад, дорожня служба м. Хельсінкі, яка вже більше 20 років щорічно випускає біля 3000 т холодної суміші «Корсал» для термінового ремонту покриттів.

До складу холодної суміші «Корсал» входять: щебінь (3-8 мм), пісок і бітумна емульсія (7-8%). Суміш виготовляють холодним способом в звичайній бетономішалці періодичної дії (місткість 3 м³) і складують на відкритому майданчику. Перед використанням, взимку суміш відігрівається в теплому приміщенні.

Метод просочення щебеню у вибоїні розрідженим і гарячим бітумом практикується дорожниками різних країн для ліквідації ямковості. Відмінність його від методу просочення емульсією полягає в тому, що просочення виконується до трамбування щебеню. Бітум нагрівають до температури не нижче 170-180°C. Задовільні результати можна отримати навіть при низьких температурах повітря (до -5...-10°C).

Одним з методів аварійного ремонту є метод **зворотнього просочення**, при якому нагрітий бітум до температури 170-180°C подають у вологу виїмку і на вологий щебінь. Бітум спінюється і покриває тонким шаром поверхню вибоїни і щебінь. Проникнення бітуму між зернами щебеню йде знизу вгору, тому цей технологічний прийом ремонту отримав назву «метод зворотнього просочення». Його ефективність обмежена температурою повітря +5...+10°C. При більш низьких температурах бітум погано і важко піниться.

У методі просочення замість бітуму іноді використовують полімерні матеріали. Так, при ремонті полімербетоном вибоїна заповнюється щебенем,

який потім просочується рідкотекучим складом на основі поліуретанової, акрилової або іншої смоли, при цьому в процесі трамбування залишкова вода віджимається з лунки вгору.

Такий ремонт можливий при температурі повітря від -30 до $+50^{\circ}\text{C}$. Рух транспорту відкривається через 30 хвилин. У несприятливих погодних умовах (вологість, холод) аварійний ямковий ремонт може бути також виконаний **вологою органо-мінеральною сумішшю (ВОМС)**. Розробниками її складу, технології приготування і використання є РосдорНДІ.

Ремонтують такою сумішшю вибоїни глибиною не менше 3-4 см. Головна перевага ВОМС в тому, що вона використовується вже в готовому вигляді за холодною технологією, на сухому або вологому покритті і при температурі повітря до -10°C . Взимку і ранньою весною формування міцної структури ВОМС в покритті відбувається повільно і складно через часті переходи температури повітря через 0°C .

При використати ВОМС при ямковому ремонті покриттів доріг високих категорій необхідно знати, що найбільшу міцність цей матеріал набуває після повного висихання, але ця міцність не так велика (в 1,5-2 рази нижче за міцність холодного і в 2,5-3 рази нижче за міцність гарячого асфальтобетону). Лише аварійний (тимчасовий) ремонт покриттів таких доріг допустимо цією сумішшю.

Під час ремонту мокрого асфальтобетонного покриття та за температури повітря не нижче 0°C використовуються **водорозчинні олігомери** для обробки поверхні, що ремонтується. Використання водорозчинних олігомерів дозволяє усунути руйнування на початковій стадії розвитку за несприятливих умов, що забезпечує зменшення обсягів робіт з поточного ремонту покриттів у теплий період у 2-3 рази, підвищення продуктивності роботи автомобільного транспорту та безпеки руху.

Влаштування матеріалів на кільцевому стенді

На початку виконання роботи, з метою вивчення стану питання з ямковим ремонтом в осінньо-зимовий період на дорогах України було проведено опитування підвідомчих організацій Укравтодору (Облавтодорів). Опитування проводилося на предмет визначення матеріалів, які

використовують зараз при проведенні ямкового (аварійного) ремонту у холодну пору року.

З врахуванням результатів цього опиту та аналізу перспективних матеріалів закордонного виробництва і матеріалів, які можуть знайти застосування в умовах України, але ще не мають достатньої апробації і досвіду використання, було визначено матеріали для експериментальних досліджень на кільцевому стенді. Перелік цих матеріалів та фізико-механічних властивостей наведено в таблиці 1.

Закладання експериментальних матеріалів було проведено на покритті кільцевої доріжки випробувального стенду ДП «Дорцентр» за схемою, наведеної на рис. 1.

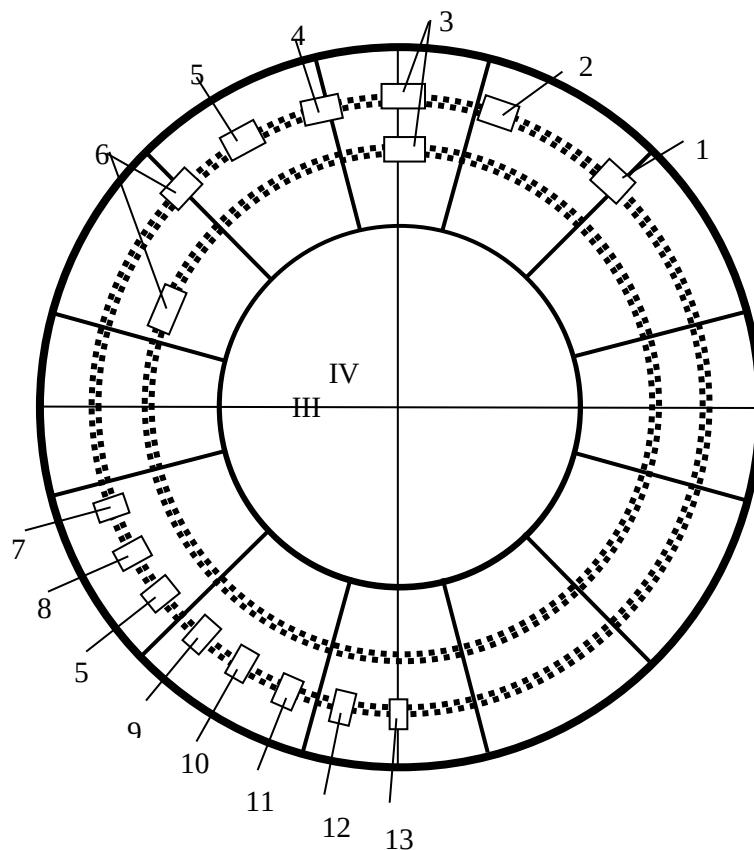


Рисунок 1 - Схема розташування карт з матеріалами аварійного ремонту на випробувальному стенді ДП «Дорцентр»

Таблиця 1 - Перелік матеріалів для аварійного ремонту влаштованих на кільцевому стенді для проведення експериментальних досліджень

№ п/п	Матеріал і виробник	Вміст за масою, % мінеральних зерен, менших даного розміру, мм											Реакція з HCl	Вміст бітуму, в % за масою	Фізико-механічні властивості асфальтобетонної суміші				
		40,0	20,0	15,0	10,0	5,0	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071			Середня щільність, г/см³ суміші	Водонасиче ння переформо ваної суміші в %	Границя міцності при стиску при температурі випробування, МПа		
																	20° C	50° C	0° C
1	Холодна асфальтобетонна суміш типу Вх-А СБМУ «Підряд»	100	100	99	99	81	53	37	27	20	13	9	скипає	9,3	2,31	5,05	0,7	-	1,4
Вимоги ДСТУ Б В. 2.7-119-2011 тип Вх		100	100- 95	100- 88	100- 80	80- 65	60- 50	49- 39	38- 29	31- 22	22- 16	17- 12		4,0-6,0		5,0-9,0	≥1,5		
Відповідність вимогам ДСТУ Б В.2.7- 119-2011			+	+	+	-	+	-	-	-	-	-	+	-		+	-		
(+) відповідає, (-) не відповідає																			
2	ЩМА-х СБМУ «Підряд»	100	100	100	93	39	28	22	18	15	12	9	скипає	8,9	2,35	5,05	0,5	-	1,1
3	ЩМАх-А СБМУ «Підряд»	100	100	100	92	37	29	23	18	15	12	10	скипає	8,6	2,32	5,05	0,4	-	1,0
4	Холодна емульсійномінеральна суміш ШРБУ-100	100	100	100	99	45	21	15	12	10	7	5	не скипає	8,9	2,34	5,05	0,35	0,14	
5	Холодна бітумомінеральна суміш ВЛ ДНТЦ «Дор`якість»	100	100	100	100	86	64	43	28	16	8	4	не скипає	5,5	2,35	8,24	1,0	0,90	
6	«Вімед Україна» м. Львів TAR-CAN Mix-200	100	100	100	100	59	26	10	5	4	3	3	скипає	12,5	2,36	10,31	0,1	0,4	-
7	«Луцькавтодор»	100	100	100	97	31	17	10	5	3	1	0	не скипає	6,7	2,26	15,60	0,0	0,3	-
8	Інтерлене Італія	100	100	100	100	41	10	4	3	2	2	1	скипає	5,3	2,28	11,05	0,0	0,2	-
9	Холодна бітумомінеральна суміш з добавкою Wetfix N	100	100	100	100	83	63	44	30	21	14	10	не скипає	6,3	2,42	6,03	1,1	1,2	-
10	Холодна бітумомінеральна суміш з добавкою Diamine OLBS	100	100	99	99	83	64	44	29	20	13	10	не скипає	6,2	2,42	6,08	1,0	1,1	-
11	Холодна бітумомінеральна суміш з добавкою МАК-порошок, Wetfix N	100	100	100	95	35	26	18	11	7	3	2	не скипає	6,2	2,33	11,19	0,5	0,9	-

Закладання матеріалів аварійного (ямкового) ремонту різних виробників на кільцевій доріжці стенду проводили за різними технологіями та при різних погодних умовах – в умовах високої вологості покриття та повітря в інтервалі температур від $-5,5^{\circ}\text{C}$ до $+15^{\circ}\text{C}$.

Влаштування матеріалів відбувалося у похмуру та мокру погоду з використанням ручної фрези, повітряного компресору та віброплощадки. Технологічна послідовність була наступна. У покритті за допомогою фрези та компресору робили виїмки, потім поверхню їх оброблювали бітумною емульсією, з мішків висипали суміш, рівномірно розподіляли шаром товщиною на 1,5-2 см вище поверхні асфальтобетону і ущільнювали за допомогою віброплити. Технологічна послідовність виконання операцій влаштування матеріалів аварійного ремонту на стенді зафіксована на рисунках 2-5.

Методика випробування матеріалів для ямкового ремонту

Згідно з методикою досліджень матеріалів на кільцевому стенді продовжено випробування матеріалів в умовах високих температур. Перед початком стендових випробувань виконуються роботи по влаштуванню контрольних карт з різних матеріалів для ямкового ремонту. Контрольні карти влаштовуються відповідно до технології кожного з матеріалів з використанням відповідного обладнання та інструментів для влаштування ямок на покритті кільцевої доріжки, закладання матеріалу та ущільнення (у разі необхідності).

Після влаштування карт проводиться перевірка системи керування та стан кріплень рухомого складу (електромобілів), центральної колони з утримуючою конструкцією та захисних тросів. Перевіряється тиск у шинах та навантаження на кожну вісь.

Кarti ямкового ремонту випробують під дією коліс електромобілів з максимальним навантаженням на вісь, кг, 11500 ± 100 , які рухаються зі швидкістю 20 км/год.

Попередньо призначається кількість проходів електромобілів кожної серії, яка може бути змінена під час проведення випробувань.

Кількість проходів кожної серії уточнюють в ході випробувань в залежності від ступеня появи на покритті деформацій та руйнувань.



Рисунок 2 - Нарізка виїмки у покритті
стенду за допомогою фрези



Рисунок 3 - Розробка виїмки за допомогою
компресору



Рисунок 4 - Заповнення виїмки матеріалом
аварійного ремонту



Рисунок 5 - Ущільнення матеріалу у виїмці
за допомогою віброплити

Перед початком кожної серії проходів електромобілів та після її закінчення вимірюють поперечний профіль поверхні карти.

Після закінчення кожної серії проходів проводять візуальну оцінку контрольної карти (вид та характер деформацій і руйнувань). Зовнішній вигляд карти фіксують за допомогою цифрового фотоапарату.

Під час руху електромобілів проводять вимірювання температури покриття.

Випробування проводяться до тих пір, поки глибина колії становитиме 20 мм або виникнуть значні руйнування дорожнього одягу. Після цього рух електромобілів призупиняють і проводять заходи з ліквідації колійності або ямковий ремонт.

Випробування матеріалів на кільцевому стенді

В теплий період зроблено 600 обертів стенду, що відповідає 2400 проходів розрахункової осі по одному сліду, температура покриття при цьому складала 30 °С. Результати стендових досліджень та графіки зміни поперечного профілю у картах в залежності від кількості обертів наведено на рис. 6-7.

Під дією рухомого навантаження матеріал легко піддається пластичним деформаціям. Це явище чітко спостерігається візуально, проявляється у вигляді випору праворуч та ліворуч від руху коліс електромобілів та між балонами. Найбільш піддатливими до пластичних деформацій литі асфальтобетони, які не мають каркасної структури. Значні деформації відбулися на асфальтобетоні типу Вх-А, приготування СБМУ «Підряд», в якому кількість щебеню – менше 20%.

Результати вимірювань зміни профілю матеріалу у картах в залежності від кількості обертів стенду наведено на рис. 6-9. На рис. 10-11 зображено вигляд досліджувальних ділянок з використанням холодних сумішей.

Аналіз результатів досліджень матеріалів для аварійного ремонту

З результатів лабораторних випробувань матеріалів для аварійного ремонту в холодну пору року випливає, що за гранулометричним складом та фізико-механічними властивостями ні один з матеріалів повністю не відповідає вимогам для холодних асфальтобетонів згідно з ДСТУ Б В.2.7-89-99.

Ступінь ущільнюваності, залежно від величини навантаження, практично не змінюється. Злежуваність залежить виключно від рецептури, за якою приготований той чи інший матеріал.

На основі стендових випробувань, з врахуванням того, що один оберт стенду приблизно рівний 4 проїздам розрахункового навантаження (11,5 тон на вісь), матеріали для аварійного ремонту нежорсткого дорожнього одягу у складних погодних умовах умовно можна розділити на такі групи:

I – низької довговічності – глибина колії 15-20 мм при кількості обертів стенду – 500 (2000 проїздів розрахункового навантаження).

II – середньої довговічності – глибина колії 10-15 мм при кількості обертів стенду – 1000 (4000 проїздів розрахункового навантаження).

III – довговічні – глибина колії 10 – 15 мм при кількості обертів стенду – 2000 (більше 8000 проїздів розрахункового навантаження).

IV – підвищеної довговічності – глибина колії до 10 мм при кількості обертів стенду – 3000 (більше 12000 проїздів розрахункового навантаження).

Відповідно до такої умовної класифікації:

до групи I відноситься ЦМАхА;

до групи II відносяться – ЦМАх, ВхА;

до групи III відносяться – Wetfix N, суміш Луцькавтодор, Diamine;

до групи IV відносяться – литий асфальтобетон без розсипу щебеню, суміш ШРБУ-100, Мак порошок, Інтерлене.

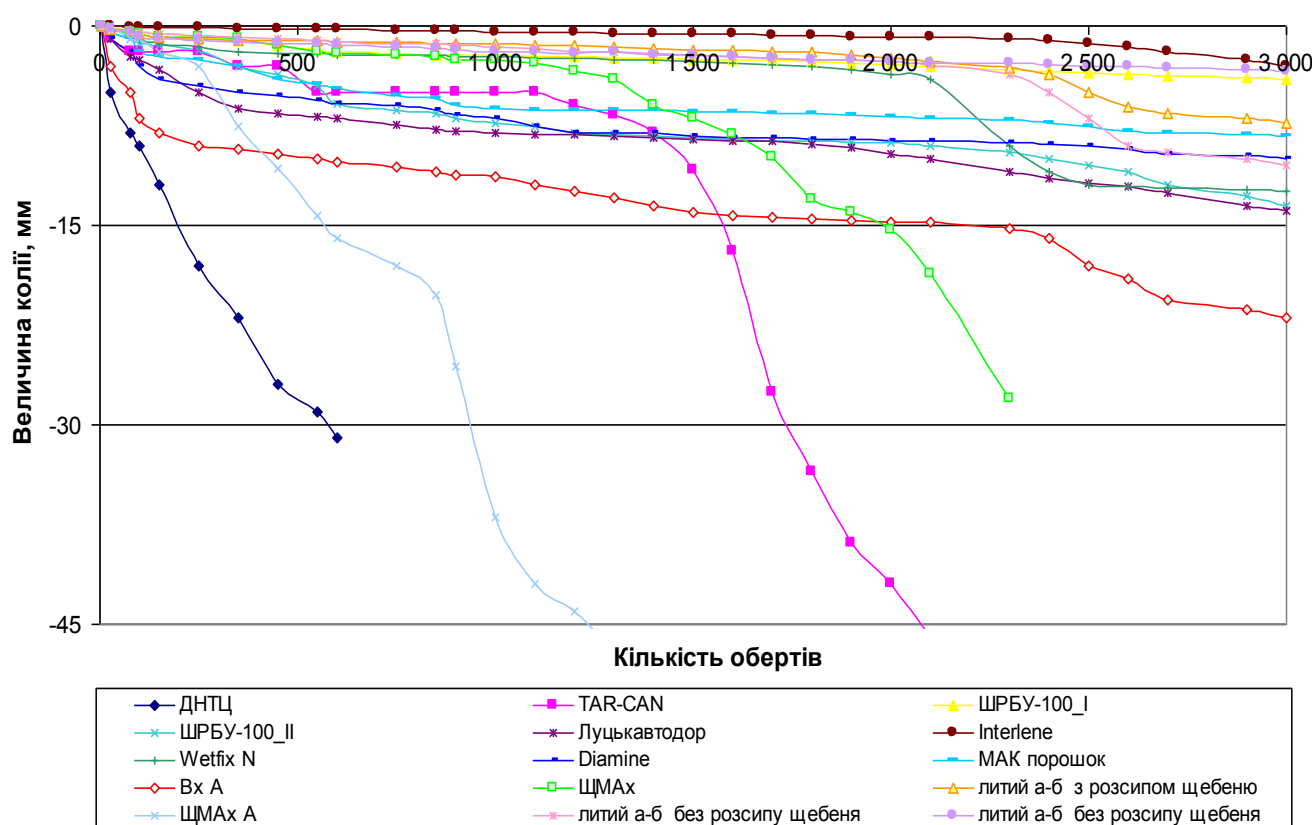


Рисунок 6 - Інтенсивність наростання колії різних матеріалів на внутрішньому балоні

Литий асфальтобетон з розсипом щебеня займає проміжне місце між матеріалами III та IV груп (глибина колії 8 мм при кількості обертів стенду – 2000, глибина колії 13 мм при кількості обертів стенду – 3000), TAR-CAN – між матеріалами II та III груп (глибина колії 4 мм при кількості обертів стенду – 1000, глибина колії 22 мм при кількості обертів стенду – 2000).

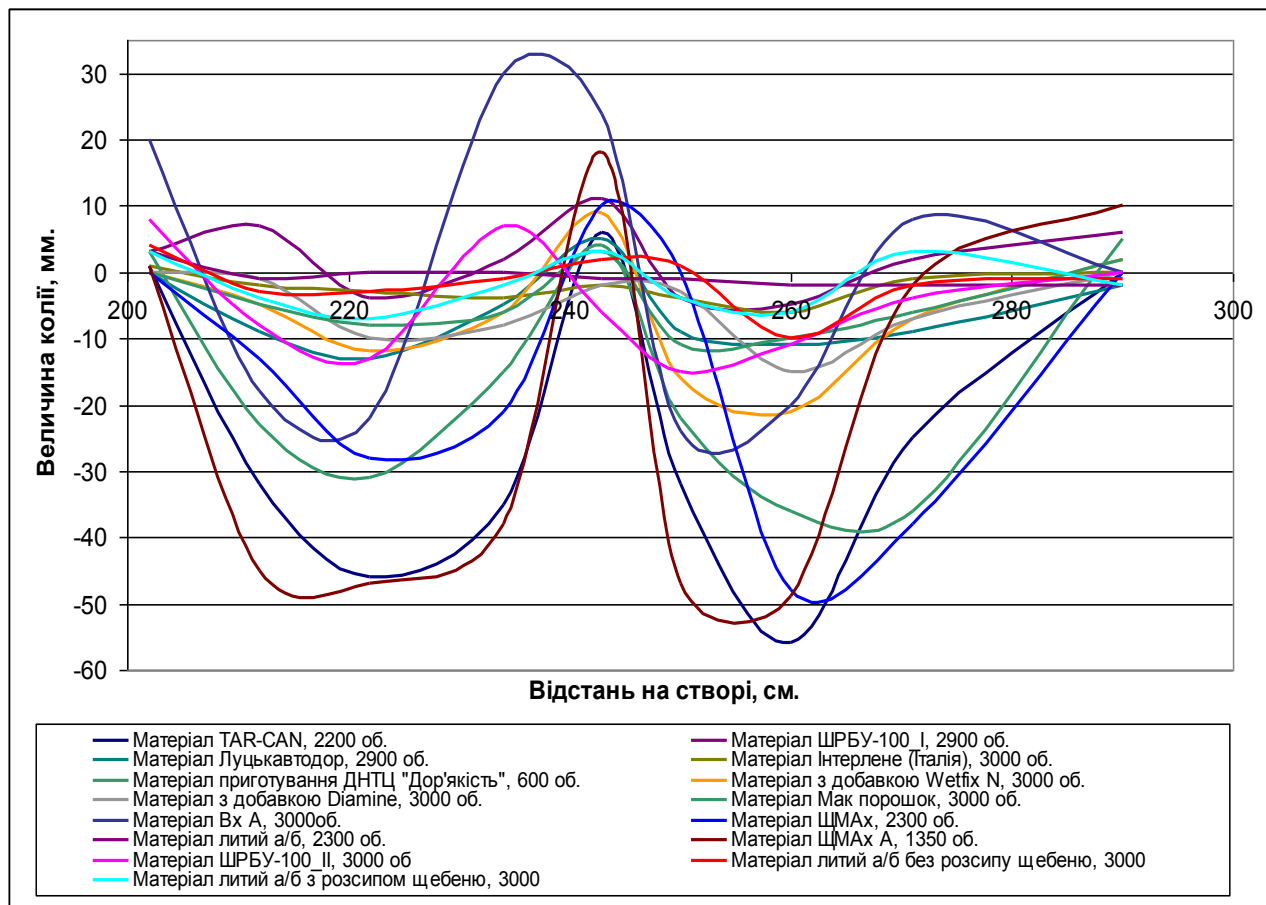


Рисунок 7 - Відомості поперечного профілю внутрішньому колії

Така класифікація носить суто умовний характер. Для більш точного і достовірного розподілу та класифікації матеріалів для аварійного ремонту, з наступним визначенням найбільш ефективних для виконання робіт у складних погодних умовах, а також розробки нормативних документів (рекомендацій, тощо) потрібно проводити подальше їх дослідження. Також, обов'язково, необхідно проводити виробничу апробацію таких матеріалів на дослідних ділянках при реальних умовах руху для уточнення умов їх використання.

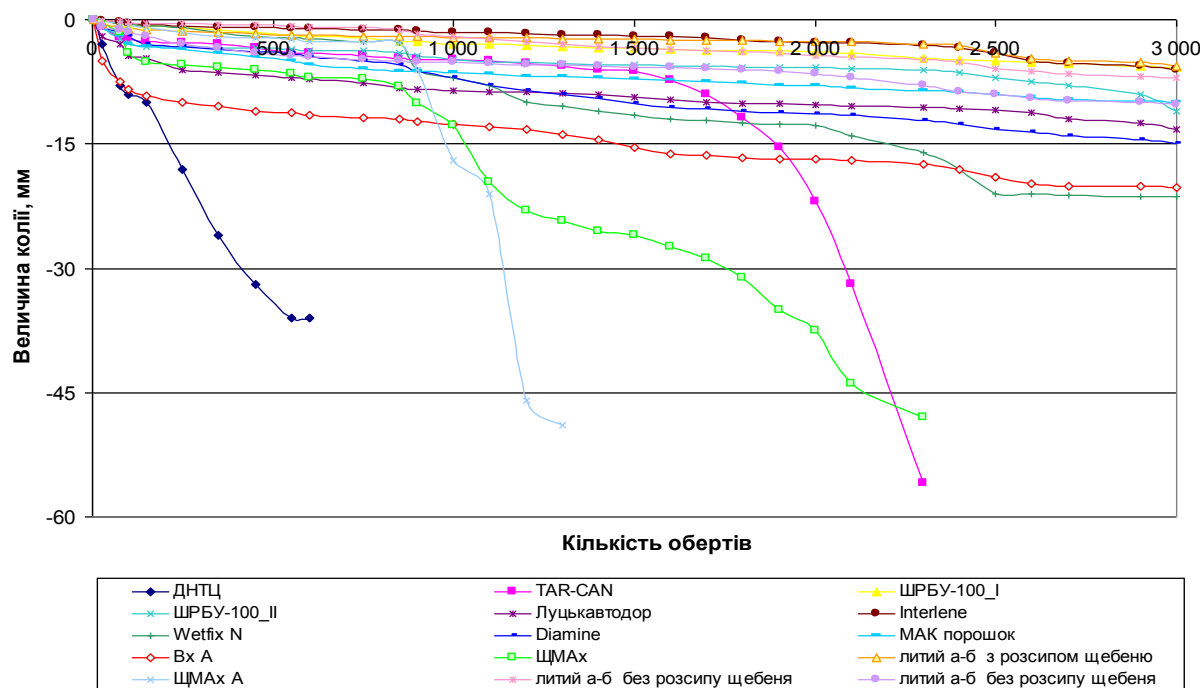


Рисунок 8 - Інтенсивність наростання колії різних матеріалів на зовнішньому балоні

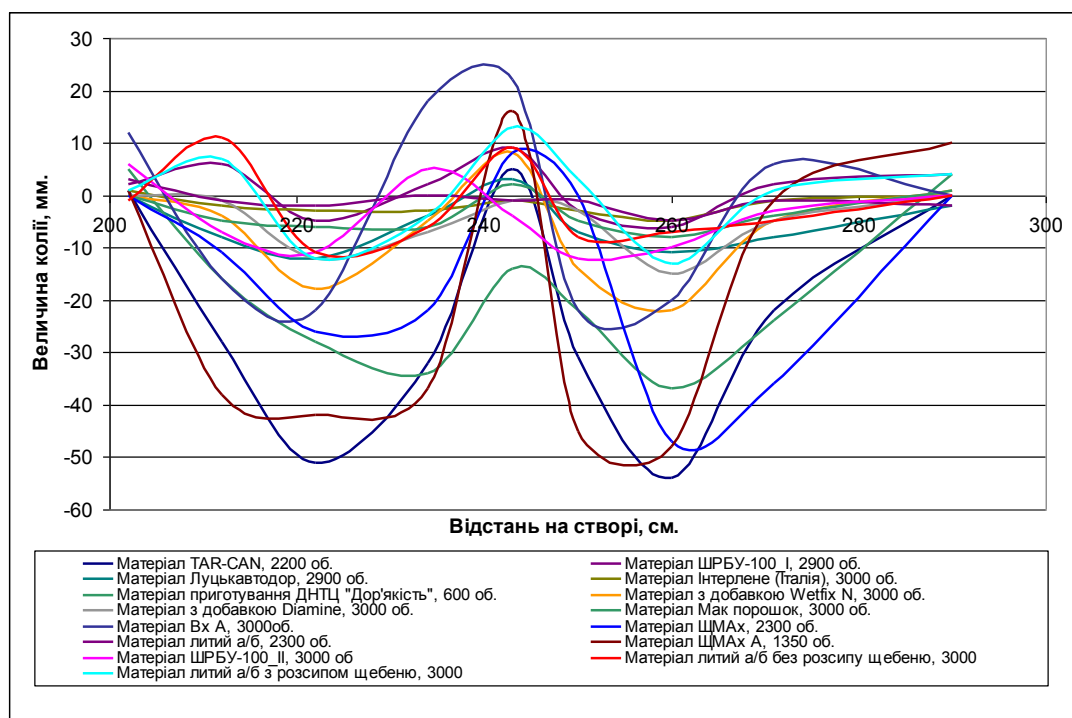


Рисунок 9 - Відомості поперечного профілю зовнішньої колії

Рекомендації з виконання аварійного ремонту у холодний період року. Роботи з аварійного ремонту повинні виконуватись згідно з технічною документацією, затвердженою в установленому порядку, в якій враховуються

конкретні умови проведення робіт (погодно-кліматичні умови та умови руху існуючого транспорту на ділянці проведення робіт). При цьому слід враховувати, що технологічні операції з використанням холодних сумішей аналогічні технологічним операціям аварійного ремонту асфальтобетонних покриттів з використанням гарячих асфальтобетонних сумішей.



Рисунок 10 - Загальний вигляд ділянки покриття з картами, що втратили закладені матеріали аварійного ремонту



Рисунок 11 - Вигляд карти з холодного асфальтобетону типу Вх після 3000 обертів стелю

Ремонтні суміші з холодного асфальтобетону та холодні бітумомінеральні суміші з використанням активних домішок рекомендується застосовувати при температурах в діапазоні від $+5^{\circ}\text{C}$ до -5°C , витримавши перед використанням при температурі не меншій 15°C на протязі $10\div 15$ годин.

При виконання робіт рекомендується виконувати такі основні технологічні операції:

- очищення місця ремонту від бруду, льоду та снігу;
- розламування та обрубка країв асфальтобетонного покриття на ушкоджених ділянках;
- очищення основи;
- висушування карти (при необхідності);
- змазування матеріалом підґрунтовки країв покриття та основи;
- укладання та розрівнювання суміші;
- ущільнення суміші.

При проведенні аварійного ремонту рекомендується використовувати засоби механізації згідно Р В.3.2-218-03449261-306-2004.

Основними вимогами для вибору технології проведення ремонтних робіт при несприятливих умовах та при низьких температурах є забезпечення високої адгезії укладеного матеріалу до ремонтної поверхні покриття та необхідної щільності укладеного шару матеріалу після його ущільнення.

Для забезпечення довговічності аварійного ремонту та механічної стійкості закладених матеріалів, краї ушкоджень необхідно вертикально вирівняти, обрізати прямими лініями, орієнтованими паралельно або перпендикулярно відносно напрямку руху (в екстремальних умовах допускається виконувати роботи без вирівнювання крайок карти ремонту). Вибійна перед закладанням матеріалів повинна бути зачищена, стінки та дно підгрунтовані рідким бітумом або бітумною емульсією.

Краї ушкодження рекомендується обрізати за допомогою фрези, відступивши на відстань 3-5 см. Використання відбійного молотка недопустиме у зв'язку з порушенням суцільності матеріалу шару покриття у прикрайовій зоні.

При фрезуванні вибоїн дорожньою фрезою стінки вибоїни необхідно робити вертикальними.

Закладений матеріал рекомендується ущільнювати засобами механізації, використовуючи для цього гладковальцюві котки масою 4-7 т та віброплощадки. Ущільнення під рухом автомобільного транспорту вважати нераціональним, так як воно не забезпечує достатню щільність закладеного матеріалу і довговічність аварійного ремонту.

В залежності від матеріалу, що використовується, товщина шару при ручному або механічному способі ущільнення повинна бути 1,5-4,0 см. Якщо яма глибша, то її потрібно заповнювати в декілька шарів, втрамбовуючи кожен шар окремо. Якщо ущільнення проводиться дорожнім котком, то вся суміш може укладатися в один шар.

При застосуванні литих матеріалів IV і V груп з метою забезпечення жорсткості матеріалів, підвищення коефіцієнту зчеплення і безпечних умов руху транспорту рекомендується після їх закладання на гарячу поверхню

посипати митими мінеральними матеріалами фракції 5-10 мм із міцних гірських порід.

В екстремальних умовах у разі неможливості забезпечення усіх технологічних вимог при проведенні аварійних робіт (за кліматичними умовами, неможливістю припинення руху транспорту) дозволяється проводити закладку ремонтних матеріалів за спрощеною технологією (без обробки та зачищення дефекту покриття). Ущільнення матеріалу дозволяється виконувати автотранспортом, що рухається по дорозі. За укладеними матеріалами необхідно вести постійні спостереження. При покращенні погодних умов і обмеженні руху транспорту у разі необхідності провести повторний ремонт за повною технологією.

Вибір матеріалів для виконання аварійного ремонту в екстремальних умовах слід здійснювати з міркувань доступності матеріалів і технологічності виконання робіт для швидкого відновлення безпечних умов руху на найбільш довгий період експлуатації, виходячи із техніко-економічних міркувань в кожному конкретному випадку.

Висновки

В результаті проведеної роботи з випробувань матеріалів для ямкового (аварійного) ремонту асфальтобетонних покриттів у несприятливих погодних умовах холодного періоду року отримано інформацію що до їх поведінки під рухом керованого колісного навантаження заданої величини та інтенсивності і вивчено вплив різних факторів на довговічність аварійного ремонту.

Встановлено і експериментальними дослідженнями підтверджено, що довговічність аварійного ремонту і стійкість його матеріалів у карті залежить від кількох факторів, які визначаються як самим матеріалом для ямкового ремонту так і формою карти, у яку закладають ремонтний матеріал і технологією, за якою його влаштовують.

До першої групи факторів можна віднести вплив гранулометричного складу мінеральної частини матеріалу – підібраний чи непідібраний за щільністю, тип структури за кількістю щебеню, адгезію в'язучого з мінеральною частиною суміші та з поверхнею карти чи вибоїни.

До другої групи факторів можна віднести вплив стану поверхні карти чи вибоїни, форму бокових стінок, обробку поверхні матеріалами, що підвищують щеплення (адгезію) ремонтного матеріалу до її поверхні або їх відсутність.

До третьої групи факторів можна віднести вплив технології виконання аварійного ремонту – в першу чергу характер та якість ущільнення закладеного ремонтного матеріалу в залежності від методу ущільнення або його відсутності.

Найбільш довговічними та стійкими до погоди та дії рухомого навантаження виявилися холодні суміші підібраного гранулометричного складу з використанням спеціально приготованого в'язучого, яке має підвищені адгезивні властивості.

Найменшу довговічність мають суміші непідібраного гранулометричного складу з використанням розрідженого в'язкого бітуму, що мають малу механічну міцність, слабку адгезію і влаштовані з недостатнім ущільненням. Ще меншу довговічність забезпечує ліквідація ямковості за допомогою неукріпленого щебеню, яка забезпечує лише разовий проїзд і не забезпечує необхідної комфортабельності та безпеки дорожнього руху.

Рациональність використання того або іншого матеріалу аварійного ремонту, технологія його проведення повинна визначатися технічною категорією автомобільної дороги, інтенсивністю руху та необхідним рівнем безпеки.

Література

1. ДСТУ Б В.2.7-119-2011 Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній і аеродромний. Технічні умови.
2. ГБН Г.1-218-182 2011 Ремонт автомобільних доріг.
3. ДСТУ Б В.2.7-129-2006 Емульсії бітумні дорожні. Технічні умови.
4. П-Г.1-218-113:2009 Ремонт та утримання автомобільних доріг загального користування.
5. ГОСТ 11955-82 Битумы нефтяные дорожные жидкие. Технические условия.
Р В.3.2-218-03449261-306-2004 Рекомендації з удосконалення системи експлуатаційного утримання автомобільних доріг України.

Мусяця О.Н., канд. хім. наук, Лисін В.І., канд. хім. наук,

Коваленко І.В., канд. хім. наук

КОНДУКТОМЕТРІЯ ТА ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРІЯ РОЗПЛАВІВ З ІОННО-ЕЛЕКТРОННОЮ ПРОВІДНІСТЮ

Аннотація. Встановлено, що зміна характеру електродної поляризації в розплавах системи Ag_2S – AgCl відображає трансформацію електрохімічних властивостей в даних системах під дією гетерополярної добавки, чітко корелюючи з величинами іонних часток електропровідності. В достатньо широкому інтервалі концентрацій галогеніду металу – від 50 мол.% і вище, формування електрохімічної поведінки системи визначається переважанням іонної складової провідності, що характеризує розплави даних складів як електрохімічно ефективні.

Ключові слова: розплави, іонна частка, електропровідність, вольтамперометрія.

Аннотация. Установлено, что изменение характера электродной поляризации в расплавах системы Ag_2S - AgCl отражает трансформацию электрохимических свойств в данных системах под действием гетерополярной добавки, четко коррелируя с величинами ионных частиц электропроводности. В достаточно широком интервале концентраций галогенида металла - от 50 мол. % и выше, формирование электрохимического поведения системы определяется преобладанием ионной составляющей проводимости, характеризующей расплавы данных составов как электрохимически эффективные.

Ключевые слова: расплавы, ионная доля, электропроводность, вольтамперометрия.

Annotation. It was determined, that the changing of electrode polarization in Ag_2S – AgCl melts represents the transformation of electrochemical properties in these systems at heteropolar additive influence and correlates with values of

electroconductivity ionic parts. In wide concentrational interval of metal halide – from 50 mol.% and higher the formation of electrochemical behavior the system is defined by ionic component of conductivity, what characterize the melts with these compositions as electrochemically effective.

Key words: melts, ionic part, electroconductivity, voltammetry.

Вступ

Кондуктометрія та вольтамперометрія широко застосовуються у електрохімічних дослідженнях властивостей різних систем, бо дають корисну інформацію про процес іонного переносу та поляризаційні явища в розчинах і розплавах. Застосування цих методів в розплавах зі змішаною іонно-електронною провідністю представляє значний науковий інтерес у зв'язку з тим, що електрохімічні властивості подібних систем суттєво відрізняються від класичних іонних розчинів.

Практична цінність даних досліджень полягає в тому, що розплави зі значним внеском електронної провідності дуже важко піддаються електрохімічному розкладу, тобто електрохімічна ефективність, що полягає у значних виходах за струмом металу, низька. Тому в піроелектрометалургії одною з основних проблем є зменшення електронного внеску в електропровідність розплаву.

Системи зі змішаною іонно-електронною провідністю прийнято називати поліфункціональними провідниками (ПФП). З метою подавлення електронної складової, як свідчать літературні дані [1], застосовуються так звані гетерополярні добавки (ГД), що являють собою речовини з дуже значним внеском іонної провідності і утворюють гомогенну систему з ПФП.

Відомі результати експериментальних досліджень розплавлених систем на основі халькогенідів кольорових металів як ПФП з ГД, що являють собою сполуки кольорових металів [2]. Більшість досліджених халькогенідів кольорових металів в розплавленому стані мають експоненційну температурну залежність електропровідності, що характеризує їх як розплавлені напівпровідники.

Існують літературні дані про електрохімічні властивості розплавлених халькогенідів Sb, Pb, Sn, Tl [3] та деяких інших перехідних металів з

гетерополярними добавками, що являють собою сульфіді, карбонати, гідроксиди та інші сполуки лужних металів, тобто в основному проводились дослідження різнокатіонних розплавлених систем. Причому, в літературі відсутній поглиблений теоретичний аналіз трансформації природи переносу зарядів в подібних розплавах: в основному фіксувались значення електропровідності і наявність чи відсутність електродної поляризації. А також визначались виходи за струмом при електролізі досліджуваних розплавів.

Постановка завдання. З метою розширення уявлень про механізм процесів, що відбуваються в іонно-електронних рідких системах актуальним є вибір модельної системи, вивчаючи властивості якої можна було б зробити висновки про механізм переносу зарядів у системах ПФП-ГД. Такою модельною системою була обрана система $\text{Ag}_2\text{S} - \text{AgCl}$, тобто система з одним загальним катіоном.

Результати та їх обговорення. Система $\text{Ag}_2\text{S} - \text{AgCl}$ привертає до себе увагу з тієї точки зору, що електронний внесок у електропровідність розплаву Ag_2S має металічний характер, тобто температурний коефіцієнт електропровідності Ag_2S є негативним, а всі попередні дослідження відносились до систем з експоненційною температурною залежністю електропровідності, що характерно для розплавлених напівпровідників.

В роботі були використані методи кондуктометрії, вольтамперометрії та іонного переносу.

На рис. 1 представлені температурні залежності величин електропровідності розплавів систем $\text{Ag}_2\text{S} - \text{AgCl}$ при різному вмісті AgCl .

Значення електропровідності зі збільшенням AgCl зменшується від $4 \cdot 10^4$ См/м для складу $\text{Ag}_2\text{S} - 10$ мол.% до сотень См/м при вмісті 90 мол.% AgCl . Такі високі значення електропровідності говорять про явну вираженість електронного внеску у провідність цих розплавів. З введенням ГД поступово зростає температурний коефіцієнт, а при 50 мол.% ГД відбувається інверсія його значення від негативного до позитивного. При вмісті 60 мол.% AgCl температурна залежність набуває експоненційного вигляду. При значному вмісті ГД електропровідність, як за величиною, так і за температурною залежністю стає типовою для іонних розплавів. Таким чином зі збільшенням вмісту AgCl в розплавах системи $\text{Ag}_2\text{S} - \text{AgCl}$ реалізуються різні типи

температурної залежності електропровідності. Її характер змінюється від металоподібного до переважаючого напівпровідникового, і далі – до електролітичного. Тому дана модельна система є дуже цікавою з точки зору реалізації в ній декількох типів температурної залежності електропровідності.

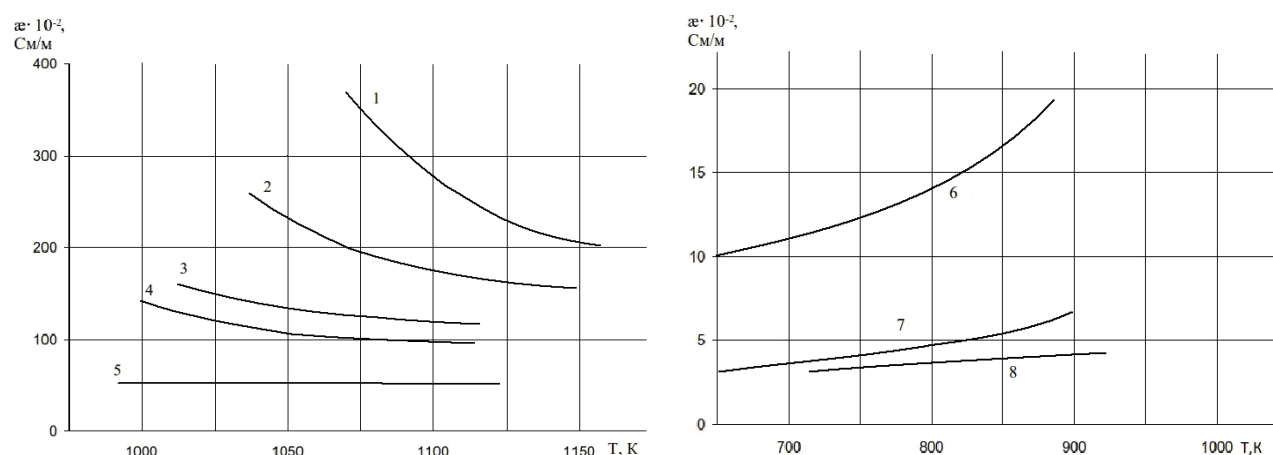


Рисунок 1 - Політерми електропровідності системи $\text{Ag}_2\text{S} - \text{AgCl}$: 1- 10; 2 – 20; 3 – 30; 4 – 40; 5 – 50; 6 – 60; 7 – 70; 8 – 90 мол.% AgCl

На рис. 2 показані політерми іонної частки електропровідності. Хід температурних залежностей електропровідності і іонної частки повністю корелюють між собою.

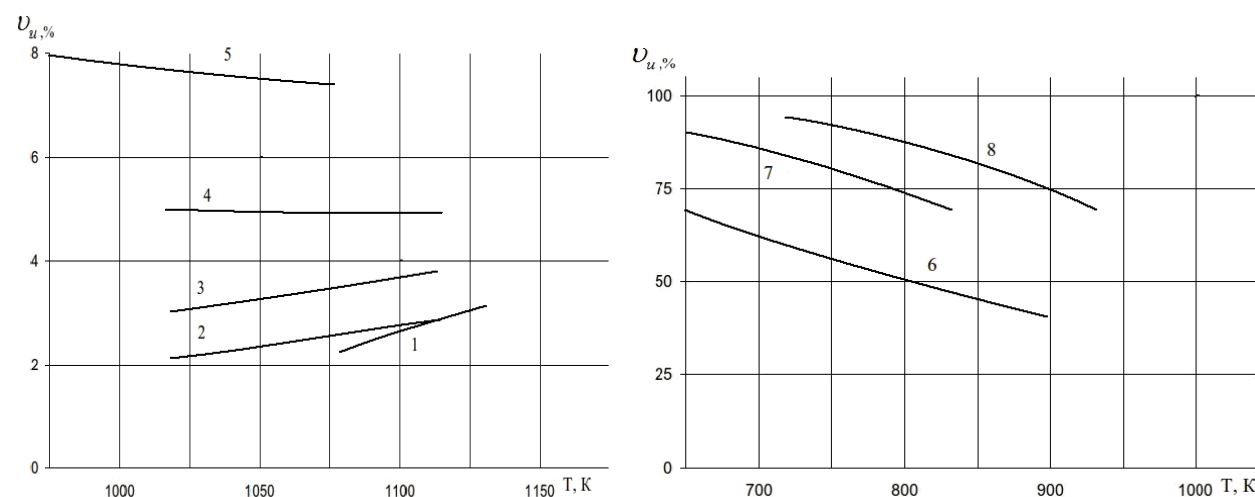


Рисунок 2 - Політерми іонної частки системи $\text{Ag}_2\text{S} - \text{AgCl}$: 1- 10; 2 – 20; 3 – 30; 4 – 40; 5 – 50; 6 – 60; 7 – 70; 8 – 90 мол.% AgCl

З рис. 2 видно, що при невеликих вмістах ГД (AgCl) – крива 1 – іонна частка з підвищенням температури зростає. Це можна пояснити тим, що електронний (металічного типу) внесок в провідність при цьому зменшується, а тому частка іонного внеску в загальну електропровідність буде збільшуватись.

Для розплавлених систем, де існує електронний внесок в електропровідність напівпровідникового типу, спостерігається обернена картина: іонна частка із збільшенням температури падає. Це характерно для систем, в яких ПФП є халькогеніди стибію, талію, плюмбуму і стануму [4-5].

Зміна іонної частки відбувається антибатно до загальної електропровідності. Так, величина $\nu_{\text{и}}$ зростає з введенням AgCl від одиниць (криві 1 – 5, рис. 2) до десятків відсотків (криві 6 – 8, рис. 2), і при 60 мол.% AgCl і більше іонний внесок переважає. Температурний коефіцієнт іонної частки провідності до складу 40 мол.% AgCl зберігає позитивне значення, а при 50 мол.% відбувається його інверсія до негативного, що повністю корелює з поведінкою температурного коефіцієнту електропровідності. При переході до складів зі значним вмістом ГД, в провідності яких рівнозначно виражені неіонні і іонні внески, спостерігається значне зменшення іонної частки з ростом температури, що також співпадає з характером температурної залежності електропровідності. При великому вмісті AgCl, для зразків з приблизно лінійною температурною залежністю електропровідності, температурна залежність $\nu_{\text{и}}$ стає менш вираженою. Поряд зі зміною виду політерм електропровідності, цей факт характерний для процесу перетворення ПФП в розплав з переважно електролітичною провідністю.

Звертає на себе увагу явна нелогічність температурних залежностей електропровідностей розплавів з вмістом AgCl 80 та 90% (криві 7, 8).

За Моттом і Девісом [6] в подібних системах може спостерігатися зміна механізму електронного переносу з зонного на стрибковий. Це повинно відображатись на концентраційній залежності електронного внеску в електропровідність в напівлогарифмічних координатах. Тому, були побудовані відповідні залежності, що показано на рис. 3.

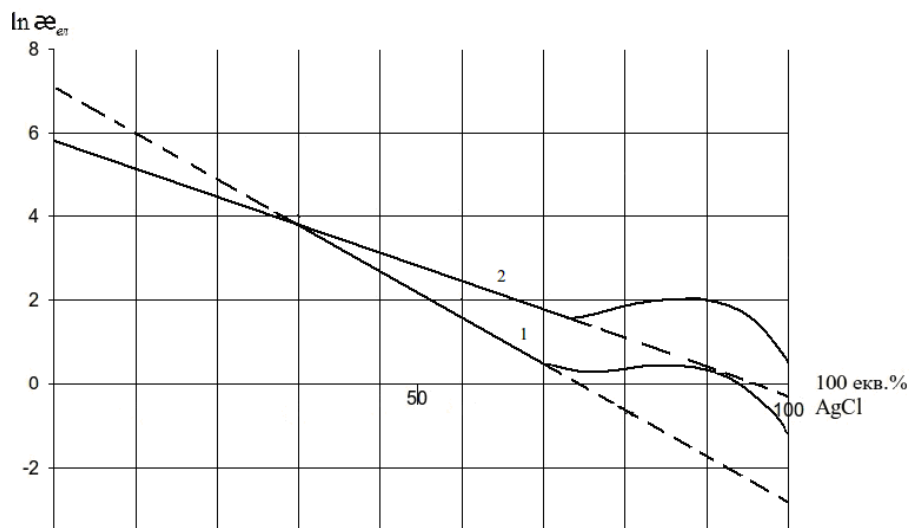


Рисунок 3 - Ізотерми електропровідності (1 – 923 K, 2 – 1123 K) системи $\text{Ag}_2\text{S} - \text{AgCl}$

З рис. 3 видно, що саме при цих складах розплавів відбуваються суттєві позитивні відхилення від адитивності, що пов'язується, виходячи з літературних джерел [6], зі зміною механізму електронного переносу з зонного на стрибковий. Очевидно, що при цих складах відбувається достатньо виражений процес локалізації електронів на іонних носіях (так званих іонних пастках).

Суть різних механізмів електронного переносу була показана Моттом [6]: при зонному механізмі відбувається переміщення збуджених електронів в нелокалізований стан через енергетичний псевдозазор. Стрибкова провідність відбувається по локалізованих станах. При цьому енергія активації менша у порівнянні з зонним, тому він буде переважати при низьких температурах. Слід відмітити, що аналогічний хід залежності електронної складової електропровідності від вмісту ГД спостерігається і в однокатіонній системі розплаву $\text{Ti}_2\text{S} - \text{TiCl}$ [7], що пов'язується із зміною механізму електронного переносу в ній.

Таким чином модельну систему $\text{Ag}_2\text{S} - \text{AgCl}$ можна вважати корисною в методологічному плані для встановлення зміни механізму електронного переносу в розплавлених системах ПФП- ГД.

На рис. 4 наведені поляризаційні криві сульфідно-хлоридних розплавів при різних вмістах AgCl і температурах.

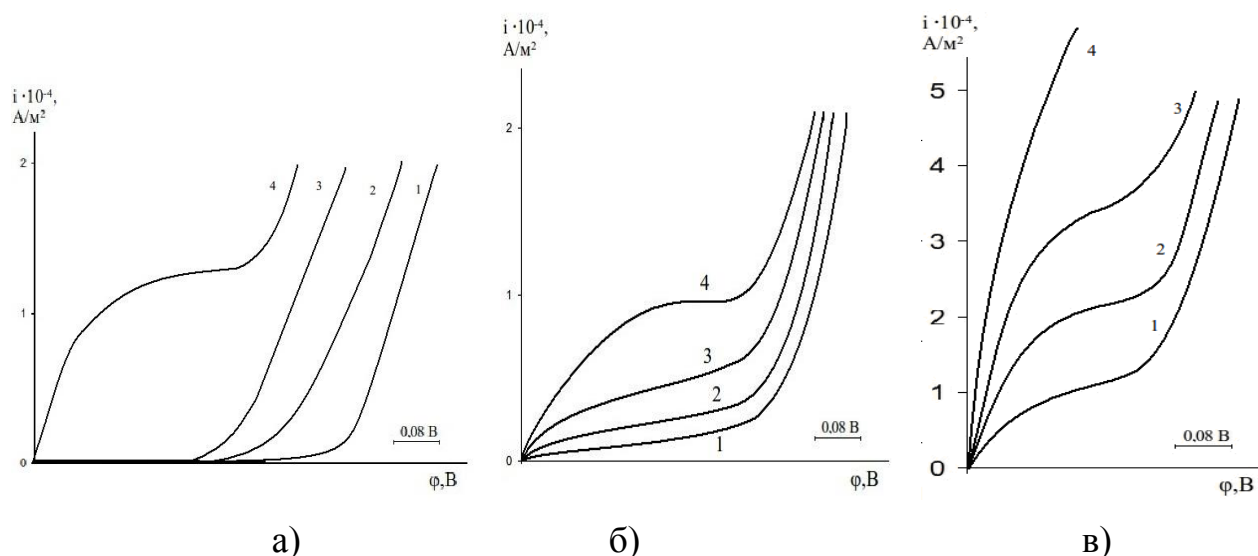


Рисунок 4 - Анодні поляризаційні криві розплавів системи $\text{Ag}_2\text{S} - \text{AgCl}$ при різних температурах і складах: а) 1 – 273; 2 – 823; 3 – 873; 4 – 933 К, 70 мол.% AgCl ; б) 1 – 95; 2 – 90; 3 – 70; 4 – 60 мол.% AgCl , $T = 823$ К; в) 1 – 673; 2 – 723; 3 – 773; 4 – 823 К, 60 мол.% AgCl

Всі вольтамперні характеристики відрізняються наявністю залишкових струмів, що можна віднести до прояву помітної електронної складової електропровідності. Зі збільшенням вмісту ГД величини даних струмів закономірно зменшуються, а при зростанні температури перегини на поляризаційних характеристиках згладжуються, що повністю корелює з даними про іонні частки електропровідності досліджених систем. Подібний вигляд поляризаційних кривих характерний для інших розплавів систем ПФП-ГД, де як ПФП використовувались халькогеніди стибію, плюмбуму, стануму і талію [5]. Значення величин залишкових струмів на поляризаційних кривих повністю відповідають розрахованим електронним внескам в електропровідність дослідженої розплавленої системи.

Висновки

1. На модельній розплавленій системі $\text{Ag}_2\text{S} - \text{AgCl}$ показано, що процес перетворення природи провідності ПФП під дією ГД виражається як в зміні характеру температурної залежності електропровідності, так і в збільшенні її іонної частки з ростом вмісту іонпровідних сполук.

2. Зміну співвідношення між іонним і електронним внесками під впливом ГД можна пояснити перерозподілом хімічного зв'язку між металом та халькогеном в сторону збільшення його іонності на фоні загального підвищення гетерополярності середовища.

3. Показано, що зміна характеру електродної поляризації відображає трансформацію властивостей в даних системах під дією ГД, чітко корелюючи з величинами іонних часток електропровідності.

4. В достатньо широкому інтервалі концентрацій ГД формування електрохімічної поведінки систем визначається переважанням іонної складової електропровідності, що характеризує розплави як електрохімічно ефективні.

5. По мірі посилення гетерополярності середовища відбувається зміна характеру електронної провідності від зонного до стрибкового за локалізованими станами.

Література

1. Великанов А.А. Электрохимическое исследование халькогенидных расплавов // Дис...д-ра хим.наук/ Великанов А.А. – Киев, 1971. – 230 с.

2. Зинченко В.Ф. Исследование ионно-электронной проводимости в халькогенидных расплавах // Дис...канд. хим.наук / Зинченко В.Ф. – Киев, 1976. – 135 с.

3. Белоус А.Н. Исследование катодной поляризации в расплавах систем $Tl_2S - Na_2S$, $Sb_2S_3 - Na_2S$, $PbS - Na_2S$ // Труды I Украинской республиканской конференции по электрохимии / Белоус А.Н., Омельчук А.А., Миронюк Г.И. - Киев, 1973. – С. 25 – 32.

4. Великанов А.А. Электрохимическое исследование расплавленных сульфидов тяжелых металлов // Труды Всесоюзного совещания по физической химии расплавленных солей и шлаков / Великанов А.А. Свердловск, 1962. – С. 454 – 468.

5. Мусяца О.Н. Электрохімічні властивості іонно-електронних провідників на основі халькогенідів талію, стануму і стибію // Вопросы химии и химической технологии/ Мусяца О.Н., Коваленко І.В., Лисін В.І., Антішко О.М. - 2011. - № 4(2). – С. 79 – 81.

6. Мотт Н., Девис Э. Электронные процессы в некристаллических веществах. – М.: Мир, 1974. – 472 с.

7. Лысин В.И. Исследование природы проводимости и электрохимической поляризации в халькогенид-галогенидных расплавах // Дис...канд. хим.наук/ Лысин В.И. – Киев, 1985. – 170 с.

Онищенко А.М., канд. техн. наук, Невінгловський В.Ф., Різніченко О.С.,
Аксьонов С.Ю.

МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕМПЕРАТУРНОЇ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОНУ

Анотація. У статті наведено методику та результати визначення коефіцієнта температурної тріщиностійкості асфальтобетону

Ключові слова: асфальтобетон, тріщиностійкість, граничні напруження.

Аннотация. В статье приведена методика и результаты определения коэффициента температурной трещиностойкости асфальтобетона

Ключевые слова: асфальтобетон, трещиностойкость, предельные напряжения.

Annotation. In this article presents the methods and results of determining the coefficient of thermal crack resistance of asphalt concrete

Keywords: asphalt concrete, crack resistance, threshold voltage.

Вступ

Одним з факторів, які призводять до передчасного руйнування асфальтобетонного покриття є температурні тріщини, що виникають в результаті змін температури особливо в зимовий період року [1-4]. На даний час в діючому нормативному документі [5] існує методика визначення коефіцієнта температурної тріщиностійкості, яка була запропонована проф. Мозговим В. В.

Методика визначення коефіцієнта температурної тріщиностійкості асфальтобетону

Суть методу полягає у оцінюванні руйнування структурних зв'язків асфальтобетону при повторному охолодженні за показником зменшення міцності на розтяг при згині після впливу температурних напружень, що виникають при неможливості вільного скорочення (рис. 1) довжини зразка

(аналогічно умовам роботи асфальтобетону в покритті) [1].

Асфальтобетонна суміш ущільнюється методом укочування (або іншим способом) згідно 8.1 [6, 7]. Із ущільненого асфальтобетону виготовляють зразки-призми розмірами в залежності від максимальної крупності зерен мінеральних складових матеріалів згідно [5].

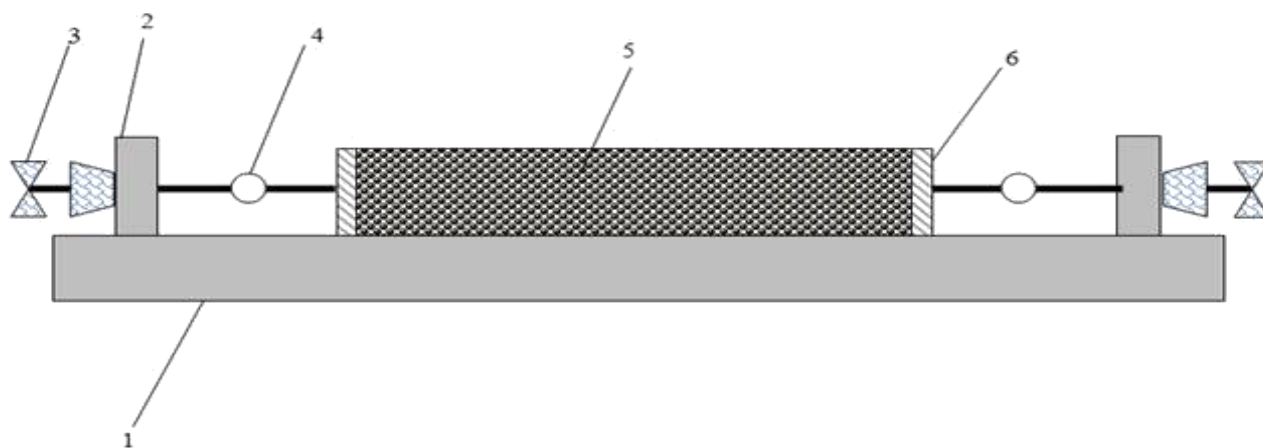


Рисунок 1 - Схема з'єднання асфальтобетонного зразка з металевою станиною для випробувань на циклічне охолодження: 1 – станина; 2 – упор; 3 – гвинт для закріплення зразка; 4 – шарнір; 5 – зразок; 6 – металева пластина

Згідно з чинною нормативно-технічною документацією, на торці зразків за допомогою епоксидної смоли прикріплюють металеві пластини 6 і з'єднують їх з металевою станиною 1 за допомогою металевих пластин 6, шарнірів 4, упорів 2 та гвинтів 3.

Асфальтобетонний зразок з металевими пластинами встановлений в станину, попередньо термостатують на повітрі за температури $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$ протягом 2-х годин, після чого усувають люфти між упорами та гвинтами і разом із станиною розміщують в морозильній камері, у якій підтримують температуру $(-30 \pm 1) ^\circ\text{C}$. При такій температурі асфальтобетонний зразок витримують протягом 6 год.

Після цього, зразок з металевою станиною виймають з морозильної камери і витримують на повітрі за температури $(20 \pm 1) ^\circ\text{C}$ протягом 6 год. Таку процедуру охолодження-нагрівання асфальтобетонного зразка, закріпленого між двома упорами металевої станини здійснюють 10 разів.

Коефіцієнт температурної тріщиностійкості визначають за формулою:

$$K_{КТР} = \frac{R_p^{10_{цикл}}}{R_p}, \quad (1)$$

де $R_p, R_p^{10_{цикл}}$ - середнє значення границі міцності на розтяг при згині відповідно до впливів циклічного охолодження і після них.

Границю міцності на розтяг при згині асфальтобетонних зразків визначають згідно з [8], при швидкості деформування 100 мм/хв. за температури $(0 \pm 1) ^\circ\text{C}$ і обчислюють в МПа за формулою:

$$R_p = \frac{3 \cdot F \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2} \cdot 10^{-2}, \quad (2)$$

де F - руйнівне навантаження, Н;

l - відстань між опорами, см;

b - ширина зразка, см;

h - висота зразка, см;

10^{-2} - коефіцієнт перерахунку у МПа.

Для дослідження використовувались асфальтобетони типів А-20, Б-10, Б-20, Г, які відповідали вимогам [5] та ЩМА-10, ЩМА-20, які відповідали вимогам [9]. Асфальтобетонні суміші готували на бітумі марки БНД 60/90, а також на бітумі модифікованому катіонним полімерним латексом Butonal NX4190 з різною його кількістю (2, 4 і 6 %) від маси бітуму.

Результати визначення коефіцієнта температурної тріщиностійкості досліджуваних асфальтобетонів

Згідно з даною методикою та залежністю (1) отримано результати коефіцієнтів температурної тріщиностійкості.

Аналізуючи отримані результати (рис. 2, 3) видно, що умові критерію граничного стану, який становить 0,75, відповідають усі досліджувані асфальтобетони при використанні БМП із 2 % і більше полімеру, а також при введенні в асфальтобетонну суміш при її приготуванні 3 % і більше полімеру.

При використанні БМП (рис. 2) із 2 %, 4 % та 6 % полімерного латексу Butonal NX4190, показник коефіцієнта температурної тріщиностійкості для досліджуваних асфальтобетонів збільшився на: для типу Г на 23 %, 35 % та 45 % відповідно; для типу Б-10 – 17 %, 28 % та 36 % відповідно; для типу Б-20 –

15 %, 26 % та 34 % відповідно; ЩМА-10 – 14 %, 22 % та 29 % відповідно; ЩМА-20 – 13 %, 21 % та 25 % відповідно.

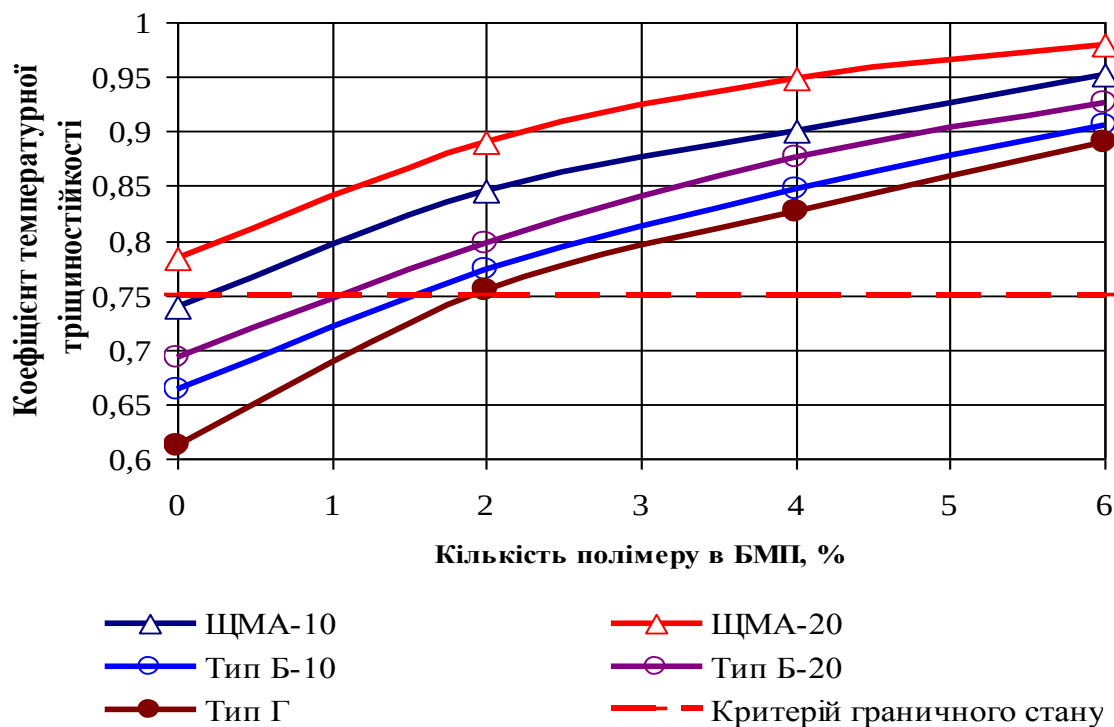


Рисунок 2 - Залежність коефіцієнта температурної тріщиностійкості від кількості полімеру в БМП асфальтобетонів різної гранулометрії

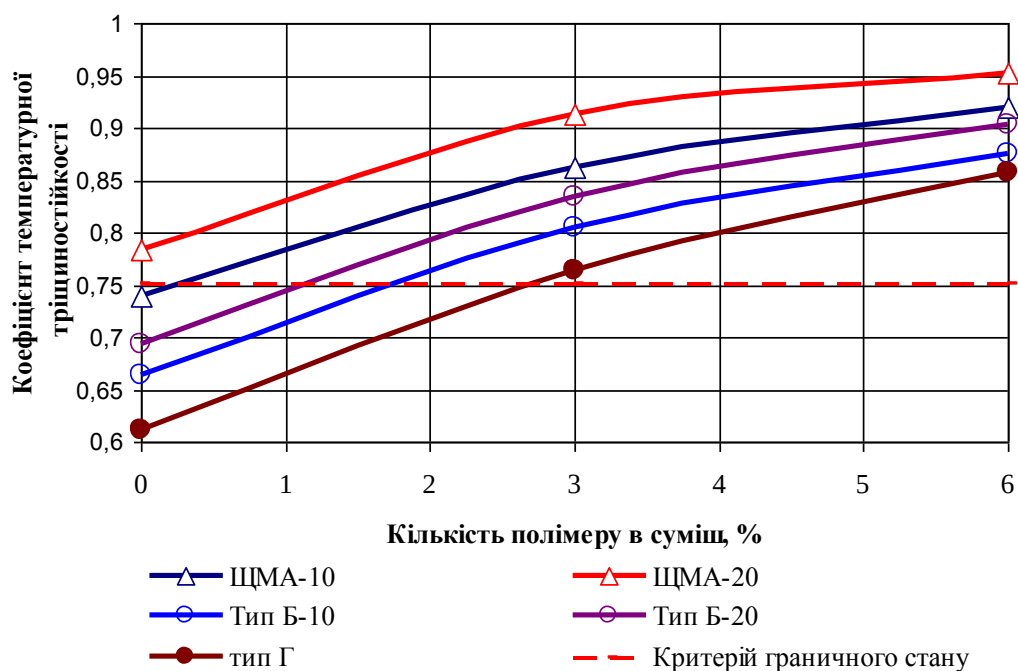


Рисунок 3 - Залежність коефіцієнта температурної тріщиностійкості від кількості полімеру в суміші асфальтобетонів різної гранулометрії

При введенні полімеру (рис. 3) в асфальтобетонну суміш безпосередньо при її приготуванні у кількості 3 % та 6 %, маємо наступне збільшення показника коефіцієнта температурної тріщиностійкості для досліджуваних асфальтобетонів: для типу Г збільшення відбулося на 25 % та 40 % відповідно; тип Б-10 – 21 % та 32 % відповідно; тип Б-20 – 20 % та 30 % відповідно; ЩМА-10 – 17 % та 25 % відповідно; ЩМА-20 – 16 % та 22 % відповідно.

Висновок

Запропонована методика дозволяє підбирати різні типи асфальтобетонів підвищеної тріщиностійкості для покриття автомобільних доріг, що знаходяться в різних дорожньо-кліматичних зонах.

Література

1. Мозговой В.В. Оценка температурной трещиностойкости асфальтобетонных и дегтебетонных слоев в покрытиях автомобильных дорог: Дис. канд. техн. наук: 05.23.05. – К. - 1986. – С. 330.
2. Онищенко А. М. Підвищення довговічності асфальтобетонних шарів за рахунок використання полімерних латексів Дис. канд. техн. наук: 05.22.11. – К., 2008. – С. 157.
3. Мозговий В.В., Бесараб О.М., Жуков О.О., Онищенко А. М. Підвищення тріщиностійкості асфальтобетонних шарів міських дорожніх одягів./ Мозговий В.В., Бесараб О.М., Жуков О.О., Онищенко А. М. // Сучасне промислове та цивільне будівництво. Макіївка. - 2006. - Том 3. - №2. - С. 82-88.
4. Сюньи Г.К., Мозговой В.В.. О расчете асфальтобетонных покрытий на трещиностойкость // VII Всесоюзное совещание дорожников. Тезисы докладов и сообщений. Москва, 1981 - С. 10-11.
5. ДСТУ Б В.2.7-119:2011 Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови.
6. СОУ 45.02-00018112-020:2009 Асфальтобетон дорожній. Метод випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій.
7. ДСТУ Б В.2.7-89-99 (ГОСТ 12801-98) Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва.
8. СОУ 45.2-00018112-076:2011 Методика оцінки циклічної довговічності армуючих синтетичних матеріалів.
9. ДСТУ Б В.2.7-127:2006. Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови.

УДК 625.7/.8

Кожушко В.В., канд. техн. наук, **Кожушко В.В.**, канд. техн. наук,
Храпаль О.В. канд. екон. наук, **Перістий О.О.**

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ ЗИМОВОГО УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ.

Анотація. В статті наведені дослідження по міграції хлоридів в ґрунти та ґрунтові води до і після зимового утримання і використання протиожеледних матеріалів в порівнянні з фоновими їх концентраціями. Наведена динаміка зміни їх вмісту на різних відстанях від кромки проїздної частини. Описана методика проведення досліджень при існуючих гранично-допустимих нормах використання протиожеледних матеріалів в залежності від температури навколишнього середовища.

Аннотация. В статье приведены исследования по миграции хлоридов в почвы и грунтовые воды до и после зимнего содержания и использования противогололедных материалов в сравнении с фоновыми их концентрациями. Приведена динамика изменения их содержания на разных расстояниях от кромки проезжей части. Описана методика проведения исследований при существующих гранично-допустимых нормах использования противогололедных материалов в зависимости от температуры окружающей среды.

Annotation. In the article the brought researches over on migration of chlorides in soils and soil water to and then winter maintenance and use of icestorm materials equalization with their base-line concentrations. The brought dynamics over of change of their content on different distances from the edge of by a person passing by

part. Described methodology of realization researches at the existent border possible norms of these ice storm materials depending on an ambient temperature.

Зимове утримання автомобільних доріг - це комплекс робіт, які проводяться дорожньо-експлуатаційними виробничими підрозділами (дорожньо-експлуатаційними організаціями) для забезпечення безпечного та безперебійного руху у осінньо-зимовий період і включають очистку доріг від снігу, та захист від снігових заносів і боротьбу з зимовою слизькістю. [1,6] згідно з "Єдиними правилами зимового утримання автомобільних доріг" [2].

Вся система заходів із зимового утримання автомобільних доріг повинна бути побудована таким чином щоб забезпечити умови руху автотранспорту, максимально полегшити та здешевити виконання робіт з ліквідації зимової слизькості. Для виконання цих вимог здійснюються:

- профілактичні заходи метою яких є недопущення або максимальне зменшення утворення зимової слизькості на автомобільній дорозі.
- заходи щодо запобігання створення снігових заносів шляхом улаштування постійних або тимчасових засобів снігозахисту.
- заходи по видаленню снігових та льодових утворень на дорозі та зменшення їх впливу на автомобільний рух.

Одним із основних завдань дорожньо-експлуатаційних організацій є забезпечення ефективного використання наявних матеріально-технічних та фінансових ресурсів, які призначені для зимового утримання доріг (використання фрикційних матеріалів: солей, піску, відсіву дріблення та інших матеріалів).

Існує, як відомо, декілька способів боротьби з зимовою слизькістю, де і використовуються вищевказані фрикційні матеріали:

- хімічний, який передбачає використання солей на основі Na, K, Ca (Мають плавильну спроможність при різних температурних показниках навколишнього середовища). Так натрієва сіль (NaCl діє до -12°C , калієва -8 (-12°C) -14°C , Ca - до (-20) - (-25°C)).

Фізико-хімічний, який передбачає використання піщано-соляних сумішей (в які може додаватись відходи дроблення (гран-відсів). Цей спосіб застосовується при різних температурах навколишнього середовища (при низьких (-12°C і менше (-13°C ...)). Спочатку під колесами транспорту спрацьовує фрикційний матеріал (пісок, грандвідсів) та запобігає утворенню зимової

слизькості, а потім спрацьовує сіль (особливо при підвищенні температури навколишнього середовища).

- тепловий, який на автомобільних дорогах загального користування застосовується обмежено. Його можливо застосовувати в межах населених пунктів, де під дорогою прокладені теплоенергоцентралі (теплотраси). За межами населених пунктів його застосовувати не рекомендовано, т.я. застосування застосування визиває збільшення затрат на енергоресурси.

Як ми бачимо з вищесказаного в двох із трьох способів ліквідації зимової слизькості використовуються фрикційні матеріали, до яких, природньо, існують технічні вимоги. А до солей основним критерієм, який характеризує застосування її в складі протиожеледного матеріалу є її плавильна здатність. Кількісно плавильна здатність характеризується вагою розплавленого льоду однією ваговою одиницею солі при певній температурі. Аналіз хлоридів натрію, кальцію, калію та магнію, що чим вища плавильна здатність матеріалу, тим менші норми розподілу солі (або протиожеледного матеріалу) при різних температурах [3]. Але норми розподілу, крім натрієвої солі (голітової руди) ще потребує уточнення. При цьому необхідно враховувати вартісні показники матеріалу. Велика ціна на матеріал (наприклад "Антилід" та інших) в значній мірі стримує його застосування в практиці експлуатаційного утримання доріг у зимовий період.

Необгрунтоване використання протиожеледних матеріалів та їх норми розподілу може призвести до значного забруднення пришляхових територій і акваторій, впливає на сформовані екологічні та біологічні системи, може призвести до руйнування конструктивів дорожнього одягу. Тому при використанні протиожеледних матеріалів необхідно враховувати і екологічні питання.

Вивченню впливу автомобільної дороги на навколишнє середовище при використанні відходів виробництва екстракційної фосфорної кислоти - фосфогіпсу напівгідрату приділялась увага в 80х роках 20го століття. [4,5]. В них вивчався вплив водорозчинних з'єднань фтору (F) та P_2O_5 на навколишнє середовище в зоні впливу доріг, побудованих з використанням цього відходу.

Аналогічна робота (тільки по вивченню впливу хлоридів) була проведена ДерждорНДІ в тісній співпраці з Службою автомобільних доріг у Київській області та ДП "Київське обласне дорожнє управління". Для визначення впливу хлоридів на навколишнє середовище з листопада 2004 року по квітень 2005 рік

було визначено декілька місць досліджень: автомобільна дорога М-03 Київ-Харків-Довжанський км 27, та км 33, автомобільна дорога М-06 Київ-Чоп км 30 та км 36. В цих місцях вивчилися динаміка забруднення ґрунтів та ґрунтових вод внаслідок використання хлоридних протиожеледних матеріалів (ПСС та чистої солі).

Дослідження проводились з урахуванням кількості смуг руху (площі, на яку розподілювався протиожеледний матеріал), типу угідь, що примикають до проїздної частини та до резервно-технологічної придорожньої смуги. Відбір проб ґрунту проводився у вищевказаних місцях (з врахуванням фонових проб, відібраних до початку зимової експлуатації, або до застосування протиожеледних матеріалів) на відстані (по осі поперечника) 4м, 10м, 15м, 30м, на глибині 20-30 см. Відбір проб проводився у відповідності до вимог ГОСТ 17.4.3.01 "Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб" та ГОСТ 17.4.4.02 "Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, гельминтологического анализа". (по 4 проби з кожного місця на протязі з листопада 2004 року по першу декаду квітня 2005 року).

Аналіз проб проводився в лабораторних умовах і включав визначення концентратів хлоридів, сульфатів та водневого показника в водній та соляній витяжці. Аналіз проводився у відповідності до вимог наступних нормативних документів:

- ГОСТ 26425 "Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке".
- ГОСТ 26490 "Почвы. Определение подвижной серы по методу ЦИНАО "
- СНиП "Н42-128-4433 "Санитарные правила и нормы допустимых концентраций химических веществ в почве".

Динаміка забруднення ґрунтів хлоридами (або їх міграція) наведена на графіках (рис. 1-5).

З приведених рисунків видно, що концентрація хлоридів в ґрунах у порівнянні з фоновими пробами змінюється. Максимальні її концентрації припадають на періоди інтенсивного розтавання снігу (або на останню декаду березня 2004р. (25.03.2005р)). В подальшому, з часом, та концентрації зменшуються до фонових. Про це свідчать результати за 31.03.05 р. та 05.04.2005 р. При цьому в динаміці зниженні вмісту хлоридів у ґрунтах на відстані 4 м від проїзної частини зменшилась на 25-70% за 6 днів після початку

періоду розтавання снігу (на 31.03.05р.) і зменшується до фонових вже до 05.04.2005 р. Температура навколишнього середовища була +7-10°C. На відстані від 10, 15, 30м. від проїзної частини - вона менша в 2-3 рази і наближується до фонових значень. Цей факт говорить про інтенсивну міграцію хлоридів з водою. Але в ході подальших досліджень необхідно вивчити питання масообміну і накопичення їх по глибині (більше 0,5-1-1,5 метра).

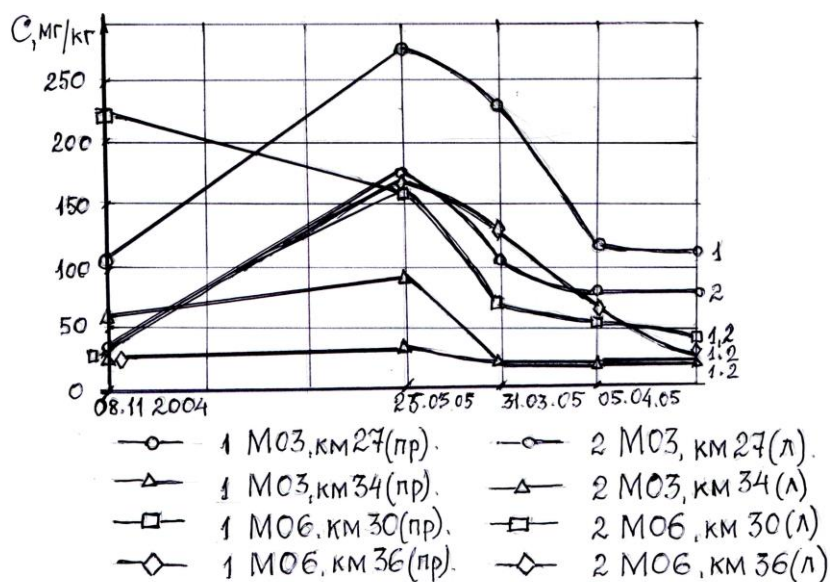


Рис. 1. Залежності зміни вмісту хлоридів в ґрунтах при зимовому утриманні а/доріг на відстані 4 м. від крайки проїзної частини.

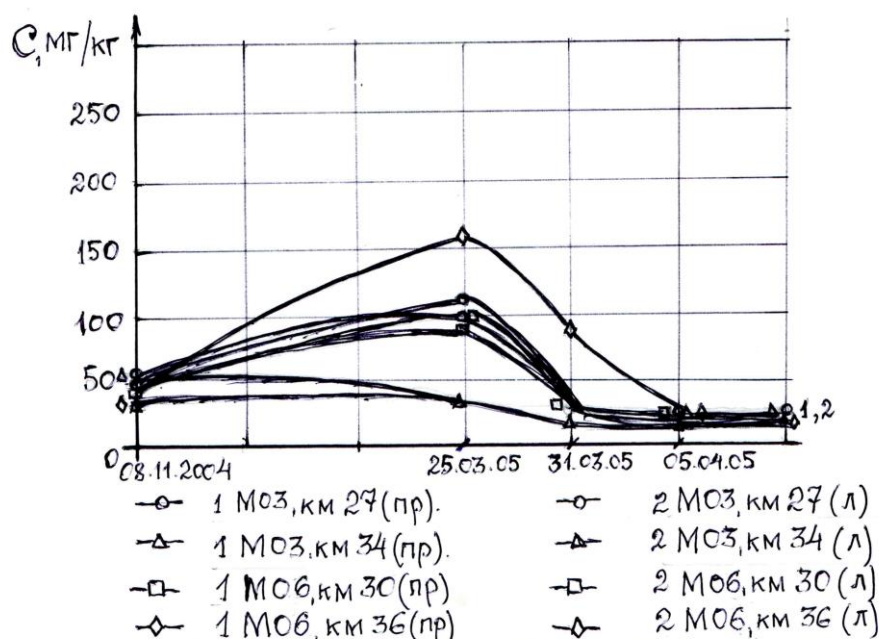


Рис. 2. Залежності зміни вмісту хлоридів в ґрунтах при зимовому утриманні а/доріг на відстані 10 м від крайки проїзної частини.

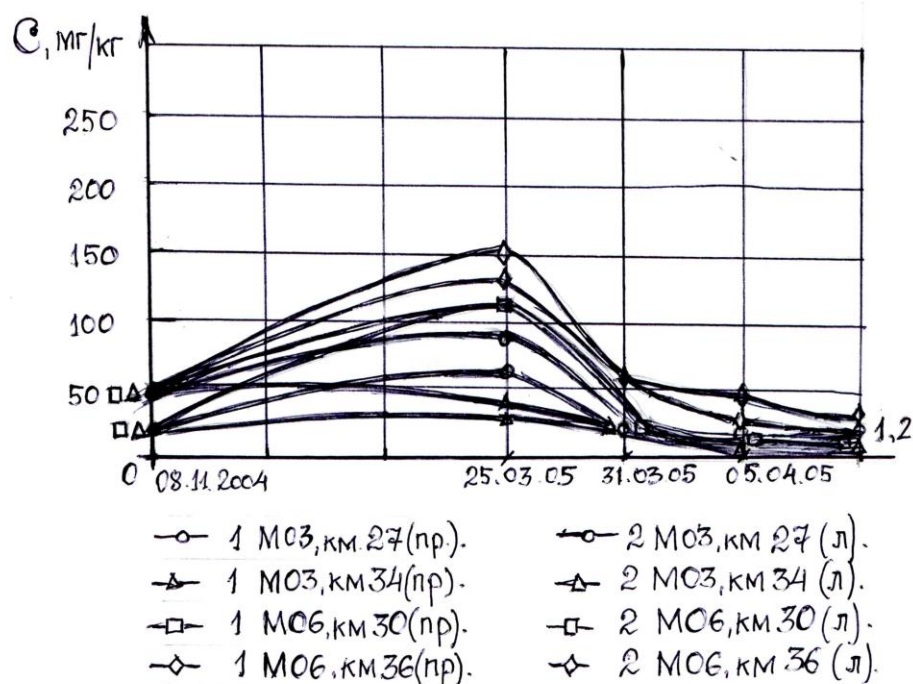


Рис. 3. Залежності зміни вмісту хлоридів в ґрунтах при зимовому утриманні а/доріг на відстані 15м від крайки проїзної частини.

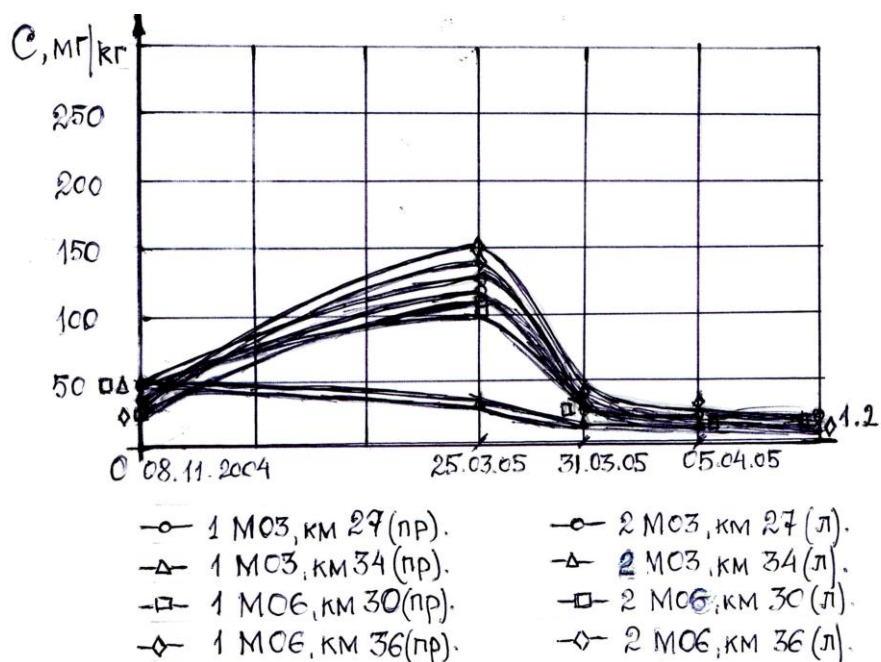


Рис. 4. Залежності зміни вмісту хлоридів в ґрунтах при зимовому утриманні а/доріг на відстані 30м від крайки проїзної частини.

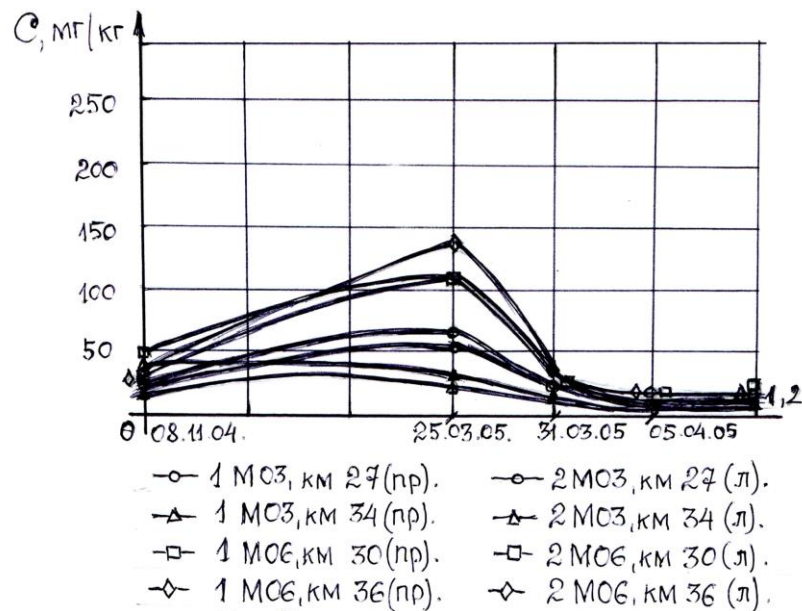


Рис. 5. Фоновий вміст хлоридів в ґрунтах біля автодоріг М03, М06

Висновки наступні: взимку хлориди накопичуються на узбіччях і біля краю проїзної частини, а з підвищенням температури - мігрують з талими водами спочатку - в ґрунти (де частково проходить процес масообміну), а частина їх мігрує у ґрунтові води.

Таблиця 1 - Результати аналізу води (ґрунтових вод).

	Дата відбору проби	Місце відбору проб		Концентрація хлоридів г/м ³	Водневий показник
		Прив'язка	Відстань від кромки (м)		
	2	3	4	5	6
	Остання декада грудня 2005р.	М-06, км 25	10	186	7
		М-06, км 33	20	175	7
		М-06, км 34	20	330	7
	Перша декада квітня	М-06, км 33	20	95	7
		М-06, км 34	20	248	7

Висновки з таблиці: Концентрація хлоридів в талих водах збільшується при підвищенні температури і вже через 10 діб зменшується до фонових (Після повного танення снігу). Водневий показник в ґрунтових водах (як видно з табл. 1) знаходиться в межах 7 (в середньому).

Ці показники отримані при наступних даних розподілу хлоридів (1, табл. 7.7):

- При температурі навколишнього середовища 0°C - (-3°C) - 15...20 г/м²;
- При температурі (-4°C) - (-6°C) - 20...30 г/м²;

- При температурі (-7°C) - (-12°C) - 40...50 г/м².

При збільшенні розподілу хлоридів збільшується негативний вплив на навколишнє середовище, а плавильний ефект залишається на одному рівні. Тому необхідно в виробничих умовах з метою зменшення затрат на обробку протиожеледними матеріалами, враховувати вищевказані норми розподілу. Це актуально ще й тому, що закупівельні ціни на пісок, сіль з кожним роком збільшуються, особливо після того, коли пісок, в т.ч. для приготування протиожеледних сумішей, віднесли до корисних копалин і була встановлена додаткова плата за одиницю погашених запасів за 1м³, що значно збільшило затрати на зимове утримання автомобільних доріг та використання бюджетних коштів. Тим більше, що на зимове утримання 2012-2013 рр. використано біля 36000 т технічної солі та 160000 м³ піску тільки по Київській області.

Література

1. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України П-Г.1-218-113:2009, розділ 5, стор. 106-135.
2. Єдині правила зимового утримання автомобільних доріг ПГ.1-218-118:2005, розділ 6,7,8 стор. 23-44.
3. Експертний висновок щодо проведення досліджень фізико-механічних властивостей засобу для боротьби з ожеледицею згідно ТУ 14.5-32355243-001-2004. Звіт про НДР (ДерждорНДІ К, 2004. -14с.)
4. Кожушко В.В., Кожушко В.П., Ольгинський А.Г., Костенко А.С. "Комплексная оценка влияния автомобильной дороги из фосфополугидрата сульфида кальция на окружающую среду, плодородие почв, укрепление грунтов".НИИТЭХИМ, Москва, 1988, выпуск 1, стр. 7-11.
5. Кожушко В.П., Кожушко В.В. "Влияние фосфогипса на окружающую среду" Информация №18 Министерства строительства и эксплуатации автомобильных дорог" Информлисток, К., 1989р., -3ст.
6. Гончаренко В.П., Прусенко Е.Д., Скорченко В.Ф., "Експлуатаційне утримання та ремонт автомобільних доріг за складних погодних та екологічних умов. Навчальний посібник. - К., 1999 р. стор. 264.

Савенко В.Я., д-р техн. наук, Славінська О.С., д-р техн. наук, Усиченко О.Ю.,
канд. техн. наук

ЗАКОНОМІРНОСТІ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Анотація. В статті узагальнені положення про водно-тепловий режим земляного полотна автомобільних доріг, проаналізовано його основні періоди та наведено характерні риси та особливості функціонування.

Ключові слова: водно-тепловий режим, земляне полотно, автомобільна дорога.

Аннотация. В статье обобщены положения о водно-тепловом режиме земляного полотна автомобильных дорог, проанализированы его основные периоды и приведены характерные черты и особенности функционирования

Ключевые слова. Водно-тепловой режим, земляное полотно, автомобильная дорога.

Abstract. The paper summarizes the position of the water-heat subgrade mode of automobile roads, analyzed its main periods and lists the characteristics and peculiarities of functioning

Keywords. Water and thermal regime, roadbed, road.

Постановка проблеми. Найбільш актуальною проблемою будівництва в дорожній галузі залишається виникнення деформацій та руйнування покриттів дорожніх одягів. Традиційно найбільшої уваги інженери-будівельники приділяють якості та технології влаштування шарів дорожнього одягу. Але серед причин виникнення деформацій та руйнувань дорожнього одягу є недостатня міцність неукріплених основ дорожніх одягів та земляного полотна.

Мета статті. Узагальнити поняття про періоди водно-теплого режиму земляного полотна

Виклад основного матеріалу. Недостатня міцність ґрунтів земляного полотна може бути наслідком порушення технології будівництва, використання некондиційних матеріалів та перевищення вологості ґрунту розрахункових

значень. Саме перезволоження ґрунту призводить до втрати його міцності (з перевищенням реальною вологістю оптимальної міцності ґрунту знижується до 2 разів).

Тепловий режим ґрунтів порушується наявністю більш теплопровідного дорожнього одягу та погіршується в результаті регулярного прибирання снігу. Це призводить до підвищення зимового вологонакопичення під проїзною частиною та нерівномірного здимання покриття при промерзанні земляного полотна та осідання при відтаванні.

Земляне полотно і дорожній одяг у процесі експлуатації періодично звожуються і просихають, охолоджуються і нагріваються, промерзають і відтають, тобто відбуваються процеси, пов'язані з тепломасообмінними явищами. Сукупність цих процесів визначає водно-тепловий режим дороги.

Стан дорожнього одягу і термін служби пов'язані з особливостями водно-теплого режиму, тобто щільністю та вологістю ґрунтів, значення яких змінюються в часі і з глибиною ґрунтової товщі.

В дорожньому одязі і земляному полотні одночасно відбувається декілька процесів: теплообмін зволоженого матеріалу з приземним повітрям, дифузія пари і води в порах матеріалу, вологообмін між дорожнім покриттям і приземним повітрям, інфільтрація опадів через тріщини в дорожньому одязі і земляному полотні, інфільтрація води в земляне полотно зі сторони узбіччя.

Водно-тепловий режим доріг має річний цикл: він починається з жовтня і закінчується вереснем. Вологість земляного полотна в межах товщини робочого шару значно збільшується в осінньо-зимово-весняний період. Вологість ґрунтів збільшується за рахунок інфільтрації поверхневих вод через тріщини, розділювальні смуги та підтягування вологи знизу при промерзанні земляного полотна. Всі періоди зволоження складають єдиний закономірний цикл руху вологи в ґрунтах полотна внаслідок впливу на нього природних факторів навколишнього середовища.

Цей круглорічний цикл складається з чотирьох взаємообумовлених періодів зміни вологості:

- 1) Інтенсивне зволоження дорожньої конструкції в осінній період – період початкового накопичення вологи;
- 2) Перерозподіл вологи в зимовий період і накопичення її в верхніх шарах земляного полотна в кристалічній формі;
- 3) Відтавання і насичення дорожньої конструкції;

4) Відновлення і поступова нормалізація літнього водного режиму

Основні періоди водно-теплогового режиму.

Перший період: Інтенсивне зволоження дорожньої конструкції в осінній період.

Початкове накопичення вологи у ґрунтах земляного полотна після літнього просихання починається з переходом середніх добових температур повітря через $+10^{\circ}\text{C}$. До цього часу відбувається зміна напрямку теплового потоку в ґрунтах. При літньому просиханні ґрунтів тепловий потік напрямлений зверху вниз. Восени, як правило, зменшується інтенсивність, але збільшується тривалість випадання опадів, зменшується дефіцит вологості повітря, і випаровування, розпочинається підняття ґрунтових вод.

Основним джерелом зволоження в період початкового осіннього накопичення є атмосферні опади і водяна пара.

Спостереження на дорогах показують, що притік вологи зверху за період початкового накопичення визначається не лише сумарною кількістю опадів, але й інтенсивністю та тривалістю їх випадання, а також температурою і дефіцитом вологості повітря. Рівень ґрунтових вод дещо підвищується, проте не впливає на вологість ґрунтів верхньої частини земляного полотна. Перша стадія триває до встановлення середньодобової температури повітря на рівні мінус $3-5^{\circ}\text{C}$ - початок стійкого промерзання ґрунтів. Цей етап чітко визначає, що процес пучиноутворення починається восени.

Другий період: Перерозподіл вологи в зимовий період і накопичення її в верхніх шарах земляного полотна в кристалічній формі – процес морозного здимання. При промерзанні ґрунту волога, що накопичується в осінній період, перерозподіляється завдяки силам кристалізації. При пониженні межі промерзання відбувається підтягування вологи із нижніх шарів ґрунту. При неглибокому заляганні від поверхні землі ґрунтових вод інтенсивність зимового вологонакопичення особливо зростає, коли фронт промерзання досягає рівня капілярного підняття. Промерзання водонасиченого здимального ґрунту супроводжується утворенням в ньому мерзлих прошарків із вологи, що накопичилася протягом першої стадії, товщина яких збільшується по мірі міграції води із шарів ґрунту, що розташовані нижче рівня ґрунтових вод. Чим глибше промерзання входить в зону капілярного підняття, особливо в її нижню частину, де більша частина вологи перебуває у вільному стані, тим більше зимове вологонакопичення. Ґрунтові води сприяють зволоженню земляного

полотна. Чим швидше відбувається зниження температури, тим менше вологи встигає переміститися з нижніх більш теплих шарів у верхню частину земляного полотна. Тому м'яка зима з поступовим і незначним зниженням температури носить більш несприятливий характер.

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

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

Третій період: Відтавання і насичення дорожньої конструкції. починається з встановленням у верхніх шарах ґрунту стійких позитивних температур і продовжується до повного відтавання ґрунту. Перед початком відтавання підвищується температура мерзлих ґрунтів і змінюється напрямок теплового потоку. При дії сонячної радіації у ранньовесняний період дорожня конструкція відтає зверху вниз, і досить довгий час дорога знаходиться у ситуації, коли вільна вода від танення кристалів льоду в розташованих вище шарах полотна не може переміщуватись вниз під дією сил гравітації у зв'язку з промерзлою і насиченою кристалами льоду розташованою нижче частиною земляного полотна. Ця частина полотна являє собою тимчасовий водоупор і називається донником. Через велику теплопровідність дорожнього одягу земляне полотно відтає під проїзною частиною швидше, ніж на узбіччях і укосах, тому в середній частині земляного полотна відбувається скупчення вільної води, яка не має виходу через мерзлі укоси. На ділянках доріг з поздовжніми похилами вода, що накопичилась в кориті земляного полотна, стікає і скупчується у понижених місцях, особливо поблизу увігнутих переломів профілю дороги; в результаті в окремих місцях знижується міцність ґрунту полотна і виникають руйнування одягу. Наявність донника приводить до

того, що вологість ґрунту у граничних з дорожнім одягом шарах полотна досягає $200 \div 300\%$ границі текучості ґрунту W_t , тобто несна здатність граничного шару ґрунтової основи катастрофічно знижується, танення мерзлого здимального ґрунту робить його перезволоженим та розм'якшеним. З'являється надлишок вільної води, яка відтискається в підстильний шар дорожнього одягу під дією динамічного впливу транспорту та защемленого повітря, яке розширюється при різниці температур $\geq 3^\circ\text{C}$. Нерівномірність розмерзання супроводжується перезволоженням ґрунтів під дорожнім одягом, що супроводжується зниженням його міцності. До запасів вологи, що накопичуються за зиму, в процесі відтавання додається волога від атмосферних опадів і снігу, що тоне. Наявність валиків снігу на узбіччях сприяє проникненню вільної води, особливо у місцях сполучення з проїзною частиною. Відбувається підняття рівня ґрунтових вод. При неглибокому заляганні ґрунтових вод від поверхні землі і значному зимовому вологонасиченні підземні води можуть перешкоджати просочуванню вниз вологи, яка звільнилась при відтаванні мерзлих ґрунтів, і тим самим сприяють перезволоженню талих ґрунтів. Дослідженнями встановлено, що по мірі танення льоду в ґрунті частина звільненої вологи іде на гідратацію обезводнених при промерзанні частинок (до 15% від ваги скелету ґрунту), частина води залишається у талому ґрунті в капілярах і замкнених пустотах, що утворюються на місці льодяних лінз. Решта вільної води по мірі відтавання опускається донизу, а частина під впливом напірних сил піднімається до поверхні і потрапляє в дренажний шар.

Цей етап є вінцем процесу пучиноутворення. Характеризується появою руйнувань дорожнього покриття та утворенням колій.

Швидкість відтавання здійснює виключний вплив на процес зміни вологості земляного полотна. Чим триваліша затяжна весна з нічними приморозками, які змінюються теплими сонячними днями без опадів, тим швидше знижується вологість ґрунту внаслідок підвищеного випаровування вдень і морозного вимерзання вночі. Отже, у цьому випадку імовірність зниження модуля пружності E_0 ґрунту зменшується. Якщо ж весна «дружня», особливо дощова, що характеризується високою швидкістю відтавання, збільшується кількість деформацій на покриттях через зниження міцності ґрунту і матеріалу підстильного шару.

Четвертий період: Відновлення і поступова нормалізація літнього водного режиму ґрунтового масиву. По мірі прогрівання земляного полотна починається четвертий період – просихання ґрунтів, тобто зменшення їх вологості і відновлення щільності і несучої здатності. В цей період джерелом зволоження є атмосферні опади. Висока інтенсивність випадання літніх опадів і великий дефіцит вологості повітря не сприяють утворенню великих запасів вологи у верхній частині земляного полотна. При повному розтаванні земляного полотна в ґрунтах залишається лише капілярно-розімкнута (підвішена) вода. Відбувається інтенсивне випаровування, притік вологи знизу від ґрунтових вод зменшується, а в деяких випадках і зовсім зупиняється, оскільки в цей період відбувається пониження рівня ґрунтових вод. Знижується вологість та підвищується міцність ґрунту. Для цього періоду характерні мінімальна вологість і максимальна щільність ґрунтів земляного полотна.

Висновки

Питання визначення розрахункових характеристик ґрунту та методів регулювання водно-теплового режиму дорожньої конструкції набувають нової актуальності у зв'язку із глобальними змінами кліматичної системи та клімату України. Всі розрахунки волого-теплового режиму земляного полотна повинні виконуватися відповідно до наведених в статті чотирьох періодів водно-теплового режиму.

Література

1. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд / Н.А.Пузаков, И.А. Золотарь, В.М. Сиденко, А.Я. Тулаев и др.; Под. ред. И.А. Золотаря, Н.А. Пузакова, В.М. Сиденко. – М.:Транспорт, 1971. – 413 с.
 2. Кизима С. С. Основы эксплуатации автомобильных дорог : навчальний посібник. – К., 2001. - 164 с.
- Тулаев А.Я. Конструкция и расчет дренажных устройств. – М.: Транспорт, 1980. – 191 с.

ТЕХНІЧНА ЕКСПЕРТИЗА ТА ОЦІНКА МАЙНА

УДК 625.7/.8

Соколова Н.М., канд. екон. наук

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНКИ НЕРУХОМОГО МАЙНА

Анотація. У ринковій економіці усі фактори та результати діяльності повинні мати вартісну оцінку. Необхідність оцінки безпосередньо об'єктів нерухомості пов'язана із проведенням операцій інвестування, кредитування, страхування, визначення податкової бази. Оцінка об'єктів дорожнього господарства необхідна для обґрунтування напрямків стратегічного розвитку суб'єктів господарювання, визначення фінансово-економічного ефекту та ринкової ціни нерухомого майна.

Ключові слова: оцінка майна, аспекти, дорожня галузь

Аннотация. В рыночной экономике все факторы и результаты деятельности должны иметь стоимостную оценку. Необходимость оценки непосредственно объектов недвижимости связана с проведением операций инвестирования, кредитования, страхования, определения налоговой базы. Оценка объектов дорожного хозяйства необходима для обоснования направлений стратегического развития субъектов хозяйствования, определение финансово-экономического эффекта и рыночной цены недвижимого имущества.

Ключевые слова: оценка имущества, аспекты, дорожная отрасль

Annotation. In a market economy, all factors and results of operations should be valuation. The need for evaluation of real estate directly associated with the

operations of investment, lending, insurance, determining the tax base. Estimation of road facilities needed to study areas of strategic development entities, determine financial and economic effect and the market value of real estate.

Keywords: property valuation, aspects, road sector

Постановка проблеми. За обставин фінансової кризи, від якої потерпає Україна, актуальності набувають не лише питання економічного розвитку країни, а й потреба удосконалення системи державного управління з метою мобілізації всіх можливих ресурсів для подолання негативних явищ. В умовах оголошеної державою адміністративної реформи, яка повинна стати механізмом досягнення ефективного державного управління, стає проблема формування та розвитку муніципальної економіки.

Так, проведення реформування системи державного управління автомобільними дорогами загального користування передбачає необхідність виконання ряду етапів, до найважливіших з них слід віднести [1]:

- передачу автомобільних доріг загального користування місцевого значення до сфери управління місцевих органів самоврядування;
- реструктуризацію ПАТ ДАК «Автомобільні дороги України» шляхом утворення на базі дочірніх підприємств державних дорожніх підприємств;
- запровадження контрактів з експлуатаційного утримання доріг по кінцевому результату на автомобільних дорогах державного значення.

При цьому на перший план виходять питання економічної оцінки майна державних дорожніх підприємств, що актуалізує розвиток проблематики оцінки нерухомого майна в дорожній галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Слід зазначити, що окремі аспекти досліджуваної проблеми досить широко розглядалися в економічній літературі. Так, теоретичні і практичні питання вивчення ринку майна, в тому числі визначення понять і співвідношень між ними вивчалися в роботах як зарубіжних, так і вітчизняних вчених, зокрема: Г.С. Харрісон, Дж.Фрідман, Н.Ордуей, І.Т. Балабанов, С.В. Грибовський, С.В. Гриненко, Д.В. Виноградов,

Г.М. Стерник, А.М. Асаул, І.М. Геллер, В.Д. Базилевич, Л.П. Чубук та ін. [2-11]. Проте, питання економічної оцінки нерухомого майна саме в дорожній галузі вітчизняними вченими не розглядалося.

Мета статті. Дослідити та проаналізувати економічні аспекти оцінки майна в галузі дорожнього будівництва.

Виклад основного матеріалу. У сучасних умовах нерухоме майно належить до визначальних ресурсів, що забезпечують ефективну діяльність господарських суб'єктів, муніципалітетів, органів державного управління в цілому, та підприємств дорожньої галузі, зокрема. Європейські експерти виділяють три визначальні компоненти нерухомого майна: як ресурсу, активу і об'єкта управління в загальній системі управління. Це функціональний, фінансовий та фізичний (експлуатаційний) компоненти нерухомого майна. Зміст окремих компонентів нерухомого майна виявляється в такому:

1. Функціональний компонент управління нерухомим майном — це, в першу чергу, ресурсний компонент у процесах стратегічного планування розвитком господарських суб'єктів: підприємств та організацій дорожньої галузі. Складові об'єктів нерухомого майна у транспортному будівництві (дороги, технологічні споруди, об'єкти інфраструктури, виробничі і офісні приміщення) належать до базових ресурсів що забезпечують діяльності підприємств. В процесах довгострокового планування діяльності підприємств необхідно визначити оптимальні обсяги, склад і структуру нерухомості, тобто обґрунтувати обсяги та оптимізувати структуру активів підприємства.

2. Фінансовий компонент. Об'єкти нерухомого майна — це активи підприємства, тому вони знаходять своє відображення в бухгалтерських документах організації. Обсяги та склад об'єктів нерухомого майна, їх вартість, поточний стан та інші характеристики безпосередньо впливають на стан діяльності підприємств, зокрема на рівень таких показників як собівартість робіт та послуг, обсяг податкових платежів, ринкова вартість нерухомого майна та інше.

3. Фізичний (експлуатаційний) компонент. Нерухоме майно дорожнього підприємства — це сукупність фізичних об'єктів, які за своїми проектними характеристиками і поточним станом впливають на безпеку, якість, комфортність основної виробничої діяльності – задоволення споживачів доріг. Ці об'єкти вимагають відповідного експлуатаційного утримання, визначеного законодавством та нормативними актами будівництва, землевпорядкування, експлуатаційного, екологічного та санітарного стану, водопостачання, водовідведення та інше.

Усі ці вимоги з експлуатації об'єктів нерухомості знаходять своє відображення в планах і кошторисах ресурсних витрат (фінансових, матеріально-технічних) у договірних відносинах із виконавцями дорожньо-ремонтних робіт. Ця діяльність по суті є технічним менеджментом, управлінням експлуатаційним станом нерухомого майна в дорожній галузі.

Усі три компоненти тісно пов'язані між собою при проведенні операцій оцінки нерухомого майна.

Логіко-цільовий зв'язок цих компонентів наведений на рисунку 1.

Організаційно-функціональний аспект управління наведеними компонентами нерухомого майна в межах поточного та оперативного управління суб'єктами господарювання можуть мати наведену схему.

Наприклад, спеціалісти з капітального будівництва чи служби експлуатації підготували проекти планів проведення необхідних попереджувальних чи капітальних ремонтних робіт. Матеріали проектів направляються у планово-економічний відділ для вирішення питань визначення можливих обсягів фінансування цих ремонтних робіт. При підготовці рішень фінансові менеджери в умовах обмеження фінансових ресурсів повинні враховувати зміст цілей та стратегію розвитку підприємства на перспективу і роль конкретного об'єкта нерухомості як ресурсу досягнення довгострокових стратегічних цілей підприємства.

У таких умовах важливою є правильна оцінка необхідних ресурсів для всіх компонентів об'єктів нерухомого майна і часових горизонтів управління —

від оперативних кошторисів для виконання ремонтних робіт до середньострокових бізнес-планів та стратегічних інвестиційних програм. Спеціалісти з оцінки і управління нерухомістю разом із спеціалістами відповідних спеціалізованих підрозділів повинні провести комплексну оцінку проблеми та підготувати пропозиції, програму і збалансовані плани заходів щодо нерухомого майна для керівництва дорожньої організації. Як показують зв'язки, наведені на рисунку, головним напрямком інтегрування трьох компонентів об'єктів нерухомості є економічні аспекти управління.



Рисунок 1 – Фінансово-економічні аспекти об'єктів нерухомості (адаптовано з [12])

Висновки

Реформування дорожньої галузі України зумовлює сучасні підходи до оцінки нерухомого майна підприємств та організацій. На передній план при цьому виходять економічні аспекти оцінки нерухомого майна, які, на нашу думку, повинні бути обґрунтовані шляхом використання сучасних підходів до оцінки та залучення спеціалістів та експертів з оцінки і управління нерухомістю.

Література

1. Концепція реформування системи державного управління автомобільними дорогами загального користування// Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 серпня 2008 р. № 1096 (у редакції розпорядження Кабінету Міністрів України від 3 серпня 2011 р. № 739-р). - Київ, 2008. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/739-2011-%D1%80>
2. Асаул А.М. Економіка нерухомості: Підручник / А.М. Асаул, І.А. Брижань, В.Я. Чевганова. – К.: «Лібра», 2004. – 304 с.
3. Базилевич В.Д. Іпотечний ринок / В.Д. Базилевич, Н.П. Погорельцева. – К.: Знання, 2008. – 717 с.
4. Балабанов И.Т. Экономика недвижимости / И.Т.Балабанов //– СПб.: Питер, 2000. – 208 с. 12. Виноградов Д.В. Экономика недвижимости: Учебное пособие / Д.В. Виноградов. – Владимир: Владим. Гос. Ун-т., 2007. – 136 с.
5. Геллер І.М. Статистика ринку житла: Навч.посібник / І.М. Геллер – К., 2000. – 192 с.
6. Загородній А.Г. Фінансово-економічний словник / А.Г. Загородній, Г.Л. Вознюк – К.: Знання, 2007. – 1072 с.
7. Оценка стоимости недвижимости. / [Грибовский С.В., Иванова Е.Н., Львов Д.С., Медведева О.Е.]. – М.: ИНТЕРРЕКЛАМА, 2003. – 704 с.
8. Стерник Г.М. Системный подход к анализу рынка недвижимости [Електронне джерело]. – Режим доступу:
<http://realtymarket.ru/metodi-eskie-materiali/SISTEMNII-PODHOD-K-ANALIZU-RINKA-NEDVIJIMOSTI-Sternik-G.M..html> - Назва с титульного екрана.
9. Фридман Дж. Анализ и оценка приносящей доход недвижимости. / Дж. Фридман, Н. Ордуэй; [Пер. с англ.] – М.: Дело Лтд, 1997. - 462 с.
10. Харрисон Г.С. Оценка недвижимости: учеб. пособие / Г.С. Харрисон; пер. с англ. И. Артеменков. – М.: Мособлупрполиграфиздат, 1994. – 231 с.
11. Чубук Л.П. Основні чинники формування ринку нерухомого майна / Л.П. Чубук // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – 2002. – № 63.– С. 49-50.
12. Пазинич В.І., Свистун Л.А. Оцінка об'єктів нерухомості: навч. пос. [для студ. вищ. навч. закл.] – К.: Центр учбової літератури, 2009. – 434 с.

УДК 625.658

Сохань В.В.

МЕТОДИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ З УРАХУВАННЯМ СПЕЦИФІКИ ДОРОЖНЬОГО БУДІВНИЦТВА

Анотація. Методи управління відхиленнями знайшли широке застосування у процесах реалізації проекту дорожнього будівництва. При плануванні проводиться перевірка вхідних даних на відповідність нормативам, стандартам та цільовим показникам. На етапі виконання менеджер проекту контролює фактичні дані на відповідність обмеженням та вимогам, встановленим у технічному завданні та договорах з контрагентами, при аналізі та регулюванні виявляє причини відхилень та вносить відповідні корегування.

Результати статті дозволяють визначити зміни відносно початкового обсягу проектних робіт, прогнозувати витрати, час і вплив цих змін на інші роботи, фіксувати інформацію щодо їх реалізації, запроваджувати систему вирішення суперечностей з мінімальними конфліктами.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єктів дослідження – пошук оптимального методу оперативного управління проектами в дорожньому будівництві.

Ключові слова: відхилення, дорожнє будівництво, менеджер, метод, оперативне управління, проект, ресурси.

Аннотация. Методы управления отклонениями нашли широкое применение в процессах реализации проекта дорожного строительства. При планировании проводится проверка входных данных на соответствие нормативам, стандартам и целевым показателям. На этапе выполнения менеджер проекта контролирует фактические данные на соответствие ограничениям и требованиям, установленным в техническом задании и договорах с контрагентами, при

анализе и регулировании выявляет причины отклонений и вносит соответствующие корректировки.

Результаты статьи позволяют определить изменения относительно начального объема проектных работ, прогнозировать расходы, время и влияние этих изменений на другие работы, фиксировать информацию об их реализации, внедрять систему разрешения противоречий с минимальными конфликтами.

Прогнозные предположения по развитию объектов исследования – поиск оптимального метода оперативного управления проектами в дорожном строительстве.

Ключевые слова: отклонение, дорожное строительство, менеджер, метод, оперативное управление, проект, ресурсы.

Annotation. Management by exception found wide application in the implementation of road construction project. While planning test of input data verification is conducted for compliance with regulations, standards and targets. At the stage of fulfilment project manager controls the actual data to comply with the limits and requirements laid down in the specifications and contracts with counterparties in the analysis and regulations identifies the causes of deviations and make appropriate adjustments.

The results of the article allow can determine the change relative to the initial volume of project work to forecast cost, time and impact of these changes on other work fix information concerning their implementation, implement system solution the contradictions with minimal conflicts.

Forecast assumptions about the objects of study – search for the optimal operative projects management method in road construction.

Keywords: deviation, road construction, manager, method, onerative management, project, resources.

Вступ

Методи управління відхиленнями (management by exception) знайшли широке застосування у процесах реалізації проекту дорожнього будівництва. При плануванні проводиться перевірка вхідних даних на відповідність нормативам, стандартам та цільовим показникам. На етапі виконання менеджер проекту контролює фактичні дані на відповідність обмеженням та вимогам,

встановленим у технічному завданні та договорах з контрагентами, при аналізі та регулюванні виявляє причини відхилень та вносить відповідні корегування.

Завданням методів є привернення уваги менеджерів до суттєвих відхилень і здійснення управління за відхиленнями – принцип управління, за яким менеджер зосереджує увагу на значних відхиленнях від плану і не звертає увагу на показники, які виконуються задовільно. Складовою мистецтва управління є вирішення питання про те, які відхилення є суттєвими і потребують уваги. При цьому беруть до уваги розмір відхилення, їх повторюваність, контрольованість, вартість і корисність відхилення, позитивні відхилення [9].

Постановка проблеми

В системі управління процесом реалізації проекту не завжди комплексно та вчасно оцінюються зміни, ризики та проблеми, що призводить до збільшення бюджету проекту, порушення умов договорів та контрактів.

Мета дослідження.

В статті розглянуто методи оперативного управління проектами з урахуванням специфіки дорожнього будівництва.

Результати дослідження.

Під час реалізації проекту завдяки процесам моніторингу та контролю його керівники відстежують обсяг виконаних робіт, витрати ресурсів та часу. Менеджер проекту відстежує відхилення фактичних показників від плану, а за необхідності проводить корегуючі дії для досягнення цілей проекту.

Відхилення від планів і завдань виникають тому, що процес досягнення цілей не легкий. Причинами відхилення можуть бути різного роду непередбачені ситуації, які виникають в процесі виконання плану, ігнорування виконавцями необхідних дій з причин недбалості, стомленості, некомпетентності, недобросовісності, зловживання [7].

Відхилення можуть бути різними за масштабами і наслідками. Якщо вони незначні, на них зовсім можна не звертати уваги, або підлеглі можуть самостійно виправляти становище, не доводячи до відома керівника. При значних відхиленнях, які складають небезпеку для розвитку організації або підрозділу, керівництво вимушене брати управління в свої руки. Для визначення моменту, коли керівництво повинно втручатися в діло, відхилення

класифікують по якісним і кількісним параметрам, строкам, причинам виникнення, ступеню небезпеки з визначенням критичних значень. Якщо останні перевершені, то виникає необхідність втручання керівництва в управлінський процес [3].

Таким чином, керівник бере на себе безпосередню управлінську діяльність тільки у важливих випадках, полягаючи в іншому на досвід і здібності виконавців. Це дозволяє йому не витрачати на пустощі сили та час, скорочувати кількість приймаємих рішень і надавати простір творчості підлеглих. Керівник частину своїх повноважень по прийняттю менш важливих і відповідальних рішень передає підлеглим, не дистанціюючись від них, а спостерігаючи за їх діями і при необхідності виправляючи. Для забезпечення ефективності такої системи, керівник повинен довіряти підлеглим, своєчасно заохочуючи їх за досягнуті успіхи і одночасно не дозволяючи перекладати на нього відповідальність за виконання рішення [3].

При виникненні відхилень проект може отримувати збитки і потрапляти в область наступних витрат: планових, допустимих, критичних та катастрофічних. Допустимі відхилення в процесі реалізації проекту на концептуальній фазі на рівні 15-25% потрапляють в область планових або допустимих витрат. При реалізації та завершенні проекту в область недопустимих витрат потрапляють відхилення 0-3%. Внутрішні відхилення проекту призводять до технологічних змін, похибок у планах та оцінках, помилок у виборі методів, інструментів, організаційної структури та стандартів, змін у контрактах та специфікаціях.

За А. Товбом, ризики, проблеми, зміни тісно пов'язані між собою і повинні розглядатись у рамках єдиної системи управління відхиленнями [4]. Зміни в проекті розглядаються як модифікація раніше узгоджених строків виконання та вартості робіт, управлінських та технологічних процесів [4].

Керівник протягом всього життєвого циклу проекту в кожній предметній області виявляє причини відхилень, контролює та здійснює заходи щодо їх корегування. На основі робіт [2,5,8] зведемо методи управління відхиленнями при реалізації проекту в табл. 1.

Таблиця 1 – Методи управління відхиленнями при реалізації проектів з урахуванням специфіки дорожнього будівництва

Стадії проекту	Причини відхилень	Методи контролю відхилень	Методи корегування відхилень
1. Управління обсягом проекту	- непередбачувані технічні проблеми проекту; - розширення обсягу робіт; - недостатність ресурсів проекту.	- метод скоригованого бюджету (Earned Value).	- формалізація цілей; - формування критеріїв; - корегування цілей.
2. Управління часом	- технічні проблеми; - послідовність робіт невірно визначена; - недоступність ресурсів у потрібні терміни; - не повністю виконані попередні задачі.	- дисперсія, або варіація значень часу на виконання робіт.	- зміна терміну завершення робіт; - зміщення віх.
3. Управління якістю	- результат проекту не відповідає вимогам, стандартам; - нечітке виконання робіт відповідно до проектної документації.	- статистичний (правило 3-х сігм, метод контрольної карти Шухарта); - експертні методи.	- підвищення та пониження якості; - заміна ресурсів.
4. Методи управління вартістю	- технічні проблеми потребують збільшення фінансування; - зафіксоване зниження попередніх оцінок; - погано складений кошторис; - несвоєчасність проведення корегувань; - підвищення цін на ресурси.	- статистичний; - метод скоригованого бюджету; - традиційний (Δ) (розходження по витратах); - визначення терміну окупності проекту; - метод дерева рішень; - аналіз точки беззбитковості; - метод Монте-Карло.	- оптимізація; - рефінансування; - реструктуризація бюджету; - опрацювання бюджетування на пілотних проектах.
5. Управління персоналом	- наявність конфліктів та незгод відносно ідей та методів; - приховані мотиви, особисті конфлікти між учасниками.	- метод дерева рішень.	- управління змінами в роботі персоналу; - управління віртуальною командою.
6. Управління комунікаціями	- перекручення та приховування інформації; - приховування помилок; - недостатня або надмірна формалізація звітності та взаємодії; - відсутність чітких, узгоджених каналів спілкування; - проблеми своєчасного доступу до актуальних документів по проекту; - необґрунтовані (суб'єктивні) пропозиції; - реактивна (емоційна) поведінка учасників відносно отриманого повідомлення.	- традиційний (Δ).	- реорганізація системи комунікацій; - автоматизація; - технічне дооснащення.
7. Управління контрактами	- контракт має обтяжливі задокументовані вимоги; - контракт потребує додаткової роботи щодо погодження.	- статистичний.	- робота з документами; - відстеження; - обговорення процедур змін.

Висновки

Таким чином використання методу управління відхиленнями дозволяє:

- визначити зміни відносно початкового обсягу проектних робіт;
- прогнозувати витрати, час і вплив цих змін на інші роботи;
- фіксувати інформацію щодо їх реалізації;
- інформувати про них вище керівництво;
- запроваджувати систему вирішення суперечностей з мінімальними конфліктами.

Отже, система управління відхиленнями не тільки виявляє відхилення та її наслідки, а і своєчасно дозволяє усунути причини їх виникнення.

Література

1. Батенко Л.П. Управління проектами: навч. посібник / Л.П. Батенко, О.А. Загородній, В.В. Ліщинська. – К.: КНЕУ, 2003. – 231 с.
2. Ковшун Н.Е. Аналіз та планування проектів: навч. посібник / Н.Е. Ковшун. – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 344 с.
3. Рульєв В.А., Гуткевич С.О. Менеджмент: навч. посібник / В.А. Рульєв, С.О. Гуткевич. – К.: Центр учбової літератури, 2011. – 312 с.
4. Товб А.С. Управление проектами: стандарты, методы, опыт / А.С. Товб. – М.: Олимп-Бизнес, 2003. – 240 с.
5. Фунтов В.Н. Основы управления проектами в компании / В.Н. Фунтов. – 2-е изд., доп. – СПб.: Питер, 2008. – 336 с.
6. Економічний аналіз: навч. посібник / М.А. Болюх, В.З. Бурчевський, М.І. Горбатюк; [за ред. акад. НАУН, проф. М.Г. Чумаченка]. – К.: КНЕУ, 2001. – 540 с.
7. Менеджмент в АПК / Ю. Б. Королев, В.Д. Коротнев, Г.Н. Кочетова и др. – М.: Колос С, 2007. – 424 с.
8. Практикум з теорії ймовірностей та математичної статистики: навч. посібник для студ. вищ. навч. закл. / Р.К. Чорней, О.Ю. Дюженкова, О.Б. Жильцов та ін.; [за ред. Р.К. Чорнея]. – К.: МАУП, 2004. – 328 с.
9. Управлінський облік: методика викладання у вищій школі: навч. посібник / О. В. Карпенко. – К. : Центр навч. л-ри, 2007. – 244 с.

Стьожка В., Грицай А., Єгоров Е., Копинець А.

ДВА ЕТАПИ РОЗВИТКУ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ ФАХІВЦІВ ДОРОЖНЬОЇ ГАЛУЗІ

Анотація. У статті наведено результати дослідної експлуатації інформаційно-аналітичної системи для тестування фахівців та окреслено напрямки її подальшого розвитку і впровадження у практику.

Ключові слова: дорожня галузь, знання, інформаційно-аналітична система, тестування, фахівці.

Аннотация. В статье приведены результаты опытной эксплуатации информационно-аналитической системы для тестирования специалистов и намечены направления дальнейшего развития и внедрения в практику.

Ключевые слова: дорожная отрасль, знания, информационно-аналитическая система, тестирование, специалисты.

Abstract. In article it is induced results of the pilot operation information- analytical system for testing professionals and outline directions of further development and implementation in practice.

Keywords: road industry, knowledge, information-analytical system, testing, professionals.

Відповідно до Наказу Державного агентства автомобільних доріг України (Укравтодор) від 15.01.2013 р. № 3 «Про заходи щодо підвищення рівня знань фахівців з якості» з метою удосконалення системи контролю технічного стану автомобільних доріг загального користування та якості дорожніх робіт, було проведено стажування працівників Служб автомобільних доріг та дочірніх підприємств ПАТ «ДАК «Автомобільні дороги України», які здійснюють оцінку технічного стану доріг та контроль якості матеріалів і дорожніх робіт за програмою, розробленою фахівцями ДП «Дорцентр».

Розроблена програма стажування в повній мірі охоплює ключові поняття та методи, які використовуються при контролі якості виконання дорожніх робіт. Програма погоджена та затверджена Укравтодором 08 лютого 2013 р.

У стажуванні взяло участь 130 чоловік, із них (рис. 1):

- представників Служб автомобільних доріг в АР Крим, областях та м. Севастополі – 87 чол.;
- співробітників дочірніх підприємств ПАТ «ДАК «Автомобільні дороги України» – 37 чол.;
- представників приватних підприємств – 6 чол.

Наступним етапом було проведення комісійного (представники ДП «Дорцентр», Служб автомобільних доріг та Дочірніх підприємств) виїзного тестування, спрямованого на:

- перевірку рівня знань всіх працівників Служб автомобільних доріг та дочірніх підприємств ПАТ «ДАК «Автомобільні дороги України», які здійснюють оцінку технічного стану доріг та контроль якості матеріалів і дорожніх робіт;
- розробку пропозицій щодо удосконалення фахової підготовки зазначених фахівців.

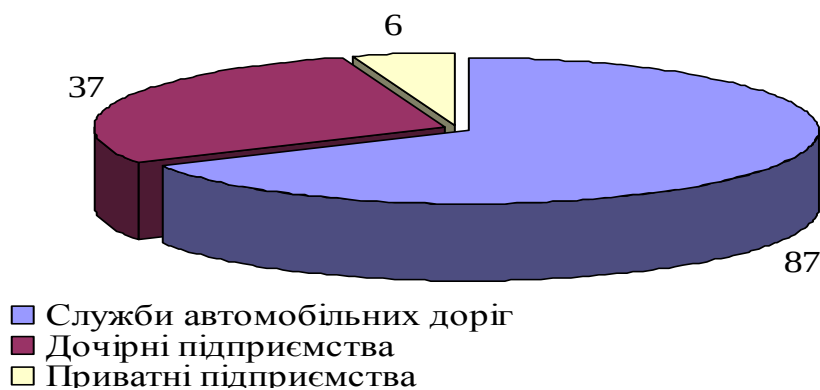


Рисунок 1 – Кількість учасників стажування у 2013 році

Тестування проводилось з використанням комп'ютерної інформаційно-аналітичної системи, розробленої ДП «Дорцентр» на замовлення Укравтодору.

Система дає можливість:

- проводити тестування за різними темами;
- зберігати інформацію про пройдені раніше тестування;
- заносити дані про учасників тестування (посади, контактні телефони, електронні адреси тощо) та підприємства, представники яких брали у ньому участь (назва, місцезнаходження, керівник, банківські реквізити тощо);
- вести широку базу даних із занесенням до неї інформації про пройдені тестування за різними напрямками з зазначенням результатів;
- автоматично формувати свідоцтво з додатком, де зазначені тема тестування та інформація про результати його проходження.

Проведене у 2013 році тестування стало впровадженням зазначеного програмного забезпечення та показало його ефективність, необхідність у подальшому використанні і визначило основні напрямки удосконалення.

У тестуванні взяли участь представники відділів якості, технічного контролю та нових технологій і лабораторій Служб автомобільних доріг в АР Крим, областях та м. Севастополі та представники лабораторій дочірніх підприємств ПАТ «ДАК «Автомобільні дороги України».

Окремі області задля перевірки знань направили на тестування співробітників виробничо-технічного відділу (Запорізька та Чернівецька області), відділу капітального будівництва (Волинська область), тендерно-договірної частини (Волинська область), відділу підготовки виробництва, відділу ремонту та експлуатаційного утримання доріг і штучних споруд (Донецька, Дніпропетровська та Львівська області), відділу організації та безпеки дорожнього руху (м. Севастополь та Львівська область), відділу нагляду за будівництвом (Дніпропетровська область), відділу будівництва і ремонту автомобільних доріг і штучних споруд (Харківська область), відділу інвестиційно-кошторисної роботи, будівництва та ціноутворення (Львівська область).

Тестові завдання рівномірно охоплюють всі етапи контролю якості при будівництві, ремонтах та експлуатаційному утриманні автомобільних доріг. Вони поділені на розділи та підрозділи:

1) терміни та позначені ними поняття. Нормативно-правова база. Основні положення контролю якості в дорожньому господарстві;

2) шляхи підвищення якості виконання основних дорожньо-будівельних робіт:

2.1) підготовчі роботи;

2.2) штучні споруди;

2.3) земляні роботи. Ґрунти як дорожньо-будівельний матеріал.

Виконання робіт у складних ґрунтово-геологічних умовах;

2.4) влаштування шарів дорожнього одягу;

2.5) заключні роботи;

3 питання якості дорожньо-будівельних матеріалів:

3.1) контроль якості матеріалів і виробів у випробувальній лабораторії.

Шляхи вирішення найпоширеніших проблемних питань;

3.2) експрес-методи для контролю якості матеріалів і виробів безпосередньо на об'єкті;

4) контроль якості виконання поточних ремонтів;

5) оцінка транспортно-експлуатаційного стану доріг;

6) контроль якості засобів організації дорожнього руху. Шляхи підвищення безпеки руху;

7) атестація і сертифікація у дорожньому господарстві.

Всього 300 питань було поділено на 15 білетів, які включають по 20 питань кожний. Білети сформовані таким чином, щоб у кожному білеті була однакова кількість питань із кожного розділу задля перевірки знань учасників тестування з усіх напрямків контролю та забезпечення однакової складності білетів. На етапі проведення стажування працівники були ознайомлені зі списком тестових питань. У переліку тестових питань містяться посилання на діючі нормативні документи, де можна знайти відповідь на відповідне запитання, що спонукало при підготовці переглянути нормативні документи, доповнити і поновити знання працівників, ознайомитися з нововведеннями та доповненнями.

У процесі підготовки до тестування була проведена пробна перевірка знань працівників ДП «Дорцентр», оскільки вони безпосередньо виконують контроль якості дорожніх робіт на всіх етапах будівництва, ремонтів та експлуатаційного утримання автомобільних доріг. У результаті була визначена раціональна кількість часу, необхідного для проходження 20 тестових питань (1

білета) однією особою. Прийнято рішення виділяти на 1 білет 10 хвилин часу. Програмне забезпечення дає можливість автоматично припиняти процес тестування при проходженні визначеного проміжку часу.

У проходженні тестування взяли участь 397 фахівців, із них 326 чол. – представники Служб автомобільних доріг у АР Крим, областях та м. Севастополі, 68 чол. – дочірніх підприємств ПАТ «ДАК «Автомобільні дороги України», 3 чол. – приватних організацій (рис. 2).

Якщо виконати аналіз, то в розрізі організацій та областей результати тестування дещо відрізняються, що свідчить про різний рівень фахової підготовки учасників.

Умовно можна визначити такі критерії оцінювання:

0 – 5	вірних відповідей –	дуже низький рівень;
6 – 10	вірних відповідей –	низький рівень;
11 – 15	вірних відповідей –	достатній рівень;
16 – 20	вірних відповідей –	високий рівень

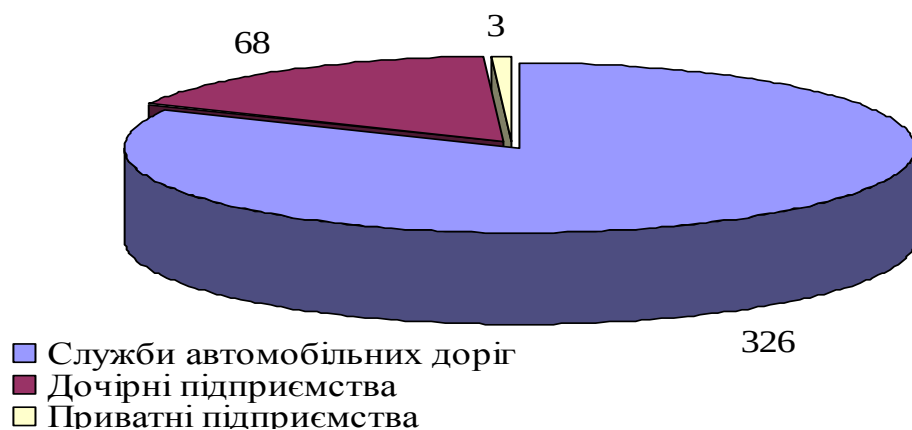


Рисунок 2 – Кількість осіб, які пройшли тестування в 2013 році

Середньозважена кількість вірних відповідей (відношення загальної кількості вірних відповідей до загальної кількості протестованих осіб) складає **16,39**.

З метою отримання об'єктивних висновків проведено аналіз результатів тестування окремо в розрізі областей, підприємств та посадових осіб.

Необхідно відмітити, що підхід та організація підготовки до тестування в областях суттєво відрізнялися, що, у свою чергу, вплинуло на результат. Поряд із відповідальним і ретельним вивченням матеріалу спостерігалися спроби користуватися довідковими матеріалами.

З організаційної точки зору особливо слід відмітити Службу автомобільних доріг у Волинській області, де з метою підготовки до тестування було вжито ряд заходів на офіційному рівні:

1) затверджено графік навчання із закріпленням питань тестування за відповідальними фахівцями, визначено дати (з 20.03 по 05.04.2013 р.) та час проведення (з 16³⁰ до 18¹⁰) занять;

2) опрацьовано тестові завдання та знайдено на них вірні відповіді;

3) складено журнал відвідування занять.

Як результат, фахівці Служби автомобільних доріг у Волинській області показали досить високий рівень знань. В подальшому такий алгоритм можна взяти за приклад при підготовці до подібного роду тестувань.

За результатами першого етапу дослідної експлуатації системи вдалося сформулювати ряд пропозицій та зробити певні висновки:

1. Проведене тестування показало різний рівень підготовки як в розрізі областей і підприємств, так і в розрізі посадових осіб.

Середній бал **по областях:**

– перші три результати:

- Луганська область (19,17 балів);

- Донецька область (19,14 балів);

- Сумська область (18,70 балів);

– останні три результати:

- Запорізька область (14,11 балів);

- Одеська область (13,88 балів);

- Дніпропетровська область (12,77).

У розрізі **Служб автомобільних доріг** в АР Крим, областях та м. Севастополі:

– перші три результати:

- Луганська область (19,20);
- Донецька область (19,17);
- Сумська область (18,67);
- останні три результати:
- Тернопільська область (14,20);
- Запорізька область (12,85);
- Дніпропетровська область (12,63).

У розрізі дочірніх підприємств ПАТ «ДАК «Автомобільні дороги України»:

- перші три результати:
- поділили Вінницька та Львівська області (20,00);
- Харківська область (19,50);
- останні три результати:
- Черкаська область (12,50);
- м. Севастополь (11,00);
- Одеська область (10,75).

Що стосується **керівників відділів якості**, технічного контролю та нових технологій, то необхідно відмітити, що у Вінницькій, Донецькій, Кіровоградській та Хмельницькій областях вони отримали максимально можливий бал. Найнижчий бал – у начальника відділу якості, технічного контролю та нових технологій Служби автомобільний доріг у Житомирській області.

Стосовно **начальників лабораторній Служб** автомобільних доріг в АР Крим, областях та м. Севастополі:

- найвищий бал (20 вірних відповідей) отримано у Вінницькій, Житомирській, Івано-Франківській, Луганській, Черкаській, Чернігівській, Чернівецькій областях та АР Крим;
- найнижчий – у Дніпропетровській та Запорізькій областях (9,00).

Серед **начальників лабораторій дочірніх підприємств** ПАТ «ДАК «Автомобільні дороги України» найвищі бали отримали фахівці Донецької, Запорізької, Кіровоградської та Львівської областей; найнижчі – Закарпатської та Дніпропетровської.

2. Проведення подібного роду тестування мотивує фахівців з якості у ході підготовки до його проходження поновляти знання діючих нормативних документів та ознайомлюватися з нововведеннями та змінами до них.

3. Оскільки в інших галузях існує практика проведення фахового контролю знань, було б доцільно розробити Положення про галузеву атестацію фахівців і проводити її систематично.

Підтвердженням цього є те, що це не одноосібна думка ДП «Дорцентр». Вона співпадає з думкою вчених: так, в публікації доктора наук, професора кафедри аеропортів Національного транспортного університету Гамеляка І.П. «По вибоїнах далеко не зайдеш, або чому виникає ямковість та які її наслідки» [1] сказано:

«...поради для покращення якості автомобільних доріг...»

...16. Запровадження системи регулярного підвищення кваліфікації науковців й обов'язкового технічного навчання інженерно-технічних працівників дорожньої галузі та ознайомлення із сучасними технологіями та матеріалами.

17. Проведення в усіх дорожніх установах та організаціях атестації працівників з метою оцінки рівня відповідності їх професійної кваліфікації критеріям і стандартам...».

4. Було б доцільно розробити окремі тестові завдання і провести тестування інших структурних підрозділів Служб автомобільних доріг в АР Крим, областях та м. Севастополі та дочірніх підприємств ПАТ «ДАК «Автомобільні дороги України». Це дасть змогу визначати та контролювати рівень знань представників дорожньої галузі, задіяних на кожному етапі виконання дорожніх робіт.

5. Дослідна експлуатація програмного забезпечення показала її ефективність, простоту використання і спрощення процесу тестування. В результаті проведеної роботи була отримана об'єктивна інформація стосовно реального рівня знань працівників Служб автомобільних доріг в АР Крим, областях та м. Севастополі та дочірніх підприємств ПАТ «ДАК «Автомобільні дороги України», які здійснюють оцінку технічного стану доріг та контроль якості матеріалів і дорожніх робіт, вирахований середній бал по Україні, видані

свідоцтва з додатками, які вміщують результати тестування кожного окремого учасника.

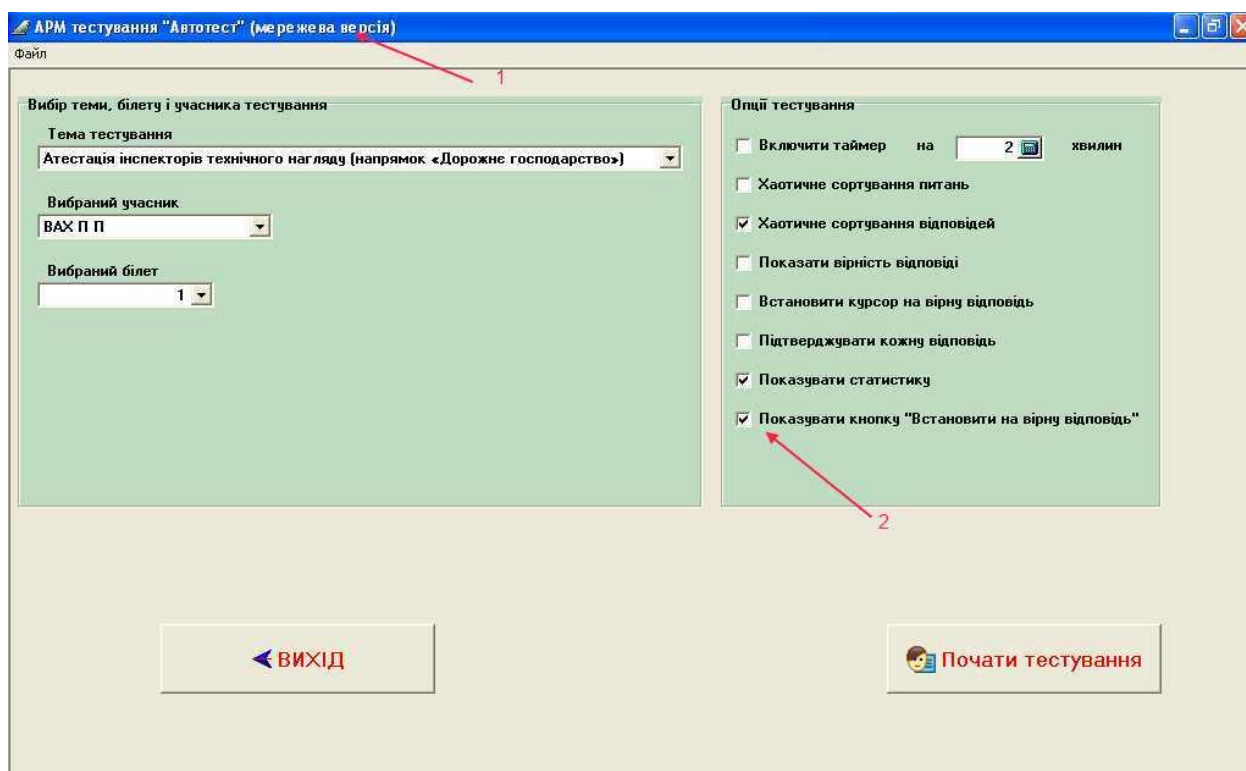


Рисунок 3 – Вікно налаштування програми тестування

В той же час, виявлені напрямки подальшого удосконалення.

6. Проведення тестувань, стажувань та інших пов'язаних із ними заходів слід проводити і в подальшому згідно із затвердженими і погодженими у відповідному порядку документами, де буде зазначено критерії оцінювання, періодичність, значення отриманих результатів, відповідальне за організацію і проведення підприємство (ДП «Дорцентр») та відповідно до розроблених та ретельно спланованих календарних графіків.

І от, як розвиток і продовження роботи, розпочатої у 2012 році, в 2015 році розпочато доопрацювання системи та другий етап її дослідної експлуатації.

На сьогодні вже отримано вагомий результати.

За результатами доопрацювання були внесені зміни у програму тестування, а також були внесені тестові питання за трьома новими напрямками.

– були внесені зміни у програмне забезпечення та передбачено можливість об'єднувати декілька комп'ютерів з занесенням інформації до єдиної бази даних (рис. 3, позн. 1);

– проведене доопрацювання програми для розширення її функцій у плані використання в якості навчальної програми: додана можливість за допомогою вибору опції «Показувати кнопку «Встановити на вірну відповідь» (рис. 3, поз. 2) використовувати кнопку «Встановити на вірну відповідь» (рис. 4, поз. 7), яка встановлює курсор на вірну відповідь;

– для оновлення бази даних тестування був доданий пункт меню «Оновити базу даних» (рис. 5, поз. 1);

– внесені зміни в оформлення інтерфейсу блоку тестування (збільшений шрифт, виділене місце у вигляді квадрата для вибору відповідей тощо) (рис. 4, позн. 1, 2, 3, 4, 5, 6);

– у програмному забезпеченні передбачили можливість формувати розгорнуті висновки, де були б відображені всі питання білету із зазначенням правильності відповіді. Це дало можливість проводити аналіз результатів пройденого тестування та виявляти напрямки, яким необхідно приділити увагу при формуванні тестових завдань та програм стажування в подальшому (рис. 6);

– була передбачена можливість пропускати складні питання і повертатися до них пізніше.

З метою дослідної експлуатації доопрацьованої версії інформаційно-аналітичної системи було проведено пробне тестування трьох служб автомобільних доріг: у Київській, Львівській та Сумській областях, – за такими напрямками:

- кошторисне ціноутворення. Дорожня галузь;
- експлуатаційне утримання автомобільних доріг та безпека руху;
- лабораторні випробовування дорожньо-будівельних матеріалів та конструкцій.

Проведене тестування показало різноманітність результатів по трьом обраним областям (рис. 7).

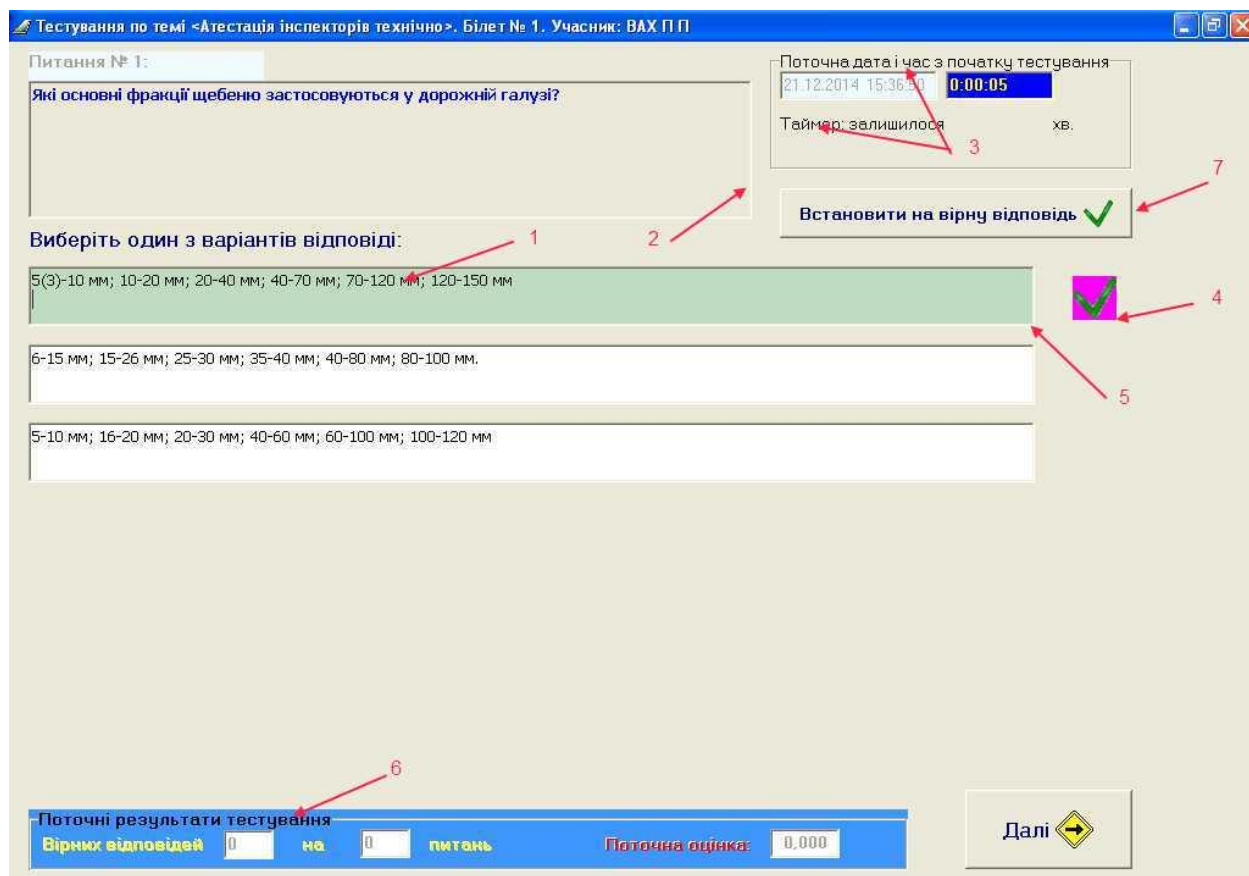


Рисунок 4 – Робоче вікно програми тестування

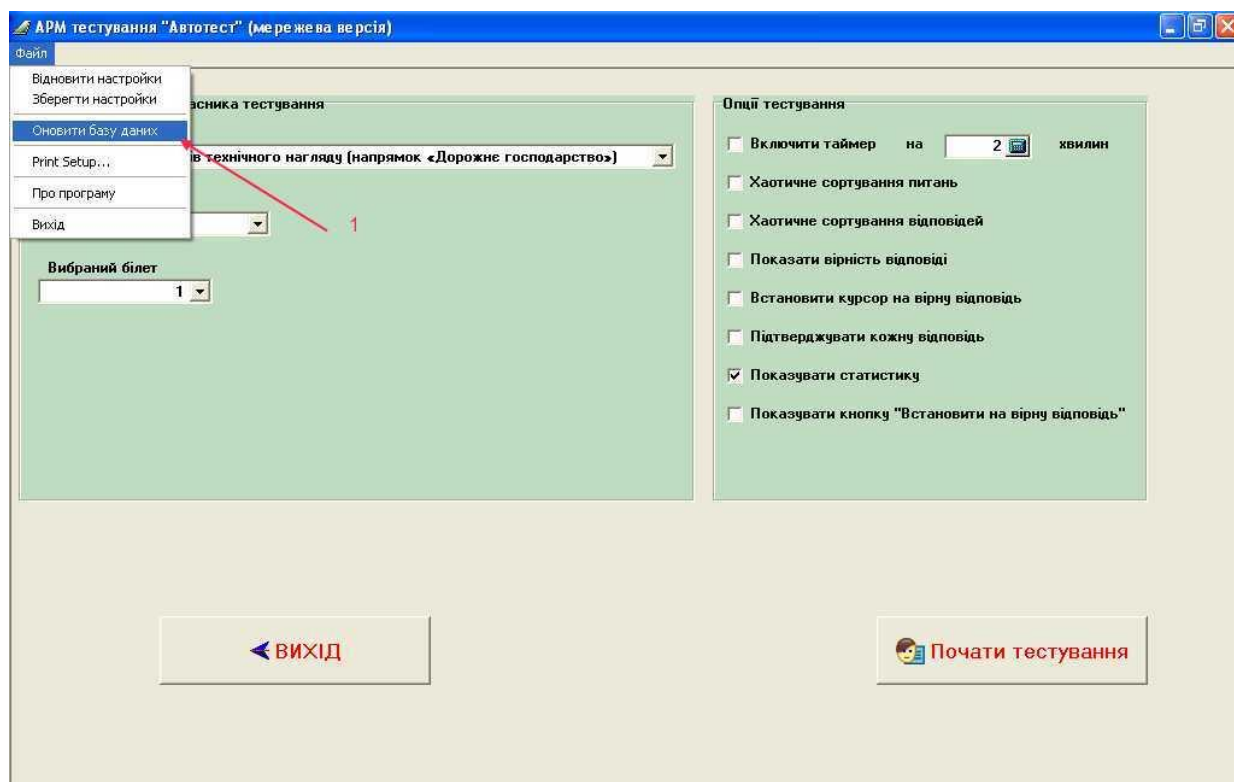


Рисунок 5 – Вікно налаштування програми тестування

База тестування. Автодор. Користувач: Адміністратор - [Результати тестування.Розширені результати]

Повторити

Умови

Деталі

Таблиця

ПІБ: Не обрано

Підприємство: Не обрано

ПІБ: Герасименко А.М.

Прізвище/ім'я/по-батькові (повне): Герасименко Анатолій Миколайович

Підприємство: ДП ДНТЦ "Дор'якість"

Чоловік/жінка: Чоловік

Посада: Директор

Телефон: 050-469-17-41

E-mail:

Результати тестування

Тема	Дата тестування	Результат тестування	Оцінка теста (округлена)	Оцінка теста (точна)	Ві
Контроль якості при будівництві, реконструкції, р	16.11.2012 16:02:47	Тестування зараховано	5	5	

Розширені результати

Питання	Вірність відповіді
Які основні фракції щебеню застосовуються у дорожній галі?	Вірна відповідь
Які породи відносяться до вивержених гірських порід?	Вірна відповідь
Що таке щебеневе - піщана суміш?	Вірна відповідь

Сортувати: Без сортування

Знайти елемент

Рисунок 6 – Результати проведеного тестування

Середній бал по трьох областях відділів експлуатації та безпеки руху:

- Київська – 11,75 (кількість учасників – 8 чел.);
- Львівська – 9,75 (кількість учасників – 4 чел.);
- Сумська – 8,60 (кількість учасників – 9 чел.).

Середній бал по трьох областях лабораторій з якості виробництва:

- Київська – 9,50 (кількість учасників – 2 чел.);
- Львівська – 10,67 (кількість учасників – 3 чел.);
- Сумська – лабораторія відсутня.

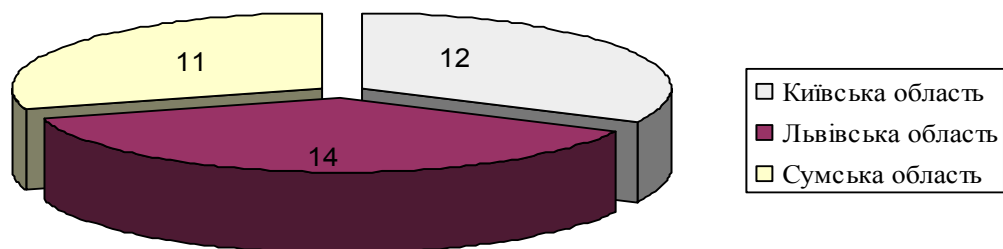


Рисунок 7 - Кількість осіб, які пройшли тестування в 2015 році

Середній бал по трьох областях відділів інвестиційно-кошторисного ціноутворення:

- Київська – 11,50 (кількість учасників – 2 чол.);
- Львівська – 9,57 (кількість учасників – 7 чол.);
- Сумська – 9,00 (кількість учасників – 2 чол.).

Проведене у 2015 році тестування є підтвердженням доцільності впровадження зазначеного програмного забезпечення та ще раз довело його ефективність і необхідність у подальшому використанні.

Необхідно у майбутньому для розвитку даного програмного забезпечення та систематичного контролю рівня знань:

- програмні блоки такого типу доцільно встановити у Службах автомобільних доріг у областях та обслуговуючих організаціях із занесеними тестовими завданнями на різні теми для періодичного проведення самостійного тестування;

- періодично робити оновлення тестових завдань з урахуванням змін у нормативній базі, введенням в дію нових документів, впровадженням новітніх матеріалів і технологій тощо;

- як було зазначено раніше, необхідно розробити Положення про галузеву атестацію фахівців і проводити її систематично.

Література

1. Гамеляк І.П. На вибоїнах далеко не заїдеш або чому виникає ямковість та які її наслідки / І.П. Гамеляк // Дорожня галузь. – 2013. – № 2. – С. 14-24.

УДК 551.509.33+625.731.2

Артеменко В.А., Петрович В.В., канд. техн. наук

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОЛІВ ПРИРОДНИХ ПРОЦЕСІВ МЕТОДАМИ ХАОТИЧНОЇ ДИНАМІКИ

Анотація. Запропонований сучасний підхід до прогнозування полів природних процесів методами хаотичної динаміки.

У якості розрахункового апарату використаний ефективний метод локальної аппроксимації (LA-метод).

Об'єкт дослідження – поля природних гідрометеорологічних процесів.

Мета роботи – розробка та дослідження методу прогнозування полів природних процесів.

Для демонстрації високих можливостей запропонованого метода виконане довгострокове прогнозування середньомісячних полів приземного тиску.

Обговорюється вплив параметрів прогнозування на кінцевий результат прогнозу.

Ключові слова: поля природних процесів, метод локальної аппроксимації, прогнозування природних полів, якість прогнозування полів.

Аннотация. Предложен современный подход к прогнозированию полей природных процессов методами хаотической динамики.

В качестве расчетного аппарата использован эффективный метод локальной аппроксимации (LA-метод).

Объект исследования - поля природных гидрометеорологических процессов.

Цель работы - разработка и исследование метода прогнозирования полей природных процессов.

Для демонстрации высоких возможностей предложенного метода выполнено долгосрочное прогнозирование среднемесячных полей приземного давления.

Обсуждается влияние параметров прогнозирования на конечный результат прогноза.

Ключевые слова: поля природных процессов, метод локальной аппроксимации, прогнозирование природных полей, качество прогнозирования полей.

Annotation. Modern approach is offered to forecasting the natural processes fields by chaotic dynamic methods.

It was used Local Approximation (LA) method.

Object of the research are a fields of natural hydrometeorological processes.

Purpose of the investigations is design and study method of the forecasting natural processes fields.

Long-term forecasting mean – month fields of the atmospheric pressure was executed for demonstration of the high possibilities of the offered method.

Is discussed influence the parameters forecasting for result of the forecast.

Keywords: fields of the natural processes, Local Approximation (LA) method, natural processes fields forecasting, quality of the fields prediction.

Введение

В последнее время установлено, что в своём большинстве природные процессы порождают временные ряды особой природы. Такие ряды по своим свойствам в большей или меньшей степени похожи на детерминированно-хаотические ряды.

Как известно, ряд можно считать хаотическим, если главный показатель Ляпунова имеет положительное значение.

Определение нами показателя Ляпунова для различных природных рядов показало, что значение его для таких рядов существенно отлично от нуля и положительно.

С этих позиций уже можно говорить о хаотичности природных рядов.

Несмотря на то обстоятельство, что природные ряды не являются в полной мере рядами детерминированно-хаотическими, применение методов хаотической динамики для анализа и прогноза этих рядов в большинстве своём оправдано.

Часто даже оказывается, что прогнозирование некоторых природных временных рядов возможно только при использовании методов хаотической динамики.

Ранее в наших работах рассматривались особенности прогнозирования одномерных природных временных рядов (рядов температуры воздуха, расходов воды на конкретных участках, и др.) методами хаотической динамики.

Целью настоящего исследования является демонстрация возможностей прогнозирования полей природных процессов этими методами.

Как оказалось, используемый нами ранее метод локальной аппроксимации (**ЛА-метод**) нулевого порядка можно успешно применять и для прогнозирования самых различных природных полей.

При этом прогнозирование возможно для полей с различным временем усреднения, а время адекватного прогноза диктуется свойствами прогнозируемой системы.

Особенности прогнозирования полей природных процессов

ЛА-методом

Как известно, наиболее полно природные процессы описываются полями. Например, это могут быть поля температуры воздуха, осадков, приземного давления, гидрологические поля (скоростей течения, уровней поверхности реки, расходов воды), различные гидрохимические поля и пр.

При прогнозировании поведения таких полей возможны два основных подхода.

Первый подход – это поточечное прогнозирование поля.

В этом случае поля представляются дискретно, т.е. значениями в отдельных точках (например, в точках с определёнными значениями широты и долготы). Результаты прогнозирования в каждой точке поля являют собой одномерный временной ряд. В итоге получаем прогноз для всего поля.

Такой подход к прогнозированию полей имеет ряд достоинств:

- возможность использования неравномерной координатной сетки;
- возможность для каждой координатной точки поля устанавливать свои параметры прогнозирования, что позволяет в итоге легко выявлять аномальные зоны и получать адекватный прогноз в таких зонах (учитывая различия в оптимальных параметрах прогнозирования в разных точках поля);
- непосредственно применять процедуру прогнозирования одномерных временных рядов к прогнозированию всего поля (без каких-либо модификаций).

К недостаткам такого подхода к прогнозированию полей следует прежде всего отнести необходимость в больших вычислительных ресурсах (большому времени вычислений).

При втором подходе прогнозирование выполняется не отдельно в каждой точке поля, а как нечто целое (ансамбля точек), что представляется более естественным.

Заметим, что если первый подход к прогнозированию полей оказывается неэффективным с точки зрения времени вычислений, то второй подход менее эффективен с точки зрения использования оперативной памяти (что может оказаться существенным при прогнозировании достаточно больших полей).

Далее кратко рассмотрим практическую реализацию второго подхода к прогнозированию природных полей – прогнозирование с помощью одного из методов хаотической динамики – метода локальной аппроксимации (метода **ЛА**) нулевого ряда [1].

Поскольку основной задачей данного исследования является демонстрация возможностей прогнозирования полей природных процессов **ЛА**-методом, было выбрано поле, интерпретация которого во времени очевидна (результаты прогноза легко анализируются даже без специального вычисления меры качества прогноза).

Отметим, что метод **LA** позволяет выполнять прогноз сразу на N временных интервалов, без обязательного нахождения полей для всех промежуточных моментов времени. Для такой прямой (не итеративной) процедуры накопления ошибок на каждом шаге прогнозирования в принципе не свойственно [1].

Объем обрабатываемых данных позволяет выполнять прогнозы полей даже на обычных ПЭВМ практически мгновенно.

Пример прогнозирования поля и обсуждение результатов

На вход процедуры прогнозирования поступали среднемесячные фактические поля давлений с января 1987 г по декабрь 2011 г.

Поля предварительно подвергались достаточно сильной фильтрации. Если исходные поля не фильтровать, качество прогноза значительно ухудшается.

Прогнозирование выполнялось на один, два, ... шесть месяцев, начиная с января 2012 г.

Сравнивая прогнозные поля давлений с полями фактическими, делали соответствующие выводы о качестве прогноза.

На рис.1 представлено фактическое поле давления на январь 2012 г, на рис.2 – прогнозное поле для этого месяца.

Число аналогов, находимых для текущего вектора состояния, принималось равным $NNV=1$. При этом следует отметить весьма высокое качество прогноза. Естественно, что полного совпадения полей не достигается.

На рис. 3 представлено фактическое поле давления на февраль месяц 2012 г, на рис. 4 – прогнозное поле ($NNV=1$).

Сравнивая фактическое и прогнозное (на два месяца вперед) поля давлений, делаем вывод о достаточно высоком качестве прогноза (несколько хуже, чем на месяц вперед).

На рис. 5 представлено фактическое среднемесячное поле давления на март 2012г,

На рис. 6 – прогнозное поле для этого месяца ($NNV=1$).

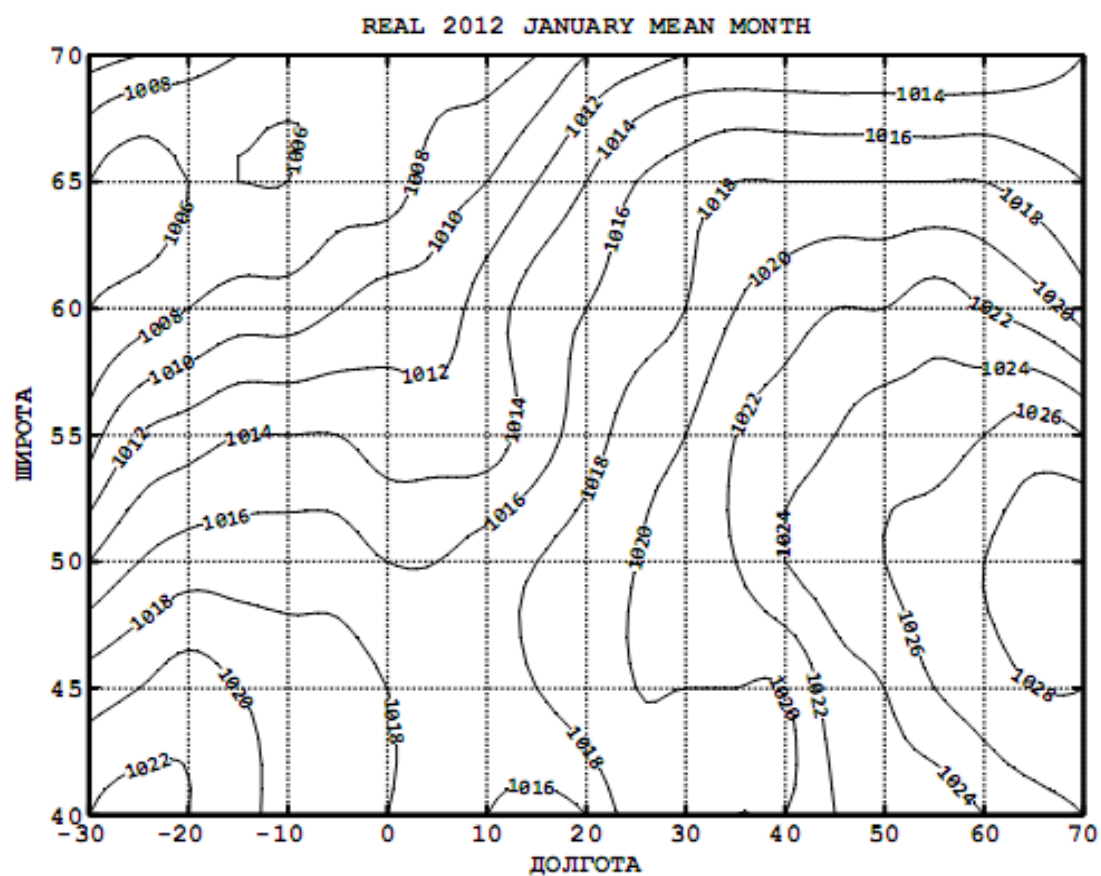


Рисунок 1

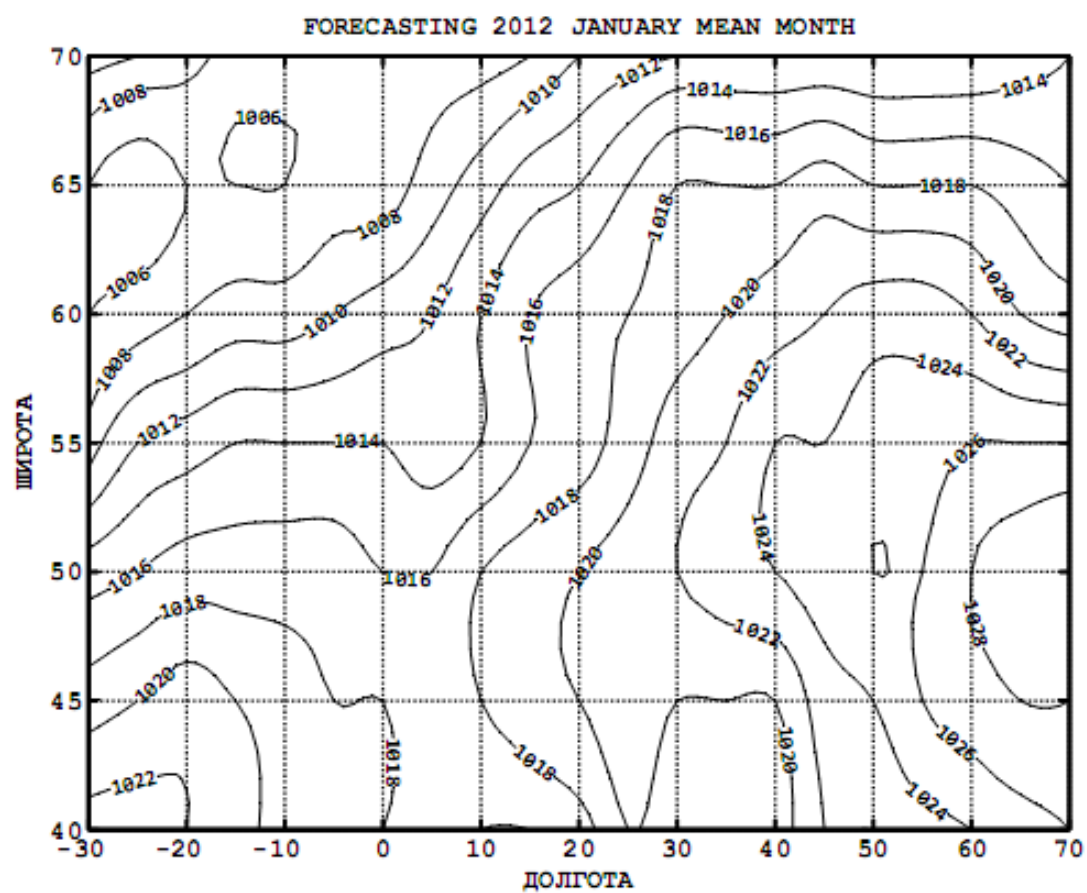


Рисунок 2

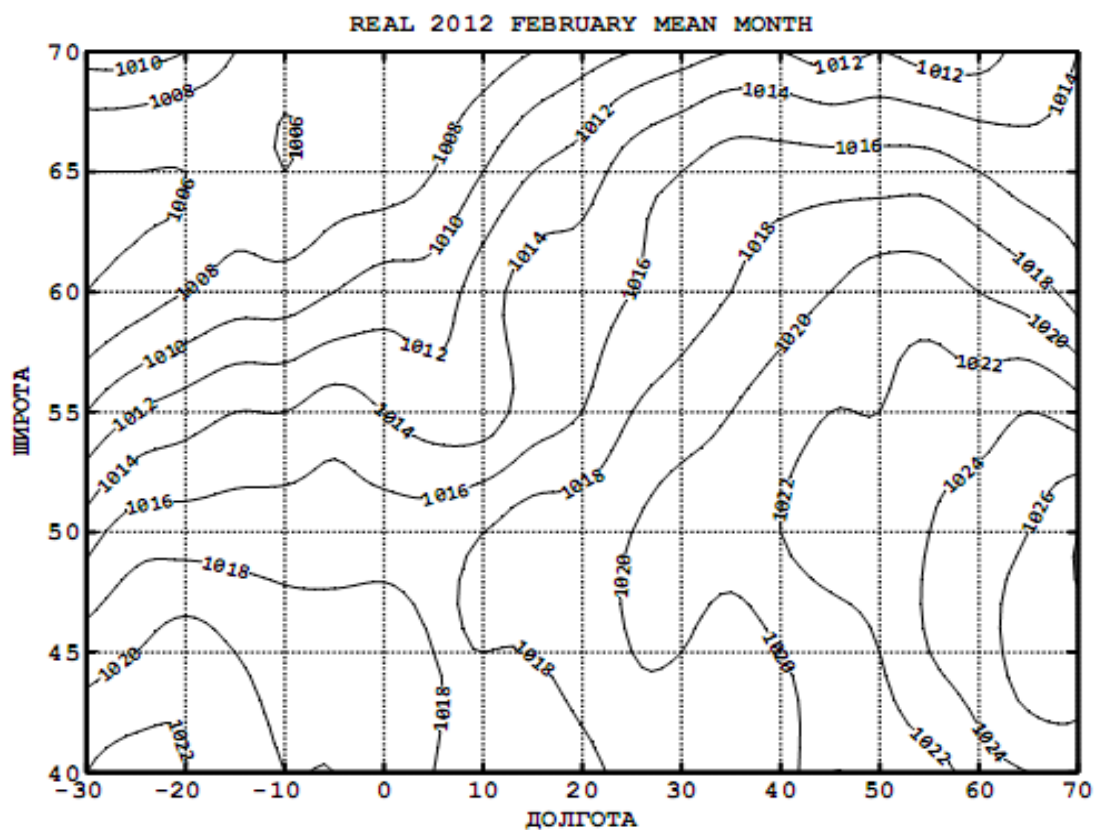


Рисунок 3

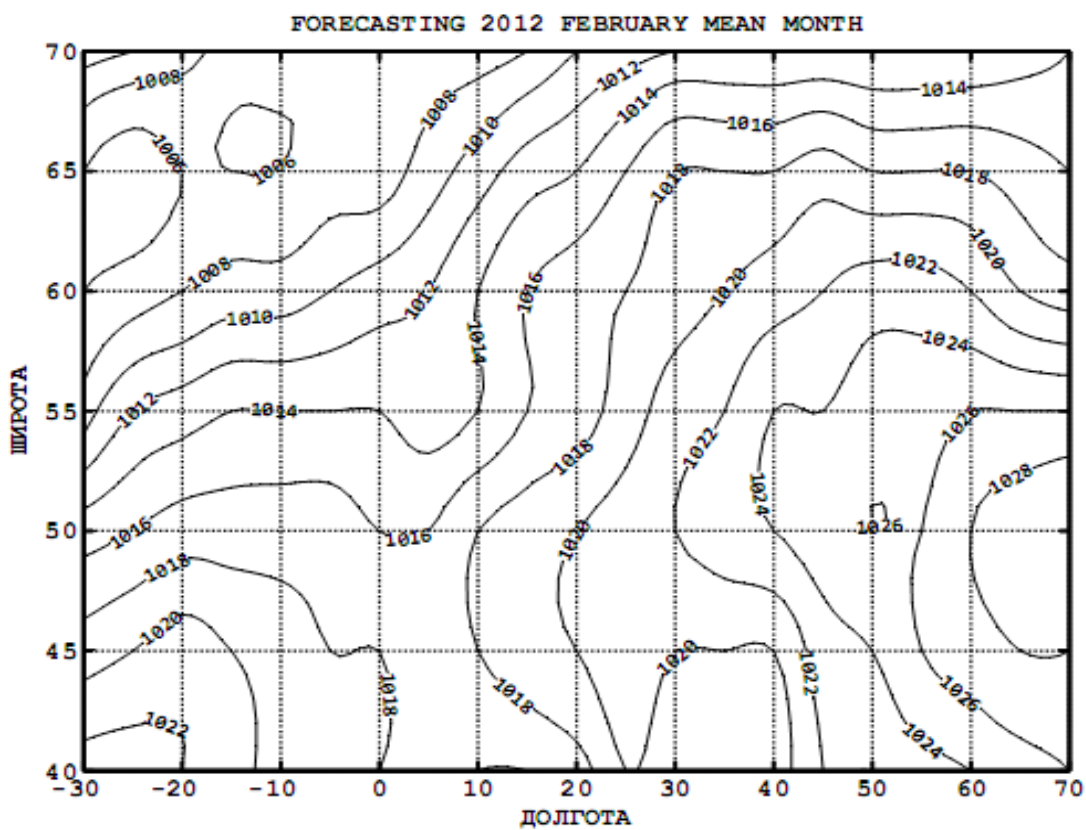


Рисунок 4

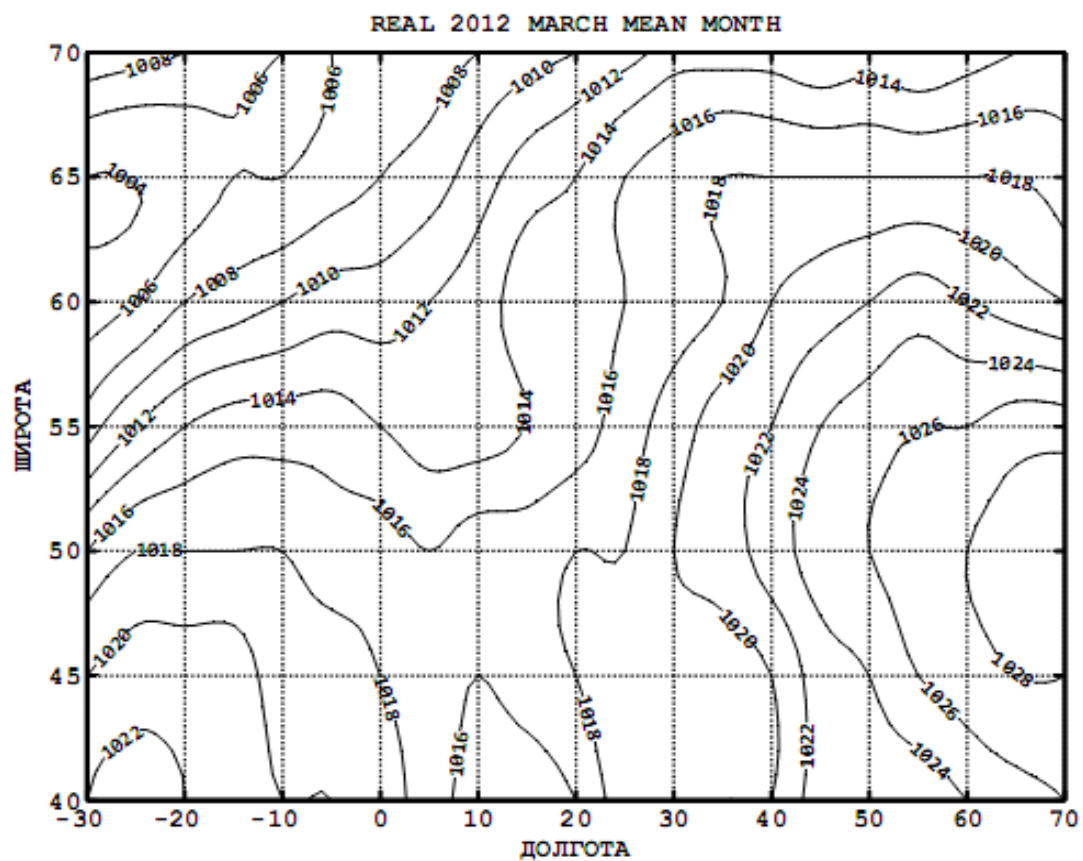


Рисунок 5

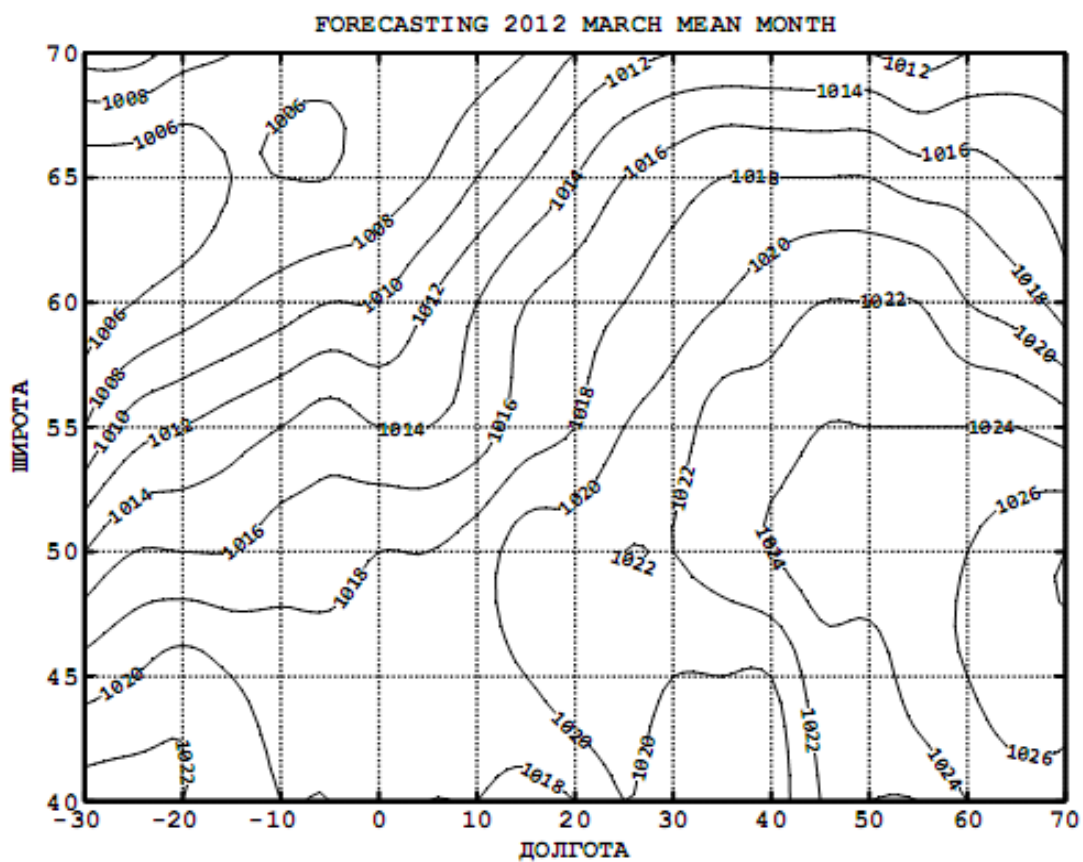


Рисунок 6

В данном случае также можно говорить о хорошем качестве прогноза, поскольку сигнатура поля, т.е. центры высокого и низкого давления, а также их месторасположение, прогнозируются правильно.

С достаточно высокой степенью точности прогнозируются и величины давления (с соответствующей привязке к координатной сетке).

Удовлетворительные для практики результаты получены при прогнозировании на апрель-июнь месяцы 2012г.

Следует отметить, что при таком подходе к прогнозированию теряется управление над параметром прогнозирования **DIM** (размерностью реконструированного фазового пространства, равной числу столбцов траекторной матрицы).

В данном случае параметр прогнозирования **DIM** будет всегда равен размеру поля для одного месяца, представленного количеством соответствующих точек.

Однако управление таким параметром как число находимых (выбираемых) аналогов **NNV** тем не менее позволяет достигать наилучших результатов при прогнозировании.

С целью оценки влияния количества аналогов **NNV** на качество прогноза был выполнен прогноз поля приземного давления на январь месяц 2012г. при числе аналогов, равном соответственно 2...10, 15, 20, 25 и 50.

Анализируя прогнозные поля давлений по мере увеличения количества находимых аналогов, можно утверждать, что качество прогноза при этом снижается.

При числе находимых аналогов $NNV > 10$ отмечается дальнейшее (более существенное) ухудшение качества прогноза.

Поскольку в данном примере длина (количество строк) формируемой траекторной матрицы составляет около 300, нахождение нескольких реальных аналогов вряд ли возможно. Увеличение числа находимых аналогов приводит только к ухудшению качества прогноза.

В данном случае реализуется сценарий, характерный при прогнозировании модельных одномерных хаотических рядов, когда высокое качество прогноза достигается только при использовании малого числа находимых аналогов ($NNV = 1...3$).

В заключение отметим, что по сравнению с применяемыми в настоящее время методами прогнозирования природных полей качество прогноза данным методом может рассматриваться как высокое и пока недостижимое для других методов.

Так, время опережения прогноза при его высоком качестве достигало в данном случае как минимум 2-3 месяца, а полученное прогнозное поле практически совпадало с полем реальным.

Анализ результатов прогноза свидетельствует о существенно детерминированном характере прогнозируемых природных полей, и в этой связи вероятностные методы прогноза не могут давать априори адекватных результатов.

Выводы

1. При прогнозировании поведения полей природных процессов возможны два основных подхода.

Первый подход - поточечное прогнозирование поля, когда результаты прогнозирования в каждой его точке представляют собой одномерный временной ряд.

Второй подход – прогнозирование выполняется для всего ансамбля точек, что представляется более естественным.

2. Применение методов хаотической динамики при прогнозировании полей природных процессов в большинстве своём даёт положительные результаты.

Качество прогноза данным методом может рассматриваться как достаточно высокое.

3. Анализ полученных результатов свидетельствует о существенно детерминированном характере прогнозируемых природных полей.

В этой связи применение вероятностных методов прогноза не может давать априори адекватных результатов.

Литература

1. Артеменко В.А., Петрович В.В. Прогнозування нерегулярних часових рядів методом локальної аппроксимації // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. - Вип. 86. -К.: Вид-во НТУ. - 2012. - С. 176-195.

МЕТОД АНАЛОГІЙ ПРИ РОЗРАХУНКУ ШАРУВАТИХ ПЛИТ

Анотація. В статті запропонована нова методика визначення уточнених компонентів напружено-деформованого стану (НДС) шаруватих композитних плит. Уточнення виконано за рахунок врахування деформацій поперечного зсуву, що, на відміну від класичної теорії, дозволяє врахувати викривлення нормалі. Методика побудована на застосуванні математичної аналогії між рівнянням зсуву та класичним рівнянням згину тонкої плити.

Ключові слова: математична аналогія, поперечний зсув, композитні плити, напружено-деформований стан.

Аннотация. В статье предложена новая методика определения уточненных компонентов напряженно-деформированного состояния (НДС) слоистых плит. Уточнение выполнено за счет учета деформаций поперечного сдвига, что, в отличие от классической теории, позволяет учитывать искривление нормали. Предложенная методика расчета построена на использовании математической аналогии между уравнением сдвига и классическим уравнением изгиба тонкой пластины.

Ключевые слова: математическая аналогия, поперечный сдвиг, композитные плиты, напряженно-деформированное состояние.

Abstract. In this article it is proposed a new method of finding specified stress-strain state components of layered composite slabs. The methodic is based on using mathematical analogy of shear equation and that of classical bending of the thin slab.

Keywords: mathematical analogy, transverse shear, composite slabs, stress-strain state.

Шаруваті плити мають характерну особливість – низьку трансверсальну жорсткість при поперечному зсуві. Нормаль в таких конструкціях суттєво викривляється, причому в різній мірі для різних шарів. Для виведення рівнянь теорії шаруватих плит всі шари приймаються трансверсально-ізотропними, а

також вважається, що умови контакту шарів забезпечують їх сумісну роботу без проковзування та відриву.

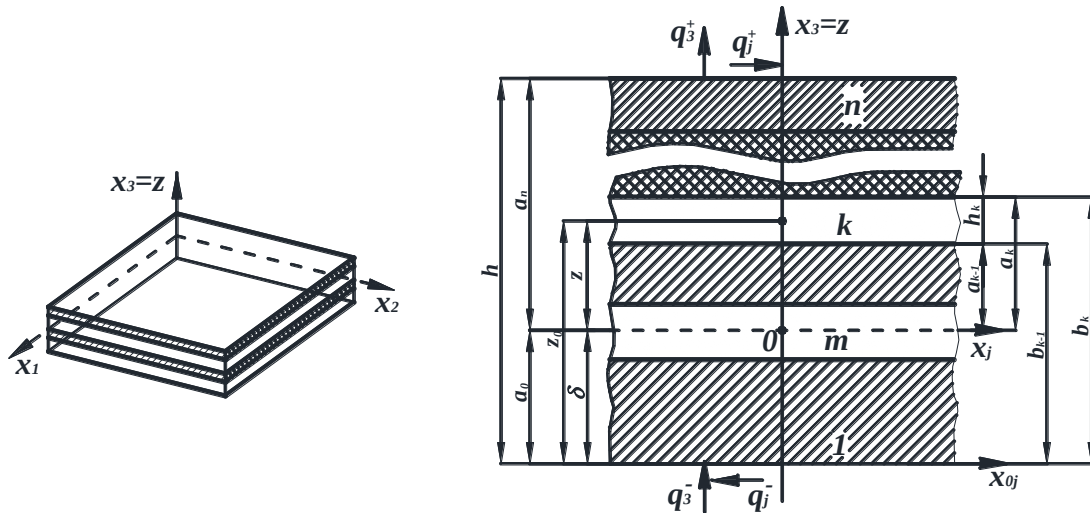


Рисунок 1 – Конструкція шаруватої плити

Положення поверхні приведення (рис.1) обрано, виходячи з умови $B_1 = 0$, тобто

$$B_1 = \int_{a_0}^{a_n} E_{0k} z dz = \sum_{k=1}^n E_{0k} \int_{a_{k-1}}^{a_k} z dz = 0. \quad (1)$$

$$\text{Враховано, що } z = z_0 - \delta, \quad a_k = b_k - \delta, \quad a_{k-1} = b_{k-1} - \delta, \quad (2)$$

звідки отримується координата поверхні приведення

$$\delta = \frac{\sum_{k=1}^n E_{0k} \int_{b_{k-1}}^{b_k} z_0 dz_0}{\sum_{k=1}^n E_{0k} \int_{b_{k-1}}^{b_k} dz_0}. \quad (3)$$

Для виведення спрощеного рівняння для шаруватих пластин використані наступні припущення:

- відсутність тангенційних навантажень $q_j^{\pm} = 0$;
- відсутність тангенційних переміщень на рівні поверхні приведення дорівнюють нулю $u_j = 0$;
- для всіх шарів приймається приведений модуль пружності

$$E_{np} = 12D_{11}(1 - \nu_{np}^2)/H^3 \quad (4)$$

та приведений коефіцієнт Пуассона

$$\nu_{np} = B_v/B, \quad (5)$$

$$\text{де } B_v = \sum_{k=1}^n E_{0k} \int_{a_{k-1}}^{a_k} v_k dz = \int_{a_0}^{a_n} E_{0k} v_k dz = 0.$$

Отже, при таких припущеннях, отримано систему рівнянь рівноваги шаруватих плит в переміщеннях

$$\begin{cases} D_{21}\Delta^2 w + D_{22}\Delta^2 \chi - D_{21}\Delta \chi = 0; \\ D_{11}\Delta^2 w + D_{12}\Delta^2 \chi = q, \end{cases} \quad (6)$$

де $q = q_3 = q_3^+ + q_3^-$ – нормальне навантаження на лицьових поверхнях плити;

D_{11} – жорсткість, що враховує згин;

D_{22} – жорсткість, що враховує зсув;

$D_{12} = D_{21}$ – жорсткість взаємовпливу згину та зсуву.

Система (6) має загальний восьмий порядок. На кожному краю повинні бути виконані наступні граничні умови. Для краю $x_1 = \text{const}$ маємо (рис.1):

$$\text{шарнірне обпирання} - w = \chi = 0; M_{11}^{(1)} = M_{11}^{(2)} = 0; \quad (7)$$

$$\text{жорстке закріплення} - w = \chi = 0; w_{,1} = \chi_{,1} = 0; \quad (8)$$

$$\text{вільний край} - M_{11}^{(1)} = M_{11}^{(2)} = 0; M_{11,1}^{(1)} + 2M_{12,2}^{(1)} = 0; M_{11,1}^{(2)} + 2M_{12,2}^{(2)} - Q_1^{(2)} = 0. \quad (9)$$

Для подальших перетворень рівнянь системи (6) використано наступну наближену залежність між характеристиками жорсткості

$$D_{22}/D_{21} \approx D_{21}/D_{11}, \quad (10)$$

що дозволяє представити систему рівнянь (6) у вигляді

$$\begin{cases} D_{11}\Delta \chi = q; \\ D_{11}\Delta^2 w + D_{12}\Delta^2 \chi = q. \end{cases} \quad (11)$$

В розгорнутій формі система (11) має вигляд

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 \chi}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 \chi}{\partial x_2^2} = \frac{q}{D_{11}}; \\ \left(\frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2} \right) \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} \right) + \frac{D_{12}}{D_{11}} \left(\frac{\partial}{\partial x_1^2} + \frac{\partial}{\partial x_2^2} \right) \left(\frac{\partial \chi}{\partial x_1^2} + \frac{\partial \chi}{\partial x_2^2} \right) = \frac{q}{D_{11}}. \end{cases} \quad (12)$$

Якщо прийняти $G_k' = \infty$ і, як наслідок, $D_{12} = D_{21} = 0$, то друге рівняння системи (12) буде диференціальним рівнянням згину тонкої плити, що засновано на гіпотезі плоских перерізів:

$$\left(\frac{\partial^2}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2}{\partial x_2^2}\right)\left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2}\right) = \frac{q}{D_{11}}. \quad (13)$$

Згідно перетворенню Marcus Н., викладеному С.П. Тимошенком та Войновські-Кригером, диференційне рівняння четвертого порядку (13) можливо замінити системою двох рівнянь другого порядку, а саме

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 M}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial x_2^2} = -q; \\ \frac{\partial^2 w}{\partial x_1^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial x_2^2} = -\frac{M}{D_{11}}, \end{cases} \quad (14)$$

де M – узагальнений вираз для розподілених згинальних моментів.

$$M = (M_{11} + M_{22})/(1 + \nu_{np}) = (M_{x1} + M_{x2})/(1 + \nu_{np}). \quad (15)$$

Прослідковується математична аналогія між першим рівнянням системи (14) та першим рівнянням системи (12).

Для реалізації цієї аналогії вводиться поняття про фіктивне навантаження

$$q_\phi = -q/D_{11}, \quad (16)$$

з урахуванням якого перше рівняння системи (14) можливо представити у вигляді, аналогічному першому рівнянню системи (12).

$$M^\phi_{x1} + M^\phi_{x2} = q_\phi, \quad (17)$$

де $M^\phi(x_1, x_2) = (M^\phi_{x1} + M^\phi_{x2})/(1 + \nu_{np})$ – узагальнений фіктивний момент, що є аналогом функції зсуву, тотожний при шарнірному закріпленні та защемленні по контуру плити.

У результаті розв'язку рівняння (17) знаходиться значення фіктивного моменту.

Друге рівняння системи (11) можливо представити у наступному вигляді:

$$D_{11} \Delta^2 (w_{yточ} + \chi(D_{12}/D_{11})) = q. \quad (18)$$

Якщо ввести функцію узагальнених лінійних переміщень

$$\Phi = w_{yточ} + \chi(D_{12}/D_{11}), \quad (19)$$

система (11) приймає вигляд

$$\begin{cases} D_{11} \Delta \chi = q; \\ D_{11} \Delta^2 \Phi = q, \end{cases} \quad (20)$$

де Φ – аналог прогину, знайденого на основі рівнянь класичної теорії при наступних граничних умовах:

$$\text{шарнірне обпирання} - \Phi = \Phi_{,11} = \chi = 0; \quad (21)$$

$$\text{жорстке закріплення} - \Phi = \Phi_{,1} = \chi = 0 \quad (22)$$

$$\text{вільний край} - \Phi_{,11} + \nu \cdot \Phi_{,22} = 0; [\Phi_{,11} + (2 - \nu)\Phi_{,22}]_{,1} = 0; \chi_{,1} = 0. \quad (23)$$

З формули (19) визначається уточнений прогин

$$w_{\text{уточ}} = \Phi - \chi(D_{12}/D_{11}) = w_{\text{кл}} - \chi(D_{12}/D_{11}), \quad (24)$$

де $w_{\text{кл}}$ – прогин, знайдений на основі рівнянь класичної теорії.

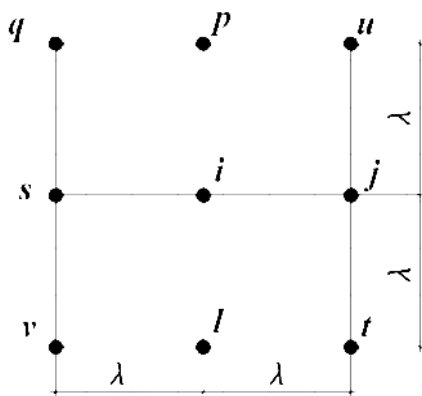
Для числової реалізації методу аналогій запропоновано визначати прогини $w_{\text{кл}}$ та зусилля M_{x1} і M_{x2} у вузлах схеми з кроком λ (рис. 2).

Класичний прогин та згинальні моменти пропонується отримувати шляхом розв'язку задач МСЕ, зокрема, можливо використання обчислювальних комплексів SCAD, ЛИРА та інших. При цьому застосовуються скінченні елементи оболонки нульової кривизни.

Для знаходження характеристик жорсткості створено підпрограму в середовищі MathCAD як частину програми щодо знаходження уточненого прогину та напружень з врахуванням поперечного зсуву.

При моделюванні конструкції шаруватої плити з ребрами жорсткості формулюються умови контакту: на нижній поверхні плити з ребрами в точках контакту переміщення та кути повороту об'єднуються.

Компоненти тензору напружень визначаються через модулі пружності шарів та через похідні від знайдених функцій (w_{ym} , χ) у вузлах розрахункової схеми.



$$\begin{aligned} \sigma_{11}^{(k)}(z) &= E_{0k} [(\aleph_{11}^{(1)} + \nu_k \aleph_{22}^{(1)})z + (\aleph_{11}^{(2)} + \nu_k \aleph_{22}^{(2)})\psi_k(z)]; \\ \sigma_{22}^{(k)}(z) &= E_{0k} [(\aleph_{11}^{(2)} + \nu_k \aleph_{22}^{(2)})z + (\aleph_{11}^{(1)} + \nu_k \aleph_{22}^{(1)})\psi_k(z)]; \\ \sigma_{12}^{(k)}(z) &= \sigma_{21}^{(k)}(z) = E_{0k} (1 - \nu_k) (\aleph_{12}^{(1)} z + \aleph_{12}^{(2)} \psi_k(z)); \\ \sigma_{j3}^{(k)} &= \aleph_j f_{2k}; \quad \sigma_{33}^{(k)} = 0; \quad j = 1, 2. \end{aligned} \quad (25)$$

Похідні ($\aleph$), що входять до формул (25), визначаються методом скінченних різниць – МСР (рис.2):

Рисунок 2 – Порядок нумерації

вузлів в околі характерної точки i

$$\begin{aligned}\aleph_1 = \chi_{,1} &= \frac{\chi_j - \chi_s}{2\lambda}, & \aleph_2 = \chi_{,2} &= \frac{\chi_p - \chi_l}{2\lambda}, & \aleph_{11}^{(1)} = -w_{,11} &= -\frac{w_j - 2w_i + w_s}{\lambda^2}, \\ \aleph_{22}^{(1)} = -w_{,22} &= -\frac{w_p - 2w_i + w_l}{\lambda^2}, & \aleph_{11}^{(2)} = -\chi_{,11} &= -\frac{\chi_j - 2\chi_i + \chi_s}{\lambda^2}, & \aleph_{22}^{(2)} = -\chi_{,22} &= -\frac{\chi_p - 2\chi_i + \chi_l}{\lambda^2}, \\ \aleph_{12}^{(1)} = -w_{,12} &= -\frac{(w_u + w_v) - (w_q + w_t)}{4\lambda^2}, & \aleph_{12}^{(2)} = -\chi_{,12} &= -\frac{(\chi_u + \chi_v) - (\chi_q + \chi_t)}{4\lambda^2}.\end{aligned}\quad (26)$$

Для обґрунтування достовірності запропонованої моделі деформування композитних плит на балочному ростверку та методу аналогій виконано розв'язок серії задач з порівнянням отриманих результатів з експериментальними даними, тривимірними розрахунками та з результатами інших нескорельованих методів.

У табл.1 наведено значення прогинів та напружень в центрі квадратної зі стороною a тришарової симетричної за будовою плити загальною товщиною H під нормальним синусоїдальним навантаженням при шарнірному обпиранні. Параметри шарів: $E_1 = E_3 = 10^3 \cdot E_2$; $h_2 = 8h_1$; $\nu_1 = \nu_2 = \nu_3 = 0,3$, де 1, 3 – зовнішні шари, 2 – шар заповнювача. Шляхом порівняння результатів розв'язку на основі аналітичного підходу з відомим тривимірним розв'язком Л.Е.Брюккера дана оцінка впливу деформації зсуву відношеннями $w_{max}/w_{max}^{кл}$ та $\sigma_{max}/\sigma_{max}^{кл}$. Різниця між класичним та некласичним розв'язком вказує на необхідність врахування деформації зсуву при визначенні прогинів та напружень в шаруватих плитах при зменшенні відносних розмірів (a/H).

Таблиця 1 – Тришарова плита під нормальним навантаженням

$\frac{a}{H}$	Прогини, $w_{max} E_1 / (10^4 q_0 H)$				Напруження, $\sigma_{max} / (10^2 q_0)$			
	Розв'язок Л.Е. Брюккера	Отриманий розв'язок	Класичний розв'язок	$\frac{w_{max}}{w_{max}^{кл}}$	Розв'язок Л.Е. Брюккера	Отриманий розв'язок	Класичний розв'язок	$\frac{\sigma_{max}}{\sigma_{max}^{кл}}$
40	35,23	35,23	14,70	2,40	7,33	7,34	6,47	1,13
20	5,96	5,96	0,92	6,50	2,47	2,47	1,62	1,52
10	1,26	1,24	0,06	20,67	1,21	1,21	0,40	3,03

У табл.2 наведено порівняння прогинів для вищенаведеної плити під тангенційним навантаженням $q_1^+ = q_1 \cdot \cos(\pi \cdot x_1 / a) \sin(\pi \cdot x_2 / a)$ та при $E_1 = E_3 = 10 \cdot E_2$ з просторовим розв'язком N.J. Pagano. Результати отримано в центрі плити.

Таблиця 2 – Тришарова плита під тангенційним навантаженням

$\frac{a}{H}$	Прогин, $w_{\max} E_1 / (10^3 q_1 H)$			
	Розв'язок N.J. Pagano	Отриманий розв'язок	Класичний розв'язок	$\frac{w_{\max}}{w_{\max}^{\text{кл}}}$
10	0,08430	0,08385	0,08165	1,03
8	0,04391	0,04356	0,04180	1,04
5	0,01146	0,01130	0,01021	1,11

Виконано порівняння результатів розрахунку тришарових плит на основі аналітичного підходу з розв'язком задачі згину трансверсально-ізотропних багат шарових плит симетричної будови та експериментальними даними О.О. Рассказова. Розглянуті тришарові симетричні за будовою шарнірно обперті плити під нормальним розподіленням навантаженням інтенсивністю q . Розмір сторони плити складає a . Зовнішні шари товщиною $h_1 = h_3 = 0,08$ см виконано з дуралюмінію з модулем пружності $E_1 = E_3 = 7 \cdot 10^4$ МПа та модулем зсуву $G'_k = 98$ МПа ($k = 1, 2, 3$). Товщина заповнювача h_2 , значення q та a , а також результати розрахунку та їх порівняння подано в табл.3. Прогини отримано в центрі плити.

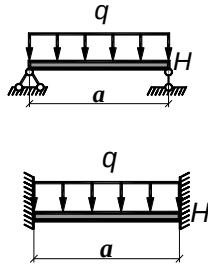
Таблиця 3 – Тришарова трансверсально-ізотропна плита під нормальним навантаженням

$a, \text{см}$	$h_2, \text{см}$	$q, \text{МПа}$	Прогин $w, \text{см}$				
			Експеримент О.О. Рассказова	Отримані результати на основі аналітичного підходу	$\Delta, \%$	Розв'язок О.О. Рассказова	$\Delta, \%$
112,3	0,991	0,00507	0,912	0,936	3	0,909	3
	1,306	0,00380	0,427	0,424	0	0,414	2
96,6	0,968	0,04560	0,481	0,488	1	0,476	3
	1,272	0,00507	0,312	0,332	6	0,325	2
81,4	0,978	0,00507	0,285	0,275	4	0,270	2
	1,288		0,183	0,169	8	0,166	2
71,2	0,986	0,00507	0,165	0,163	1	0,160	2
	1,278	0,00406	0,089	0,083	7	0,082	1

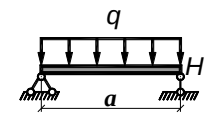
У табл. 4 наведено порівняння результатів розрахунку серії тришарових квадратних симетричних по товщині однорідних ізотропних плит під рівномірно розподіленим нормальним навантаженням при шарнірному обпиранні (верхнє значення) та защемленні по контуру (нижнє значення). Результати в центрі плити отримано на основі трьох підходів: аналітичного за уточненою теорією, методом аналогій та МСЕ з використанням тривимірного СЕ за допомогою обчислювального комплексу SCAD.

У табл. 5 для цих конструкцій при шарнірному обпиранні плити представлено компоненти тензору напружень: тангенційні $\sigma_{11}^{(k)}$ в центрі плити при $x_1 = x_2 = a/2$ (верхнє значення) та поперечні дотичні $\sigma_{13}^{(k)}$ в крайовій зоні в точці $x_1 = 0; x_2 = a/2$ (нижнє значення). Параметри шарів: $h_2 = 8h_1; \nu_1 = \nu_2 = \nu_3 = 0,3; a/H = 8$, де 1, 3 – зовнішні шари; 2 – шар заповнювача.

Таблиця 4 – Тришарова плита при шарнірному обпиранні та защемленні по контуру

	Прогин, $w \cdot E_1 / q_0 \cdot H \cdot 10^2$						
	МСЕ**	Аналітичний розв'язок	$\Delta, \%$	Методом аналогій з вихідними даними, отриманими			
				На основі аналітичного розв'язку	$\Delta, \%$	На основі МСЕ*	$\Delta, \%$
	<u>1,9296</u> 0,70977	<u>1,9632</u> 0,71261	<u>1,7</u> 0,4	<u>1,9632</u> 0,71261	<u>1,7</u> 0,4	<u>1,9640</u> 0,71324	<u>2,0</u> 0,5
Примітка: * СЕ – оболонка нульової кривизни; ** СЕ – просторовий елемент.							

Таблиця 5 – Тришарова плита під нормальним навантаженням

	Напруження, σ_{11}/q_0 та σ_{13}/q_0				
	<u>МСЕ**</u> Розв'язок О.В. Марчука	Аналітичний розв'язок (уточнена теорія)	$\Delta, \%$	Методом аналогій з вихідними даними, отриманими	
				МСЕ*	$\Delta, \%$
	<u>35,871</u> 2,9997	<u>35,093</u> 3,0902	<u>2,2</u> 3,0	<u>34,993</u> 3,1278	<u>2,5</u> 4,3
Примітка: * СЕ – оболонка нульової кривизни; ** СЕ – просторовий елемент.					

Висновки

Розроблений метод аналогій для визначення напружено-деформованого стану композитних плит під дією різноманітних навантажень і при різних умовах закріплення на основі математичної аналогії між рівняннями згину та зсуву. Обґрунтовано достовірність методу шляхом порівняння результатів, отриманих на основі аналітичного розв'язку та методу аналогій, з експериментальними даними, результатами розв'язку інших авторів та з розрахунками тривимірних об'єктів МСЕ на основі об'ємних скінченних елементів.

Література

1. Карпиловский В.С. Вычислительный комплекс SCAD / В.С. Карпиловский, Э.З. Криксунов, А.А. Маляренко, А.В. Перельмутер, М.А. Перельмутер // М.: Издательство АСВ, 2004. – 592 с.
2. Піскунов В.Г. Конструювання та розрахунок нових типів мостових прогонових будов монтажних блоків / В.Г. Піскунов, В.С. Сіпетов, Б.В. Гриневицький, М.Г. Парубець, І.О. Кондрюкова, Р.В. Гриневицький // Київ. – Збірник наукових статей “Дороги і мости”. Випуск 7. Державний дорожній науково-дослідний інститут ім. М.П. Шульгіна, 2007, С. 106 – 114.
3. Рассказов А.О. Теория и расчет слоистых ортотропных пластин и оболочек / А.О. Рассказов, И.И. Соколовская, Н.А. Шульга // К. – Вища шк. Голов. изд-во. – 1986. – 192 с.
4. Рябов О.Ф. Розрахунок багат шарових оболонок / О.Ф. Рябов // К. – Будівельник, 1968. – 96 с.
5. Сахаров А.С. Математическая модель деформирования многослойных композитных оболочечных систем / А.С. Сахаров, А.Л. Козак, А.В. Гондлях, С.Л. Мельников // Сопротивление материалов и теория сооружений. – К. – Будівельник, 1984. – № 44. – С. 13 – 16.

Кузьмінець М.П., д-р техн. наук, Баланін В.Х.

ПЕРЕВАГИ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВИКОНАННЯ ЗЕМЛЯНИХ РОБІТ ПРИ КАПІТАЛЬНОМУ РЕМОНТІ ЛІНІЙНОЇ ЧАСТИНИ МАГІСТРАЛЬНИХ ТРУБОПРОВОДІВ

Анотація. В роботі наведено особливості ведення земляних робіт машинами в умовах близько розташованого діючого трубопроводу та проаналізовано переваги технічних рішень та технологій виконання робіт.

Аннотация. В работе приведены особенности ведения земляных работ машинами в условиях близко расположенного действующего трубопровода и проанализированы преимущества технических решений и технологий производства работ.

Annotation. The paper presents the characteristics of earthmoving machines in terms of proximity of the existing pipeline and analyzed the benefits of technical solutions and.

Вступ

Динаміку розвитку трубопровідного транспорту (ТТ) у всьому світі можна прослідкувати, аналізуючи зміну протяжності побудованих трубопроводів з часом з кінця XX – до початку XXI століть.

В промислово розвинених і тих що розвиваються країнах в 1998р. функціонувало магістральних трубопроводів в тис. км – 36462, у т.ч. газопроводів магістральних – 7503; продуктопроводів (усього) – 5102; морських трубопроводів (усього) – 1639, у т.ч. газопроводів – 1033, нафтопроводів – 606.

У США в 1987 р. магістральних трубопроводів (МТ) – 716,7 у т.ч. газопроводів – 448,1, нафто- і продуктопроводів – 268,6.

В Україні на початку XXI століття нафто- та газопроводів працювало понад 40 тис. км, у т.ч. магістральних нафтопроводів ~ 4,5 тис. км; магістральних газопроводів ~ 36 тис. км.

Аналіз досліджень. Відомо, [1, 2, 5], що зі схем укладання магістральних газопроводів (виключаючи морські, підземні, напівпідземні, наземні), які використовуються при їх прокладанні, 98% належить підземній схемі.

Вартість лінійної частини магістрального газопроводу в середньому складає 50% його загальної вартості, а з урахуванням витрат на матеріали – до 85%. Вартість 1 км магістрального газопроводу діаметром 1020 мм складає близько 1 млн. 200 тис. дол. США. Абсолютно переважна частина нафто- та газопроводів змонтована з труб діаметрами 530...1420 мм.

Проблема. Саме тому технологіям виконання земляних робіт при капітальному ремонті (КР) лінійної частини МТ та технологічному обладнанню для їх здійснення приділяється значна увага в різних країнах. Це можна відслідкувати за патентною активністю різних країн у вирішенні цих проблем, наприклад: Європа – [6]; Німеччина - [7]; РФ – [8-13]; ССРСР – [14-16]; США – [17-20]; Україна [21-23]; Японія – [26-24].

Мета дослідження розглянути технічні рішення та технологію виконання земляних робіт при капітальному ремонті лінійної частини магістральних трубопроводів.

Задачі дослідження: встановити переваги технічних рішень та технологій виконання земляних робіт при капітальному ремонті лінійної частини магістральних трубопроводів

Основна частина. Нижче наведені технічні рішення, що доведені до практичного використання, їх аналіз, а також нові рішення окремо по технологіях виконання земляних робіт при КР лінійної частини МТ і технологічному обладнанню для їх здійснення.

Найбільш широко використовувана технологія виконання КР лінійної частини магістральних газопроводів [27] передбачає наступні дії: уточнюють положення газопроводу перед його відкриттям; позначають положення його осі; бульдозерами проводять планування траси для стійкої і надійної роботи машин і механізмів на ділянці трубопроводу, яку ремонтують; одноківшовими екскаваторами проводять розробку двох траншей обабіч труби, при цьому загальний переріз виїмки має форму трапеції з розміром по дну не менше $(D+2+0,8)$ м, де D – діаметр трубопроводу, що дозволяє вільно переміщуватися по трубі, покладеній на підпірки (лежки) в траншеї очисної і ізоляційної машин;

очисною машиною знімають старе ізоляційне покриття; очищують поверхню трубопроводу; ізоляційною машиною наносять нове ізоляційне покриття; трубоукладачниками укладають трубопровід на дно траншеї і засипають його з допомогою бульдозерів.

Недоліки використання технології наступні:

- порушується напружено-деформований стан (НДС) тіла труби, що пов'язано з впливом її підняття трубоукладачниками на підпірки (лежки) в траншеї, або на бровку траншеї, в результаті чого НДС труби стає неконтрольованим;
- неможливість проведення КР єдиним комплексом машин поточним методом;
- складність установки та подальшого демонтажу в траншеї з під труби додаткових підпірок (лежок).
- рівень безпеки виконання робіт низький. Безаварійна робота визначається тільки кваліфікацією машиністів, задіяних у виконанні капітального ремонту;
- темпи виконання ремонтних робіт вкрай низькі – 20...50 м.пог/змін.

Технологія КР магістральних нафтопроводів діаметром 530-1220 мм з заміною ізоляції без підйому трубопроводу з використанням комплексу машин підвищеної продуктивності [28] передбачає наступні дії: уточнюють положення трубопроводу; позначають вішками його подовжню вісь та глибину залягання труби від денної поверхні ґрунту до верхньої твірної труби; знімають родючий шар ґрунту та переміщують його в відвал на сторону від трубопроводу; тією ж машиною за другий прохід знімають шар мінерального ґрунту на глибину, необхідну для стійкої та надійної роботи наступних технологічних машин та механізмів на ділянці трубопроводу, що ремонтується; переміщують розроблений мінеральний ґрунт у відвал на іншу від трубопроводу сторону і спеціальною машиною розроблюють обабіч труби дві траншеї з розмірами, які залежать від діаметра трубопроводу та глибини його залягання, з відкосами траншей з кутом не менше 15° та прямими на дні кожної траншеї; переміщують розроблений при цьому ґрунт в попередній відвал мінерального ґрунту; розроблюють ґрунт під трубопроводом на глибину 0,75-0,82 м нижче нижньої твірної труби, який переміщують в прямки; знімають з трубопроводу старе ізоляційне покриття; виконують, за необхідністю, ремонт труби та доочищують трубопровід; наносять

нове ізоляційне покриття; підсипають ґрунт під трубопровід; ущільнюють його; остаточно засипають відремонтовану ділянку трубопроводу; проводять технічну рекультивацію родючого шару ґрунту.

Недоліки даної технології полягають в наступному:

- НДС трубопроводу під час виконання земляних робіт є змінним, неконтрольованим, мають місце чинники, дія яких може призвести до миттєвої (критичної) зміни НДС труби і можливого її руйнування з подальшими катастрофічними наслідками;
- машини та обладнання, задіяні в процесі виконання КР, розміщені вздовж ділянки труби, що ремонтується, або безпосередньо на ній, без урахування впливу їх маси, силових факторів робочих процесів на зміну НДС трубопроводу;
- спорудження приямків для розміщення розробленого під трубопроводом ґрунту призводить до завищеної глибини виїмок з обох боків трубопроводу, можливого підтоплення їх ґрунтовими водами;
- необхідність спорудження приямків збільшує на 40-45% об'єм ґрунту, який необхідно розробити для розкриття трубопроводу, зменшує продуктивність виконання земляних робіт та КР в цілому, приводить до збільшення на 15-25% ширини смуги відводу родючої землі під КР ділянки трубопроводу для розміщення на ній збільшеного на 40-45% об'єму ґрунту (в залежності від діаметра трубопроводу), збільшує загальні енерговитрати на виконання земляних робіт при КР трубопроводу;
- робить менш стійкою та більш схильною до руйнування призму ґрунту між відкопаними траншеями під трубопроводом, на якій утримується трубопровід та розміщені на ньому машини та обладнання (МПР, очисна та ізоляційна машини). Це може призвести до миттєвого руйнування призми та подальшого неконтрольованого збільшення НДС трубопроводу.

Відомі технології [27-28] вдосконалені шляхом реалізації нових технічних рішень [29 пп. 1-4].

Згідно з ним технологічний процес виконання земляних робіт при КР лінійної частини МТ реалізується в наступній послідовності (див. технологічну схему виконання робіт, приведену на рис. 1):

- уточнюють положення трубопроводу;
- позначають його вісь та глибину залягання труби від денної поверхні

грунту до її верхньої твірної;

- знімають родючий шар ґрунту машиною МПРГ та переміщують його у відвал на сторону від трубопроводу;
- цією ж машиною за другий прохід знімають шар мінерального ґрунту на глибину, необхідну для стійкої і надійної роботи наступних технологічних машин і переміщують його у відвал на другу сторону від трубопроводу;
- розроблюють обабіч труби дві траншеї з розмірами, які залежать від діаметру трубопроводу і глибини його залягання, і переміщують розроблений ґрунт у попередній відвал мінерального ґрунту;
- розроблюють ґрунт під трубопроводом на глибину нижче його нижньої твірної, достатню для роботи ремонтних машин;
- після виконання необхідних ремонтних робіт підсипають ґрунт на обидві боки від нього та ущільнюють його;
- іншими машинами, які не входять до технологічної колони, остаточно засипають відремонтовану ділянку трубопроводу та проводять технічну рекультивацію родючого шару ґрунту;
- періодично вимірюють відстані між працюючими у технологічній колоні двома або більше машинами;
- технічними засобами, встановленими на машинах вимірюють та порівнюють фактичні відстані між машинами технологічної колони з забезпеченням граничних допустимих відхилень від потрібних значень цих відстаней;
- за результатами порівняння формують керуючі сигнали на збереження або зміну швидкості руху однієї чи декількох машин технологічної колони і реалізують зазначені керуючі сигнали, що забезпечують синхронність роботи всіх машин технологічної колони;

Додатково до вказаної послідовності передбачені граничні значення відстаней між працюючими в технологічній колоні машинами.

Комплекс машин підвищеної продуктивності для виконання КР магістральних нафтопроводів діаметром 530-1220 мм із заміною ізоляції без підйому трубопроводу [28] складається з послідовно працюючих модернізованих та дооснащених машин МПРГ, МВТ, МПР, МП.

В цьому комплексі відстані між працюючими машинами з допомогою

відповідних пристроїв електронного контролю підтримуються фіксованими та незмінними, за винятком максимальної довжини підкопаної ділянки трубопроводу, величина якої залежить від параметрів труби (діаметра і товщини стінки).

Комплекс землерийних машин для КР МТ [30] складається з машин МПРГ, МРТ, МПР та МП, які працюють послідовно одна за одною. При цьому МПРГ та МРТ оснащені автоматичними пристроями, що забезпечують проходження цих машин по осі трубопроводу, всі машини оснащені автоматичними пристроями, що контролюють розміри заглиблення робочих органів і відстані їх до трубопроводу, що виключає можливість механічного пошкодження труби.

Землерийні машини вдосконалені шляхом реалізації на них нових технічних рішень (29, пп. 5-22; 31).

Згідно з ними комплекс технологічного обладнання для реалізації технології виконання земляних робіт при КР лінійної частини МТ включає в себе машини МПРГ та МВТ та пристосовані для роботи у технологічній колоні одночасно та синхронно між собою машини МПР та МП, причому щонайменше машини технологічної колоні оснащені системами керування, які включають в себе бортові ЕОМ;

- комплекс машин оснащений системою узгодженого керування окремими машинами комплексу, яка включає в себе центральну ЕОМ, засоби передачі даних між центральною ЕОМ та бортовими ЕОМ, систему контролю дистанцій, яка пристосована для періодичного вимірювання відстані між двома або більше працюючими у технологічній колоні машинами, причому центральна ЕОМ запрограмована для того, щоб порівнювати фактичні відстані між машинами із гранично допустимими значеннями цих відстаней і за результатами порівняння формувати у режимі реального часу керуючі сигнали на збереження або зміну швидкості руху однієї чи декількох машин технологічної колоні, а бортові ЕОМ запрограмовані для реалізації зазначених керуючих сигналів.

Додатково до цього:

- центральна ЕОМ запрограмована для визначення гранично допустимих значень відстаней між працюючими у технологічній колоні машинами згідно з залежностями (1), (2);

- система керування МПРГ включає в себе бортову ЕОМ, а система

контролю дистанцій пристосована для періодичного вимірювання відстані між МВТ, яка є головною машиною технологічної колони, та МПРГ;

- центральна ЕОМ запрограмована для визначення мінімально допустимої відстані між машинами МПРГ і МРТ згідно з залежністю (3);

- центральна ЕОМ виконана у вигляді окремої фізичної ЕОМ;

- як апаратну частину центральної ЕОМ використано ЕОМ однієї з машин;

- засоби передачі даних між ЕОМ, які не встановлені на борту однієї з машини, виконані у вигляді радіоканалу;

- система контролю дистанцій включає в себе щонайменше один пристрій, який пристосований для вимірювання відстані між щонайменше двома машинами технологічної колони та встановлений на борту однієї із цих машин і підключений до відповідної бортової ЕОМ;

- зазначений пристрій пристосований для вимірювання відстаней між усіма машинами технологічної колони;

- система контролю дистанцій включає два пристрої, кожен з яких встановлений на борту однієї із машин, підключений до відповідної бортової ЕОМ та пристосований для вимірювання відстані до машини, яка є ближньою до машини на борту якої встановлений пристрій;

- зазначений пристрій виконаний на базі активного радіодалекоміра;

- система дистанційного контролю пристосована для фіксації часу кожного вимірювання щонайменше однієї відстані, а центральна ЕОМ запрограмована для визначення темпу зміни цієї відстані та для формування керуючого сигналу із використанням результату аналізу величини та напрямку темпу зміни цієї відстані;

- центральна ЕОМ запрограмована для аналізу робочих параметрів машин та формування керуючого сигналу із використанням результату цього аналізу;

- центральна ЕОМ запрограмована для формування керуючого сигналу на зміну швидкості руху однієї чи декількох машин у вигляді, який дозволяє бортовій ЕОМ відповідної машини перетворити його у текстове чи графічне повідомлення, яке відтворюється на дисплей системи керування цієї машини;

- центральна ЕОМ запрограмована для формування керуючого сигналу на зміну швидкості руху однієї чи декількох машин у вигляді, який дозволяє бортовій ЕОМ відповідної машини перетворити його у сигнали автоматичного керування

механізмами цих машин без участі операторів.

- машина МПР підкопує ґрунт під трубою роторними робочими органами та за допомогою кожухів-зачисників, кожухів-закрилків та інтенсифікаторів переміщує розроблений ґрунт на робочі органи машин відкриття трубопроводів, а не в напрямки, які в даному випадку не потрібні.

Література

1. Панов Ю.Е. Тенденции развития трубопроводного транспорта и защита окружающей среды при ее эксплуатации. – М. :ИНТВНИТИ / Серия «Трубопроводный транспорт», 1990. – Т.13 Трубопроводный транспорт за рубежом. –с. 3-62.
2. Мусійко В.Д., Кузьмінець М.П., Баланін В.Х. Безпека і ресурсозбереження при виконанні капітального ремонту магістрального трубопроводного транспорту // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті: матеріали другої міжнародної науково-практичної конференції – Херсон: Вид-во ХАДІ, 2010. – Т.1 – 280 с. С.175-179.
3. Трубопровідний транспорт газу/Ковалко М.П., Грудз В.Я., Михалків В.Б. та ін. За ред. М.П. Ковалка. – К.: Агентство з раціонального використання енергії та екології, 2002. – 600 с.
4. Діак І.В., Осінчук З.П. Газова промисловість України на зламі століть /І.М, Карп (відп. ред.). – Івано-Франківськ: Лілея НВ, 2000. – 231 с.
5. Ремонт магистральных и промышленных газопроводов. Справочное пособие / Груднистый В.Н., Зорин Е.Е., Егурцов С.А. и др. Под ред. Степаненко А.И. – К: Интерграфик, 1996. – 192 с.
6. EP 2216197 A1, 10.08.2010.
7. DE 102007056592, 19.06.2008.
8. RU 2018579 C1, 30.08.1994.
9. RU 2089708 C1, 10.09.1997.
10. RU 2090707 C1, 20.09.1997.
11. RU 2158952, C2, 10.11.2000.
12. RU 2309223 C2, 27.05.2004.
13. RU 2320915 C2, 10.12.2003.
14. SU 1073387 A, 15.02.1984
15. SU 1135859 A, 12.01.1985
16. SU 1263765 A1, 15.10.1986
17. US 5521579, 28.05.1996.
18. US 5601383, 11.02.1997.
19. US 6154988, 05.12.2000.
20. US 2010/0070151 A1, 18.03.2010.
21. UA 20377 C1, 25.12.1998.
22. UA 42389 U, 10.07.2009.
23. UA 84709C2, 25.11.2008.
24. JP 2000 291048 A, 17.10.2000.
25. JP 2008106431 A, 08.05.2008.
26. JP 2008144378 A, 26.06.2008.
27. Правила производства капитального ремонта линейной части магистральных газопроводов ВСН 2-112-79. – М: Миннефтегазстрой, 1979. – 136 с.
28. Технология капитального ремонта магистральных нефтепроводов диаметром 530-1220 мм с заменой изоляции без подъема трубопровода с применением комплекса машин повышенной производительности ВБН В.3.1-320.20077720.01 – 2001. – 188 с.
29. UA 94563 C2, 10.05.2011.
30. UA 94374C226.04.20Н.

Марчук О.В., д-р техн. наук, **Рассказов О.О.,** д-р техн. наук, **Гнедаш С.В.,**
Левківський С.А.

ПОБУДОВА ПРИКЛАДНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ВОЛОКНИСТИХ ПОЛИХ ВАЛІВ

Анотація: Побудовано прикладну математичну модель розрахунку волокнистих полих валів. Волокнистість моделюється анізотропією жорсткісних характеристик. Модель враховує просторовий характер деформування і заснована на розділенні полого циліндричного валу по товщині концентричними поверхнями на ряд складових циліндричних оболонок, достатньо тонких, щоб можна було нехтувати зміною їх кривизни по товщині. Тим самим дискретно враховується зміна кривизни за товщиною конструкції. Проведено аналіз необхідності урахування зсуву та обтиснення в задачах кручення анізотропних валів.

Ключові слова: волокнисті полі вали, локальні дотичні навантаження, різні контурні умови.

Аннотация: Построена прикладная математическая модель расчетов волокнистых полых валов. Волокнистость моделируется анизотропией жесткостных характеристик. Модель учитывает пространственный характер деформирования и основана на разделении полого цилиндрического вала по толщине концентрическими поверхностями на ряд составляющих цилиндрических оболочек, достаточно тонких, чтобы можно было пренебрегать изменением их кривизны по толщине. Тем самым дискретно учитывается изменение кривизны за толщиной конструкции. Проведено анализ необходимости учета сдвига и обжатия в задачах кручения анизотропных валов.

Ключевые слова: волокнистые полые валы, локальные касательные нагрузки, разные контурные условия.

Abstract: Applied mathematics model of fibrous hollow shafts has been built. Fiber is modeled by stiffness property anisotropy. The Model considers deflection spatial characteristics and it is based on division of hollow cylindrical shaft across the thickness by the concentric surfaces into a number of constituent cylindrical sheaths, thin enough to neglect their curve changes across the thickness. Thus, curve changes are discretely considered by construction thickness. The necessity of shift and reduction consideration review in anisotropic fiber torsion tasks has been carried out.

Keywords: fibrous hollow shafts, local shearing stress load, different contour states.

Вступ

В сучасному автомобілебудуванні зростає кількість деталей, що виготовляються з композитних волокнистих матеріалів, які не тільки не поступаються металевим, але й по деяким параметрам переважають їх. Конструкції з таких матеріалів вимагають побудови математичних моделей розрахунку. При розрахунку товстих полх валів виникає необхідність урахування зміни кривизни по товщині на рівні побудови рівнянь рівноваги та їх розв'язання, що є достатньо складною задачею. В переважній більшості відомих моделей розрахунку кривизна вважається константою і приймається на рівні серединної поверхні [1-8].

Для розрахунку полх волокнистих валів запропонована модель. Модель заснована на розділенні полого циліндричного валу по товщині концентричними поверхнями на ряд складових циліндричних оболонок, достатньо тонких, щоб можна було нехтувати зміною їх кривизни по товщині. Задовольняючи умовам контакту на зовнішніх поверхнях між складовими оболонками, описуємо напружено-деформований стан циліндричного валу, з дискретним обліком зміни кривизни по товщині.

Основна частина

Компоненти тензора деформацій k – того шару циліндричної оболонки в умовах осесиметричної деформації визначаються на основі наступних співвідношень (вісь x оболонки направлена уповдовж твірної):

$$\begin{aligned} e_{xx}^{(k)} &= \frac{\partial U_x^{(k)}}{\partial x}; \quad e_{\theta\theta}^{(k)} = \frac{1}{r} U_r^{(k)}; \quad e_{rr}^{(k)} = \frac{\partial U_r^{(k)}}{\partial r}; \quad 2e_{x\theta}^{(k)} = \frac{\partial U_\theta^{(k)}}{\partial x}; \\ 2e_{xr}^{(k)} &= \frac{\partial U_x^{(k)}}{\partial r} + \frac{\partial U_r^{(k)}}{\partial x}; \quad 2e_{r\theta}^{(k)} = \frac{\partial U_\theta^{(k)}}{\partial r} - \frac{1}{r} U_\theta^{(k)}. \end{aligned} \quad (1)$$

Напруження записані на основі закону Гука.

$$\begin{aligned} \sigma_{xx}^{(k)} &= C_{11} \frac{\partial U_x^{(k)}}{\partial x} + C_{12} \frac{1}{r} U_r^{(k)} + C_{13} \frac{\partial U_r^{(k)}}{\partial r} + C_{16} \frac{\partial U_\theta^{(k)}}{\partial x}; \\ \sigma_{\theta\theta}^{(k)} &= C_{21} \frac{\partial U_x^{(k)}}{\partial x} + C_{22} \frac{1}{r} U_r^{(k)} + C_{23} \frac{\partial U_r^{(k)}}{\partial r} + C_{26} \frac{\partial U_\theta^{(k)}}{\partial x}; \\ \sigma_{rr}^{(k)} &= C_{31} \frac{\partial U_x^{(k)}}{\partial x} + C_{32} \frac{1}{r} U_r^{(k)} + C_{33} \frac{\partial U_r^{(k)}}{\partial r} + C_{36} \frac{\partial U_\theta^{(k)}}{\partial x}; \\ \sigma_{x\theta}^{(k)} &= C_{61} \frac{\partial U_x^{(k)}}{\partial x} + C_{62} \frac{1}{r} U_r^{(k)} + C_{63} \frac{\partial U_r^{(k)}}{\partial r} + C_{66} \frac{\partial U_\theta^{(k)}}{\partial x}; \\ \sigma_{xr}^{(k)} &= C_{55}^{(k)} \left(\frac{\partial U_x^{(k)}}{\partial r} + \frac{\partial U_r^{(k)}}{\partial x} \right) + C_{45}^{(k)} \left(\frac{\partial U_\theta^{(k)}}{\partial r} - \frac{1}{r} U_\theta^{(k)} \right); \\ \sigma_{r\theta}^{(k)} &= C_{54}^{(k)} \left(\frac{\partial U_x^{(k)}}{\partial r} + \frac{\partial U_r^{(k)}}{\partial x} \right) + C_{44}^{(k)} \left(\frac{\partial U_\theta^{(k)}}{\partial r} - \frac{1}{r} U_\theta^{(k)} \right). \end{aligned} \quad (2)$$

Введемо наступну апроксимацію шуканих переміщень [9,10]:

$$\begin{aligned} U_x^{(k)}(x, r) &= U_l^{(k)}(x) f_l^{(k)}(r) + \frac{\partial}{\partial x} W_p^{(k)}(x) \varphi_p^{(k)}(r); \\ U_r^{(k)}(x, r) &= W_p^{(k)}(x) \beta_p^{(k)}(r) \quad (l=1,2; \quad p=1,2,3), \end{aligned} \quad (3)$$

тут $U_1^{(k)}(x)$, $U_2^{(k)}(x)$ – тангенціальні переміщення на лицьових поверхнях конструкції;

$W_1^{(k)}, W_2^{(k)}$ – нормальні переміщення на лицьових поверхнях конструкції;

$W_3^{(k)}$ – функції зсуву;

$f_1^{(k)}(r), f_2^{(k)}(r), \beta_1^{(k)}(r), \beta_2^{(k)}(r)$ – задані поліномами першої степені;

$\varphi_1^{(k)}(r), \varphi_2^{(k)}(r), \beta_3^{(k)}(r)$ – другої степені; $\varphi_3^{(k)}(r)$ – третьої степені;

Варіація потенційної енергії деформації з урахуванням введеної апроксимації по товщині має вигляд:

$$\begin{aligned} \delta \bar{I} = & \int_0^L \int_{a_{k-1}}^{a_k} \{ [C_{11} \frac{\partial(U_{xl}^{(k)}(x) f_l^{(k)}(r) + \frac{\partial}{\partial x} W_p^{(k)}(x) \varphi_p^{(k)}(r))}{\partial x} + \\ & + (C_{12} \frac{1}{r} + C_{13} \frac{\partial}{\partial r}) W_p^{(k)}(x) \beta_p^{(k)}(r) + C_{16} \frac{\partial U_{\theta}^{(k)}(x) f_l^{(k)}(r)}{\partial x}] \times \\ & \times \delta \frac{\partial(U_{xl}^{(k)}(x) f_l^{(k)}(r) + \frac{\partial}{\partial x} W_{\bar{p}}^{(k)}(x) \varphi_{\bar{p}}^{(k)}(r))}{\partial x} + \\ & + [C_{21} \frac{\partial(U_{xl}^{(k)}(x) f_l^{(k)}(r) + \frac{\partial}{\partial x} W_p^{(k)}(x) \varphi_p^{(k)}(r))}{\partial x} + \\ & + (C_{22} \frac{1}{r} + C_{23} \frac{\partial}{\partial r}) W_p^{(k)}(x) \beta_p^{(k)}(r) + C_{26} \frac{\partial U_{\theta}^{(k)}(x) f_l^{(k)}(r)}{\partial x}] \times \\ & \times \delta \frac{1}{r} W_{\bar{p}}^{(k)}(x) \beta_{\bar{p}}^{(k)}(r) + [C_{31} \frac{\partial(U_{xl}^{(k)}(x) f_l^{(k)}(r) + \frac{\partial}{\partial x} W_p^{(k)}(x) \varphi_p^{(k)}(r))}{\partial x} + \\ & + (C_{32} \frac{1}{r} + C_{33} \frac{\partial}{\partial r}) W_p^{(k)}(x) \beta_p^{(k)}(r) + C_{36} \frac{\partial U_{\theta}^{(k)}(x) f_l^{(k)}(r)}{\partial x}] \times \\ & \times \delta \frac{\partial W_{\bar{p}}^{(k)}(x) \beta_{\bar{p}}^{(k)}(r)}{\partial r} + [C_{61} \frac{\partial(U_{xl}^{(k)}(x) f_l^{(k)}(r) + \frac{\partial}{\partial x} W_p^{(k)}(x) \varphi_p^{(k)}(r))}{\partial x} + \\ & + (C_{62} \frac{1}{r} + C_{63} \frac{\partial}{\partial r}) W_p^{(k)}(x) \beta_p^{(k)}(r) + C_{66} \frac{\partial U_{\theta}^{(k)}(x) f_l^{(k)}(r)}{\partial x}] \times \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \times \delta \frac{\partial U_{\theta}^{(k)}(x) f_l^{(k)}(r)}{\partial x} + \\
& + [C_{55}^{(k)} (\frac{\partial (U_{xl}^{(k)}(x) f_l^{(k)}(r) + \frac{\partial}{\partial x} W_p^{(k)}(x) \varphi_p^{(k)}(r))}{\partial r} + \frac{\partial W_p^{(k)}(x) \beta_p^{(k)}(r)}{\partial x}) + \\
& + C_{45}^{(k)} (\frac{\partial U_{\theta}^{(k)}(x) f_l^{(k)}(r)}{\partial r} - \frac{1}{r} U_{\theta}^{(k)}(x) f_l^{(k)}(r))] \times \\
& \times \delta [\frac{\partial (U_{\bar{l}}^{(k)}(x) f_{\bar{l}}^{(k)}(r) + \frac{\partial}{\partial x} W_{\bar{p}}^{(k)}(x) \varphi_{\bar{p}}^{(k)}(r))}{\partial r} + \frac{\partial W_{\bar{p}}^{(k)}(x) \beta_{\bar{p}}^{(k)}(r)}{\partial x}] + \\
& + [C_{45}^{(k)} (\frac{\partial (U_{xl}^{(k)}(x) f_l^{(k)}(r) + \frac{\partial}{\partial x} W_p^{(k)}(x) \varphi_p^{(k)}(r))}{\partial r} + \frac{\partial W_p^{(k)}(x) \beta_p^{(k)}(r)}{\partial x}) + \\
& + C_{55}^{(k)} (\frac{\partial U_{\theta}^{(k)}(x) f_l^{(k)}(r)}{\partial r} - \frac{1}{r} U_{\theta}^{(k)}(x) f_l^{(k)}(r))] \times \\
& \times \delta [\frac{\partial U_{\theta}^{(k)}(x) f_l^{(k)}(r)}{\partial r} - \frac{1}{r} U_{\theta}^{(k)}(x) f_l^{(k)}(r)] \} dr dx \\
(4)
\end{aligned}$$

($\bar{l} = 1, 2$; $p = 1, 2, 3$), L – довжина оболонки;

a_{k-1} , a_k – координати зовнішніх поверхонь k – тої складової оболонки по осі r .

Після перетворень

$$\begin{aligned}
\delta \ddot{I} = & \int_0^L \{ [D11_{\bar{l}l}^{(k)} \frac{\partial U_{xl}^{(k)}(x)}{\partial x} + (D12_{\bar{l}p}^{(k)} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + D13_{\bar{l}p}^{(k)} \frac{1}{r^{(k)}} + D14_{\bar{l}p}^{(k)}) W_p^{(k)}(x) + \\
& + D15_{\bar{l}l}^{(k)} \frac{\partial U_{\theta}^{(k)}(x)}{\partial x}] \delta \frac{\partial U_{xl}^{(k)}(x)}{\partial x} + [(T11_{\bar{l}l}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} T21_{\bar{l}l}^{(k)}) U_l^{(k)}(x) + \\
& + (T12_{\bar{l}p}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} T22_{\bar{l}p}^{(k)}) \frac{\partial W_p^{(k)}(x)}{\partial x} + (T13_{\bar{l}l}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} T23_{\bar{l}l}^{(k)} +
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{1}{r^{(k)^2}} T14_{\bar{l}l}^{(k)}) U_{\bar{\theta}}^{(k)}(x)] \delta U_{x\bar{l}}^{(k)}(x) + [D21_{\bar{p}l}^{(k)} \frac{\partial U_{x\bar{l}}^{(k)}(x)}{\partial x} + (D22_{\bar{p}p}^{(k)} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \\
& + D23_{\bar{p}p}^{(k)} \frac{1}{r^{(k)}} + D24_{\bar{p}p}^{(k)}) W_p^{(k)}(x) + D25_{\bar{p}l}^{(k)} \frac{\partial U_{\bar{\theta}}^{(k)}(x)}{\partial x}] \delta \frac{\partial^2 W_{\bar{p}}^{(k)}(x)}{\partial x^2} + \\
& + [(T31_{\bar{l}l}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} T41_{\bar{l}l}^{(k)}) U_{x\bar{l}}^{(k)}(x) + (T32_{\bar{l}p}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} T42_{\bar{l}p}^{(k)}) \frac{\partial W_p^{(k)}(x)}{\partial x} + \\
& + (T35_{\bar{l}l}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} T45_{\bar{l}l}^{(k)}) U_{\bar{\theta}}^{(k)}(x)] \delta \frac{\partial W_p^{(k)}(x)}{\partial x} + [(D31_{\bar{p}l}^{(k)} + \\
& + \frac{1}{r^{(k)}} D41_{\bar{p}l}^{(k)}) \frac{\partial U_{x\bar{l}}^{(k)}(x)}{\partial x} + ((D32_{\bar{p}p}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} D42_{\bar{p}p}^{(k)}) \frac{\partial^2}{\partial x^2} + (D33_{\bar{p}p}^{(k)} \frac{1}{r^{(k)}} + \\
& + D43_{\bar{p}p}^{(k)} \frac{1}{r^{(k)^2}}) + (D34_{\bar{p}p}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} D44_{\bar{p}p}^{(k)}) W_p^{(k)}(x) + (D35_{\bar{p}l}^{(k)} + \\
& + \frac{1}{r^{(k)}} D45_{\bar{p}l}^{(k)}) \frac{\partial U_{\bar{\theta}}^{(k)}(x)}{\partial x}] \delta W_{\bar{p}}^{(k)}(x) + [D51_{\bar{l}l}^{(k)} \frac{\partial U_{x\bar{l}}^{(k)}(x)}{\partial x} + (D52_{\bar{l}p}^{(k)} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \\
& + D53_{\bar{l}p}^{(k)} \frac{1}{r^{(k)}} + D54_{\bar{l}p}^{(k)}) W_p^{(k)}(x) + D55_{\bar{l}l}^{(k)} \frac{\partial U_{\bar{\theta}}^{(k)}(x)}{\partial x}] \delta \frac{\partial U_{\bar{\theta}}^{(k)}(x)}{\partial x} + \\
& + [(T51_{\bar{l}l}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} T61_{\bar{l}l}^{(k)}) U_{x\bar{l}}^{(k)}(x) + (T52_{\bar{l}p}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} T62_{\bar{l}p}^{(k)}) \frac{\partial W_p^{(k)}(x)}{\partial x} + \\
& + (T53_{\bar{l}l}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} T63_{\bar{l}l}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)^2}} T54_{\bar{l}l}^{(k)}) U_{\bar{\theta}}^{(k)}(x)] \delta U_{\bar{\theta}}^{(k)}(x) \quad (5)
\end{aligned}$$

Варіація роботи зовнішнього навантаження на лицьових поверхнях шару може бути записана таким чином:

$$\delta A = \int_0^L (q_{x\bar{l}}^{(k)}(x) \delta U_{x\bar{l}}^{(k)}(x) + q_{r\bar{p}}^{(k)}(x) \delta W_{\bar{p}}^{(k)}(x) + q_{\bar{\theta}}^{(k)}(x) \delta U_{\bar{\theta}}^{(k)}(x)) dx, \quad (6)$$

де $q_{r3}^{(k)}(x) = 0$.

Рівняння рівноваги одержуємо на основі варіаційного рівняння Лагранжа.

$$\delta \ddot{I} - \delta A = 0.$$

Вони мають наступний вигляд:

$$\begin{aligned}
& (D11_{ll}^{(k)} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + T11_{ll}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} T21_{ll}^{(k)}) U_{xl}^{(k)}(x) + (D12_{lp}^{(k)} \frac{\partial^3}{\partial x^3} + \\
& + (D13_{lp}^{(k)} \frac{1}{r^{(k)}} + D14_{lp}^{(k)} + T12_{lp}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} T22_{lp}^{(k)}) \frac{\partial}{\partial x}) W_p^{(k)}(x) + \\
& + (D15_{ll}^{(k)} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + T13_{ll}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} T23_{ll}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)^2}} T14_{ll}^{(k)}) U_{\theta}^{(k)}(x) = -q_{xl}^{(k)}. \\
& (D21_{pl}^{(k)} \frac{\partial^3}{\partial x^3} + (D31_{pl}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} D41_{pl}^{(k)} + T31_{ll}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} T41_{ll}^{(k)}) \frac{\partial}{\partial x}) U_{xl}^{(k)}(x) + \\
& + (D22_{pp}^{(k)} \frac{\partial^4}{\partial x^4} + (D23_{pp}^{(k)} \frac{1}{r^{(k)}} + D24_{pp}^{(k)} + D32_{pp}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} D42_{pp}^{(k)} + \\
& + T32_{lp}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} T42_{lp}^{(k)}) \frac{\partial^2}{\partial x^2} + D33_{pp}^{(k)} \frac{1}{r^{(k)}} + D43_{pp}^{(k)} \frac{1}{r^{(k)^2}} + D34_{pp}^{(k)} + \\
& + \frac{1}{r^{(k)}} D44_{pp}^{(k)}) W_p^{(k)}(x) + (D25_{pl}^{(k)} \frac{\partial^3}{\partial x^3} + (D35_{pl}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} D45_{pl}^{(k)} + \\
& + T35_{pl}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} T45_{pl}^{(k)}) \frac{\partial}{\partial x}) U_{\theta}^{(k)}(x) = q_{rp}^{(k)}. \\
& (D51_{ll}^{(k)} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + T51_{ll}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} T61_{ll}^{(k)}) U_{xl}^{(k)}(x) + (D52_{lp}^{(k)} \frac{\partial^3}{\partial x^3} + \\
& + (D53_{lp}^{(k)} \frac{1}{r^{(k)}} + D54_{lp}^{(k)} + T52_{lp}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} T52_{lp}^{(k)}) \frac{\partial}{\partial x}) W_p^{(k)}(x) + \\
& + (D55_{ll}^{(k)} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + T53_{ll}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)}} T63_{ll}^{(k)} + \frac{1}{r^{(k)^2}} T54_{ll}^{(k)}) U_{\theta}^{(k)}(x) = -q_{\theta}^{(k)}.
\end{aligned}$$

Розглянемо напружено-деформований стан чотиришарового волокнистого полого валу. Волокнистість моделюється ортотропним матеріалом з наступними фізико-механічними характеристиками:

$$E_x / E_{\theta} = 25 / 1; \quad E_{\theta} = E_r; \quad G_{x\theta} / E_r = 0,5 / 1; \quad G_{\theta r} / E_r = 0,2 / 1; \quad G_{xr} = G_{x\theta};$$

$v_{x\theta} = v_{xr} = v_{\theta r} = 0,25$. Цей матеріал в шарах повернутий наступним чином: $\pi/4; -\pi/4; \pi/4; -\pi/4$. Співвідношення довжини валу до товщини його стінок $L/h = 50$. Варіювалося співвідношення висоти до радіусу кривизни (вимірювалось на середині товщини полого валу) $h/R = 1/3; 1/30$. Виконувався просторовий розрахунок (Р), розрахунок без урахування обтиснення (S) та без урахування обтиснення та зсуву (К) (моделювалося відповідним заданням характеристик жорсткості). Закріплення шарнірно рухоме ліворуч ($x=0$); жорстке затиснення, але рухоме в радіальному напрямку, праворуч ($x=L/2$). Скручувальне навантаження прикладене на зовнішній поверхні, розподілене по закону косинуса.

Результати розрахунку ($\bar{U}_x = U_x E_r / q_\theta$; $\bar{U}_r = U_r E_r / q_\theta$; $\bar{U}_\theta = U_\theta E_r / q_\theta$).

Таблиця 1 – Максимальні переміщення на межах шарів при $h/R = 1/30$

$\bar{U}_x$			$\bar{U}_r$			$\bar{U}_\theta$		
Р	S	К	Р	S	К	Р	S	К
-1.2811	-1.2613	-1.1467	-3.0663	-3.1240	-2.9398	39.7836	39.7797	40.2766
-1.1764	-1.1556	-1.1004	-3.0605			40.1868	40.1830	40.6180
-0.8834	-0.8618	-1.0540	-3.0918			40.8990	40.8953	40.9597
-0.9619	-0.9397	-1.0079	-3.0843			41.7429	41.7392	41.3016
-0.4762	-0.4536	-0.9613	-3.1154			42.9042	42.9006	41.6437

Таблиця 2 – Максимальні переміщення на межах шарів при $h/R = 1/3$

$\bar{U}_x$			$\bar{U}_r$			$\bar{U}_\theta$		
Р	S	К	Р	S	К	Р	S	К
7.1084	7.5965	0.4122	1.1857	0.8650	-0.0128	43.7966	43.3509	9.7189
7.1595	7.6538	0.4127	1.0273			48.2368	47.7493	10.6892
7.4034	7.9074	0.4129	0.8413			53.0201	52.4954	11.6601
7.2881	7.7988	0.4131	0.7053			57.9548	57.3828	12.6313
7.7577	8.2654	0.4134	0.5090			63.2782	62.6620	13.6027

Висновки

Як видно з таблиць, для тонких полів валів з великим радіусом кривизни ($h/R=1/30$) нехтування обтісненням та зсувом не призводить до суттєвих похибок в результатах розрахунку. При розрахунку товстих валів з малим радіусом кривизни ($h/R=1/3$) нехтування зсувом приводить до неприпустимої похибки. Урахування обтіснення при такому розподілі навантаження необов'язкове.

Література

1. Григоренко Я.М., Василенко А.Т., Панкратова Н.Д. Задачи теории упругости неоднородных тел.– К.: Наукова думка, 1991.–216 с.
2. Григоренко Я.М., Влайков Г.Г., Григоренко А.Я. Численно-аналитическое решение задач механики оболочек на основе различных моделей. – К.:Академперіодика, 2006. –472 с.
3. Григоренко Я.М., Григоренко А.Я. Задачи статики и динамики анизотропных неоднородных оболочек с переменными параметрами и их численное решение (обзор). // Прикладная механика.– 2013.–49,N2 С. 3–70.
4. Гузь А.Н., Чернышенко И.С. Шнеренко К.И. Концентрация напряжений около отверстий в оболочках из композитных материалов // Прикладная механика.– 2001.–37,N2 С. 3–43.
5. Bakaiyan H., Hosseini H., and Ameri E. Analisis of multi-layered filament-wound composite pipes under combined internal pressure and thermo-mechanical loading with thermal variations // Compos. Struct. – 2009.– 88.– P. 532– 541.
6. Grigorenko, Ya.,M., Yaremchenko, S.,N.: Refined analysis of the stress state of orthotropic elliptic cylindrical shells with variable geometrical parameters // Int. Appl. Mech.-2008.- 40,N9.- P. 998-1005.
7. Grigorenko, Ya.,M., Grigorenko, A.,Ya., Zakhariychenko, L.,I. : Study of effect of the geometrical parameters on the stress state of cylindrical shells with corrugated elliptic cross-section // Int. Appl. Mech.-2009.- 43,N12.- P.1372-1379 .
8. Hosine A., Chapelle D., Baubakar M.L.,et al. Experimental and analytical investigation of the cylindrical part of a metallic vessel reinforced by filament winding while submitted to internal pressure // Int. J. Press. Vess. Piping.– 2009.– 86.– P.649– 655.
9. Marchuk A.V., and Piskunov V.G. Statics, vibrations and stability of composite panels with gently curved orthotropic layers. 1. Statics and vibrations // Mechanics of Composite Materials.– 1999.–35,N4.–P.285–292.
10. Marchuk A.V., Il'chenko Ya. L.,and Gnedash S.V. Analyzing of the stress-strain state of thick cylindrical shells.// Int. Appl. Mech.–2011.– 47,N4.– P.449–455 .

Славінська О. С., д-р техн. наук, Щодро О. Є., д-р техн. наук, Козарчук І. А.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВУЗЛА РОЗГАЛУЖЕННЯ ВІДКРИТИХ ПОТОКІВ У ЗОНІ ВПЛИВУ МОСТОВИХ ПЕРЕХОДІВ

Анотація. В статті розглянуто особливості кінематичної і турбулентної структури вузла розгалуження відкритих потоків у зонах впливу мостових переходів із груповими отворами. Проаналізовано теоретичний та експериментальний досвід з питань злиття потоків і вторинних течій поперечної циркуляції. На основі лабораторного експерименту досліджується структура зони злиття відкритих турбулентних потоків. Наводиться спосіб визначення траєкторій і напрямків внутрішніх течій на основі поля ізотак. Представлено результати розрахунку турбулентних характеристик досліджуваних потоків і їх виконано аналіз. Робиться висновок про характер течії у вузлах злиття в зоні впливу мостових переходів і особливості зародження внутрішніх течій.

Ключові слова. мостовий перехід, зона впливу, злиття відкритих потоків, турбулентність, вторинні течії, експеримент.

Аннотация. В статье рассмотрены особенности расчета речного потока в зонах влияния мостовых переходов с групповыми отверстиями, связанные с учетом эффекта внутренних течений на гидродинамические характеристики потока. Проанализировано теоретический и экспериментальный опыт по вопросам слияния потоков и вторичных течений поперечной циркуляции. Для учета влияния внутренних течений предлагается использовать двухпараметрическую $k-\epsilon$ модель совместно с алгебраическими уравнениями для рейнольдсовых напряжений. На основе эксперимента исследуется структура зоны слияния открытых турбулентных потоков. Приводится способ определения траекторий и направлений внутренних течений на основе поля изотак. Делается вывод о

характере течения в узлах слияния и особенностях зарождения внутренних течений.

Ключевые слова. Мостовой переход, зона влияния, слияние открытых потоков, турбулентность, вторичные течения, эксперимент.

Summary. The article describes peculiarities of kinematic and turbulent structure of the node of open branching flows in the affected zones of bridges with group openings. Theoretical and experimental experience on merging flows and secondary currents of transverse circulation was analyzed. The structure of confluence area of open turbulent flows is researched on the basis of the experiment. A method of determination of trajectories and directions of internal currents basing on the isotachs field is adduced. The results of calculation of turbulent characteristics of the researched flow are represented and analyzed. The conclusion about the nature of the flow at the nodes of confluence and features of internal currents origin is made.

Key words. Bridge crossing, affected zone, open streams confluence, turbulence, secondary flows, experiment.

Постановка проблеми

Одним з важливих питань при гідравлічних розрахунках мостових переходів є визначення розмірів групових отворів. На розмір отворів впливає розподіл витрати при розгалуженні потоків. Відділення рукавів від основного русла відбувається під впливом причин топографічного або геологічного характеру. Структура потоку при цьому має складний просторовий характер і зазнає сильного впливу з боку внутрішніх течій, які необхідно враховувати при розрахунках. Особливості руху води в місцях розгалуження відкритих потоків вивчаються з метою удосконалення розв'язування задач регульованої взаємодії потоків із гідротехнічними спорудами, проведення гідравлічних та руслових розрахунків при оцінці і прогнозах руслових деформацій.

Аналіз досліджень і публікацій

Згідно з дослідженнями [1] злиття відкритих потоків у відносно вузьких руслах, можна виділити три можливих режими злиття:

1. Режим, який характеризується відсутністю видимих деформацій водної поверхні. При цьому потік, який виходить з бічного каналу, притиснутий до внутрішньої стінки лотка, а епюри розподілу осереднених швидкостей майже рівномірні по ширині і глибині потоку.

2. Режим, який характеризується значними місцевими похилами водної поверхні в створі бічного каналу. При цьому утворюється коса хвиля невеликої висоти, потік пульсує, а стабілізація епюри осереднених швидкостей спостерігається на відстані $\frac{12,5...15}{h_{k2}}$, де h_{k2} – критична глибина сумарного потоку;

3. Режим, який характеризується поперечним рухом потоку. При цьому бічний потік набігає на протилежну стінку лотка з утворенням завихрення, спостерігається пульсація руху водної маси, а стабілізація епюри спостерігається на ділянці завдовжки $\frac{17,5...20}{h_{k2}}$.

Асиметрія поперечного перерізу потоку в зоні розгалуження виникає внаслідок розвитку відривних течій, які здійснюють перенесення руслоформуєчих наносів і таким чином призводять до значних деформацій русла [3, 6, 11].

При розгалуженні відкритих потоків виникають вторинні течії поперечної циркуляції двох видів: вторинні течії першого виду, обумовлені відцентровими силами на повороті русла, і вторинні течії другого виду, що виникають як у скривленому, так і в прямолінійному потоці, обумовлені нерівномірністю розподілу турбулентних напружень по живому перерізу русла, а саме нестійкістю основного осередненого руху потоку [7-9]. Сталі поперечні течії розвиваються в місцях значного викривлення струменів потоку і завжди мають характер замкнутих циркуляцій.

Більшість моделей, які описують такі складні течії, враховують тільки частину перерахованих особливостей, тому використання для замикання вихідної системи руху моделі другого порядку – двопараметричної k - ϵ моделі турбулентності спільно з алгебраїчними рівняннями для рейнольдсових напружень – стає особливо актуальним, оскільки дозволяє врахувати анізотропію процесу перенесення [5, 7].

Таким чином, мета роботи полягає в дослідженні кінематичної структури вузла злиття відкритих потоків.

Основна частина дослідження

З метою дослідження кінематичної структури вузла злиття відкритих потоків використовувалися експериментальні дослідження, проведені під керівництвом О. Є. Щодро в Національному університеті водного господарства та природокористування [12]. Дані дослідження присвячені визначенню пропускної здатності споруд на перетині траси головного каналу з тимчасовими і постійними водотоками. Експерименти проводились в лабораторії НУВГП. На двох гідравлічних моделях масштабу 1:70 і 1:32 досліджувалася робота трубчастого випуску, коли в каналі відбувалося злиття спокійних потоків. Русло мало складну трапецієподібну форму і однорідну шорсткість. Похил дна каналу дорівнював нулю. Розміри експериментальної установки 324x250 см (рис. 1).

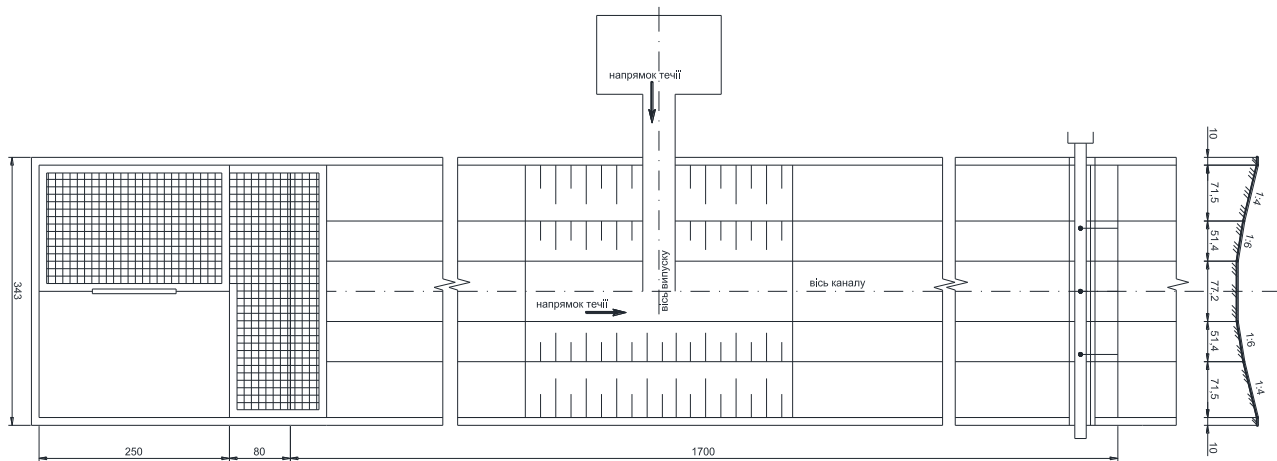


Рисунок 1 – Схема експериментальної установки М 1:70

Впускна споруда виконана з текстоліту і дерева. Лоток і водобійні частину випуску розміщуються в межах касети з однорідного піску, що розмивається, із середнім діаметром частинок $d_{cp} = 1,4$ мм. Касета призначена для фіксування зон найбільших місцевих розмивів і швидкостей в нижньому б'єфі споруди. Розмір касети уздовж осі лотка – 1,8 м, глибина – 0,15 м. Поверхня ґрунту касети при необхідності може закріплюватися шляхом нанесення тонкого шару цементу і змочування водою.

У головній частині лотка – водоприймальний резервуар, обладнаний заспокоюючими ґратами у верхньому і нижньому б'єфах, трикутним мірним

водозливом, п'єзометром, який має голку-шпiцен-масштаб з ноніусом, що дозволяє брати відліки з точністю до 0,1 мм. Перед входом у канал падаючий струмінь заспокоюється в басейні глибиною 1,2 м. Поверхневі хвилі ефективно гасяться наплавними ґратами з розміром чарунок 0,1х0,1 м. Розмір решітки вздовж потоку – 1,2 м.

У головній частині впускної споруди розміщується водоприймальний резервуар із розмірами в плані 1,2х1,2 м і висотою 0,9 м. Резервуар має трикутний мірний водозлив, п'єзометр, заспокійливі решітки. Вода, проходячи мірний водозлив, потрапляє в резервуар із розміром 0,51х1,20 м, де встановлені гасителі енергії. Далі потік надходить у лоток шириною 30,3 см, звідки надходить через випуск у канал.

Вимірювання миттєвих і осереднених швидкостей потоку виконувалося за допомогою однокомпонентного тензометричного пластинчастого датчика з прийомним елементом діаметром 5 мм і мікровертушки типу Х-6 з лічильником імпульсів.

Внаслідок проведених експериментів були отримані планові епюри розподілу швидкостей у вузлі злиття потоків (рис. 2 і 3).

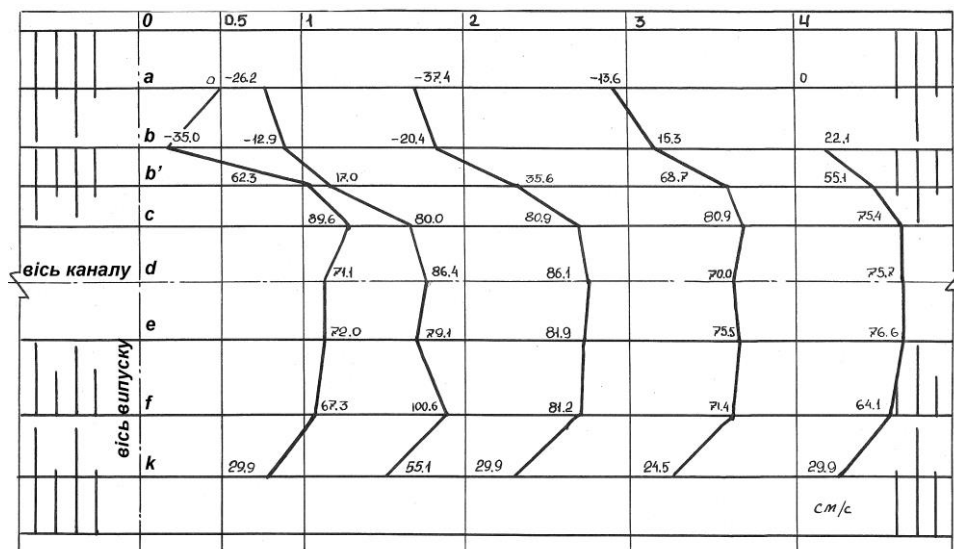


Рисунок 2 – Планові епюри осереднених за глибиною швидкостей у досліді №31

Результати даних досліджень підтвердили наявність трьох характерних зон у вузлі злиття відкритих потоків: 1) зони транзитного потоку, 2) зони

впадаючого в основний потік з водовпускної споруди притоку і 3) вихрової області.

У зоні злиття спостерігаються втрати енергії на поворот, які виникають головним чином через відрив потоку від внутрішньої стінки, що призводить до підтиснення струменя і подальшого його розширення.

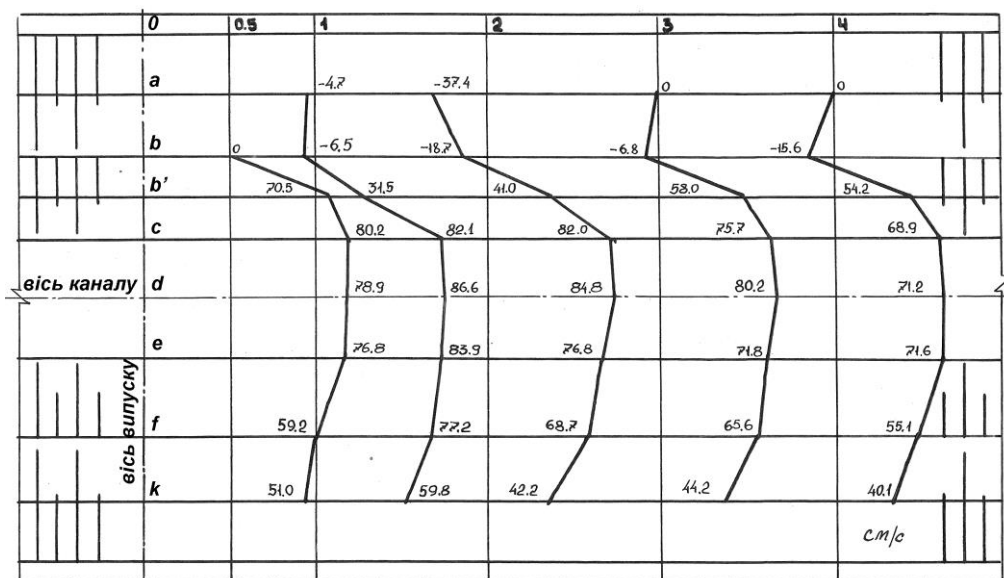


Рисунок 3 – Планові епюри осереднених за глибиною швидкостей у досліді №55а

Що стосується профілю вільної поверхні в області злиття, то тут можна відзначити наступне [4]: у верхній ділянці основного русла і притоці утворюються криві підпору; у вузлі злиття і нижній ділянці основного русла (до стиснутого перерізу) – криві спаду; нижче стиснутого перерізу – криві підпору, які за створом зникнення виру переходять у вільний профіль, який відповідає побутовим глибинам для сумарної витрати.

З метою дослідження структури внутрішніх течій, були побудовані ізотакси швидкісного поля для кожного досліду.

Турбулентний обмін по напрямку дотичної до ізотакси більше, ніж по напрямку до лінії градієнта. Кривизна ізотакси при обміні кількістю руху обумовлює відцентрову силу інерції, що викликає вторинний потік рідини. Цей потік тим більший, чим більша кривизна ізотакси. Отже, дослідження вторинних течій тісно пов'язано з дослідженням внутрішніх напружень [7].

Як видно з рис. 4 і 5, ближче до стінок спостерігається згущення ізотак, що свідчить про інтенсивну зміну дотичних напружень і, як наслідок, виникнення вторинних течій поперечної циркуляції. Це вказує на те, що саме біля стінок збуджуються і зароджуються основні вихори поперечних течій, і поле швидкостей завжди має просторовий характер.

Підтверджується висновок, що в потоці завжди мають місце вторинні течії у виді вихрових структур, що супроводжують основну течію і носять регулярний характер. Вони накладаються на основний потік і впливають на формування його швидкісного поля.

Аналізуючи досліди, можна помітити утворення замкнутих планових циркуляцій біля лівої стінки каналу нижче місця з'єднання потоків, де мають місце від'ємні значення поздовжніх швидкостей. Також в цих місцях спостерігається згущення ізотак при переході через 0. Ці явища можна пояснити відтисненням потоку від стінки внаслідок значних швидкостей і витрат випуску порівняно з основним каналом. В результаті зростають турбулентні дотичні напруження і поперечні циркуляції, а потік зазнає значного стиснення в зоні злиття, а потім розширення дещо нижче цієї зони. Під час стиснення швидкості зростають, а під час розширення – навпаки зменшуються.

По картині ізотак можна визначити характер і напрямок [2] поперечних течій. Напрямок вигину ізотак в плані, а також гострого кута ізотак при підході до стінки каналу вказують на напрямок поперечних циркуляцій (рис. 4 і 5). Лінії струменів вторинних течій є замкнутими кривими і визначають форму вихрових структур. Експериментальним шляхом встановлено [10], що форма вихорів у залежності від геометричних розмірів русла може мати вид еліпса з різними співвідношеннями осей.

Обробка даних експериментальних досліджень була виконана в Національному транспортному університеті на основі математичної моделі і методу її реалізації, запропонованих в роботі [13]. Розрахунки проводились для умов дослідів №31 та №55а. Дослід №31: витрата каналу $Q_k = 150$ л/с, витрата випуску $Q_e = 9,13$ л/с, глибина потоку $h = 18,57$ см. Дослід №55а: $Q_k = 150$ л/с, $Q_e = 4,57$ л/с, $h = 18,57$ см. Результати розрахунків наведені на рис. 6-13.

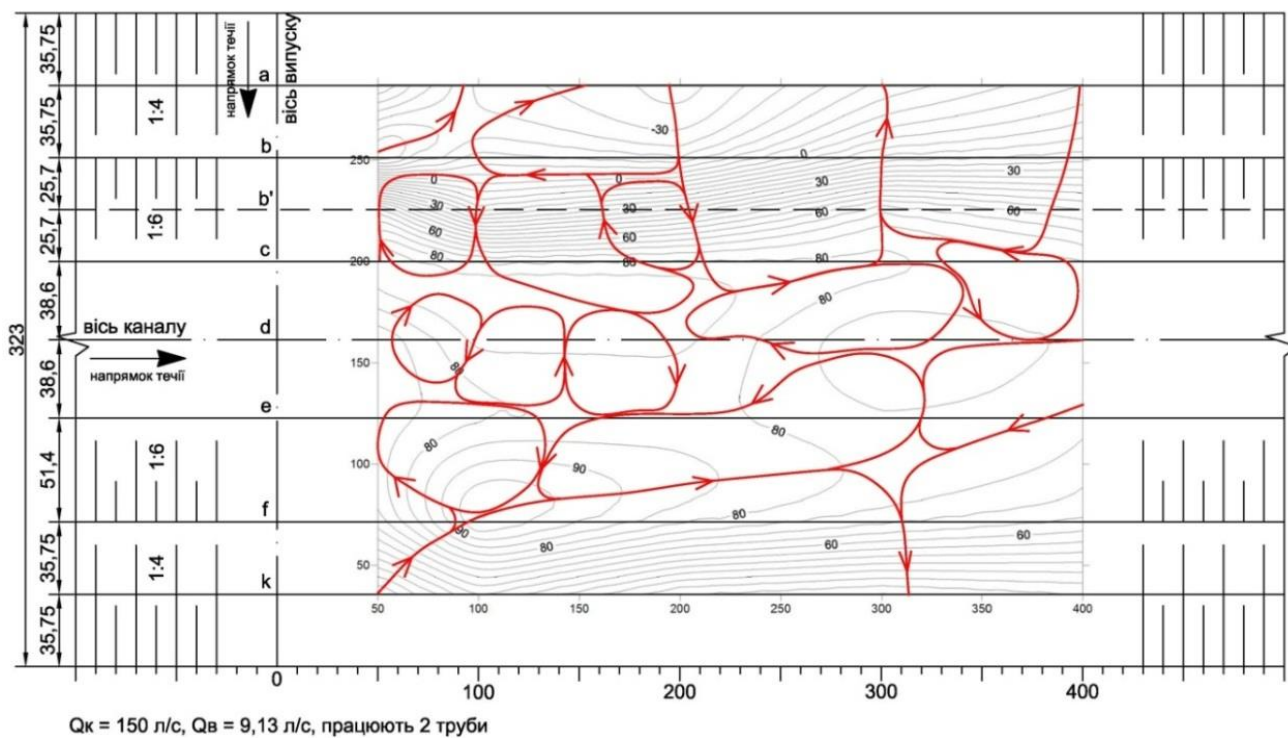


Рисунок 4 – Ізотакти осереднених за глибиною швидкостей в досліді №31 (розміри наведені в сантиметрах, швидкості – в см/с); стрілками показані напрямки внутрішніх течій

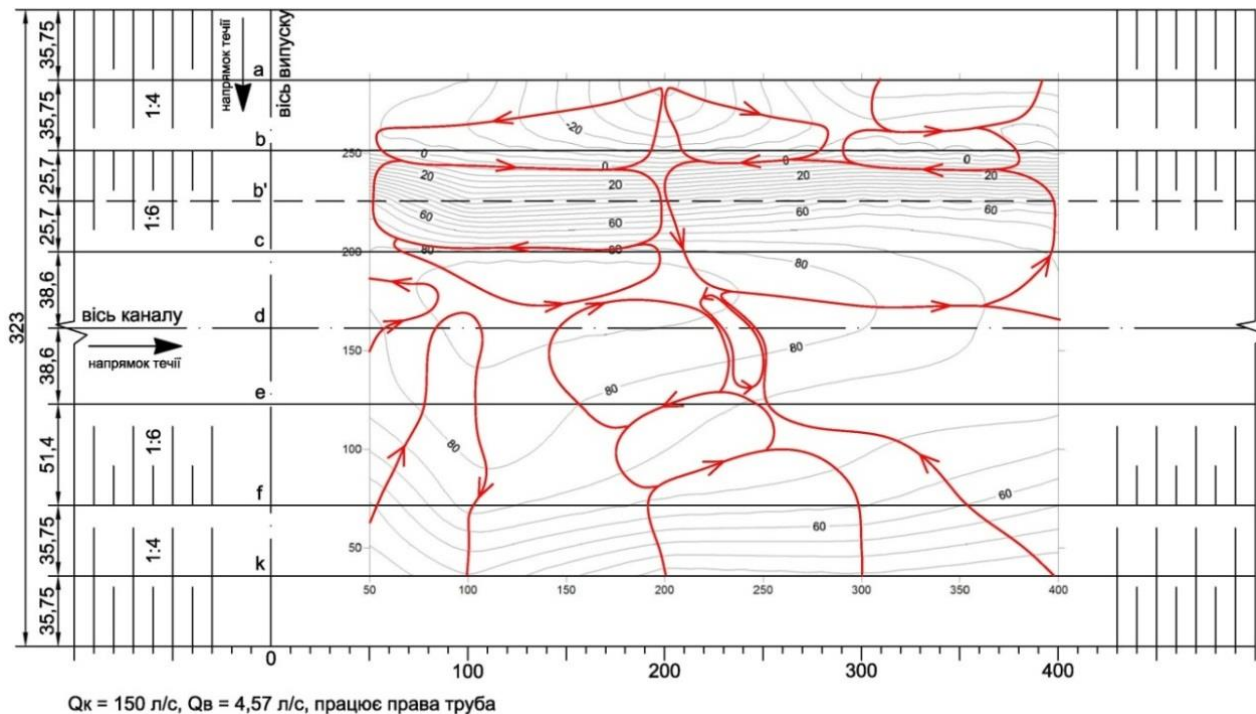


Рисунок 5 – Ізотакти осереднених за глибиною швидкостей в досліді №55а (розміри наведені в сантиметрах, швидкості – в см/с); стрілками показані напрямки внутрішніх течій

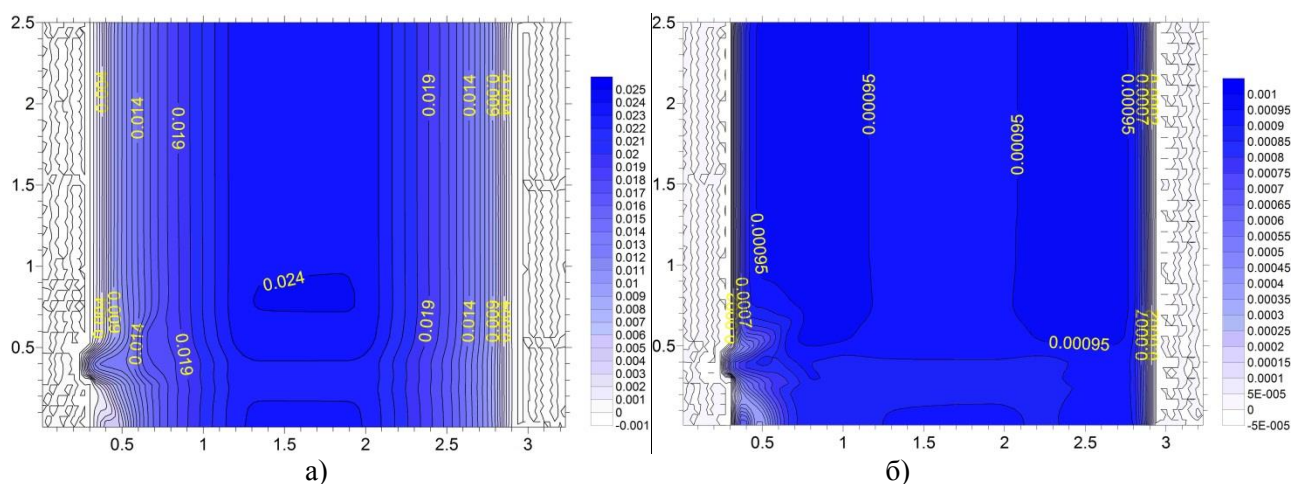


Рисунок 6 – Графік зміни гідродинамічних характеристик у досліді №31: а) графік зміни кінетичної енергії турбулентних пульсацій k ($\text{м}^2/\text{с}^2$); б) графік зміни швидкості дисипації ε ($\text{м}^2/\text{с}^3$) кінетичної енергії

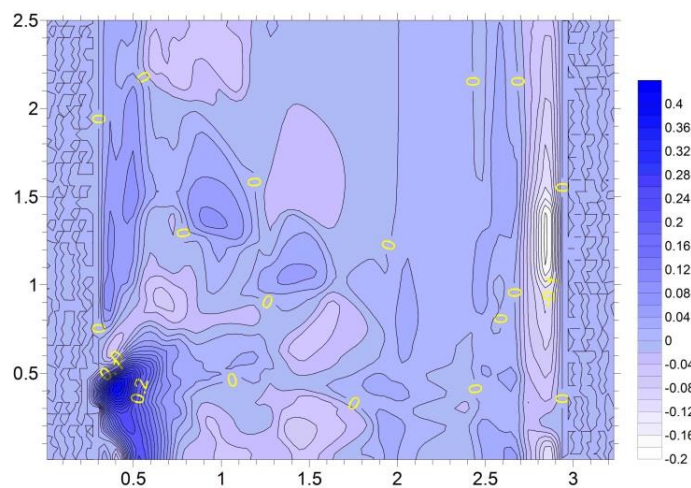


Рисунок 7 – Графік зміни завихреності Ω (с^{-1}) у досліді №31

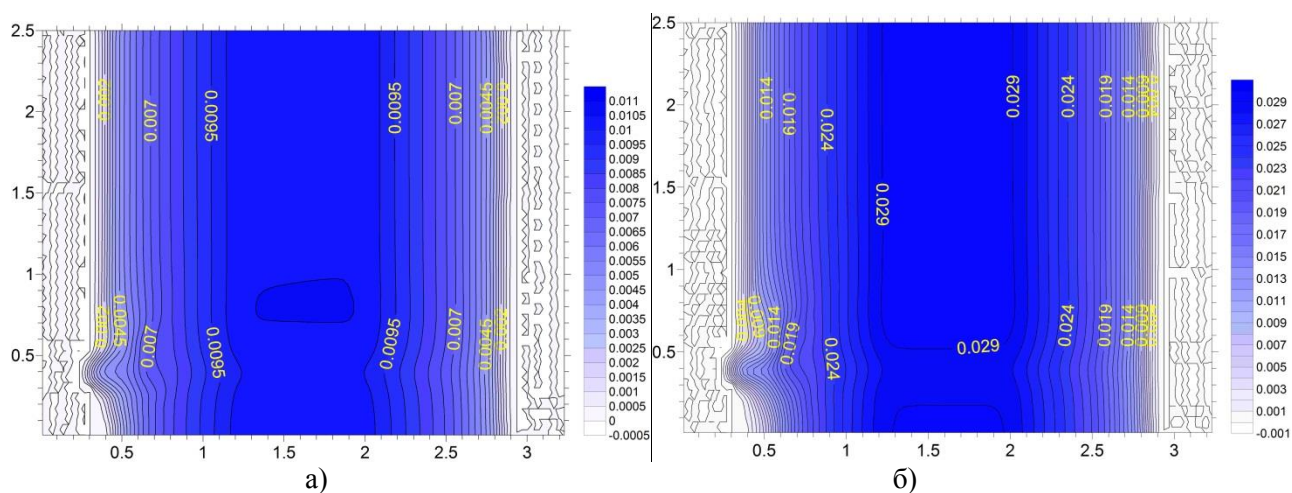


Рисунок 8 – Графік зміни гідродинамічних характеристик у досліді №55а: а) графік зміни дотичних турбулентних напружень $\overline{V'_x V'_y}$ ($\text{м}^2/\text{с}^2$); б) графік зміни нормальних турбулентних напружень $\overline{V'_x V'_x}$ ($\text{м}^2/\text{с}^2$)

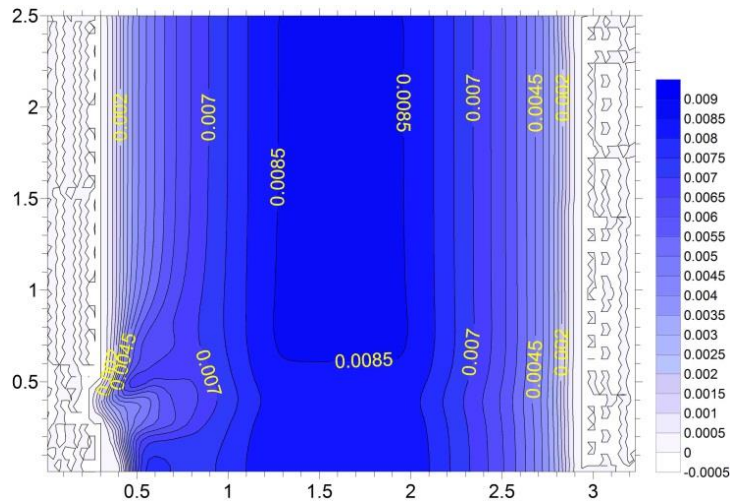


Рисунок 9 – Графік зміни нормальних турбулентних напружень $\overline{V'_y V'_y}$ (м²/с²) у досліді №55а

Перенесення кінетичної енергії турбулентних пульсацій k (рис. 6, а), розподіл швидкості її дисипації ε (рис. 6, б) і зміна нормальних турбулентних напружень $\overline{V'_x V'_x}$ (рис. 8, б), $\overline{V'_y V'_y}$ (рис. 9) відповідають характеру зміни поздовжньої швидкості. Це підтверджує вплив внутрішніх течій на розподіл як кінематичних, так і турбулентних характеристик потоку, які зумовлюють його анізотропний стан. Аналізуючи графік зміни дотичних турбулентних напружень $\overline{V'_x V'_y}$ (рис. 8, а), можна відзначити, що найбільший вплив на перенесення дотичних рейнольдсових напружень здійснює область перепадів глибини при переході русла на заплаву.

Графік зміни завихреності Ω (рис. 7) показує наявність у потоці додатних і від'ємних вихорів, чергування яких відбувається за рахунок стиснення потоку при злитті. Інтенсивність додатних вихорів переважає. А за розташуванням і формою від'ємних вихорів можна встановити області з рециркуляційними течіями та зону впливу стиснення.

Висновки

Проектування мостових переходів із груповими отворами має особливу складність, тому що в цьому випадку задача потребує детальної оцінки і врахування цілого ряду властивостей як руслового, так і заплавного потоків у вузлах розгалуження. Явища поділу і злиття вносять суттєві зміни в

гідродинамічну структуру потоку, що призводить до появи значних вихрових ділянок, викривлення потоку в плані, розвитку внутрішніх течій поперечної циркуляції, зміни рівня вільної поверхні у вузлах. Наслідком впливу наведених факторів є стрибкоподібна зміна глибини потоку та відповідно розвиток руслових деформацій, які порушують нормальні умови експлуатації мостових споруд.

Література

1. Дупляк В. Д. Гидравлические исследования устьевых сооружений. Автореф. дисс. канд.техн.наук: 05.14.09. – Киев. – 1975. – 24 с.
2. Железняков Г. В. Пропускная способность русел, каналов и рек. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 311 с.
3. Караушев А. В. Речная гидравлика. – Л.: Гидрометеиздат. – 1969. – 416 с.
4. Мухамедов Д. А. Гидравлика узлов сопряжения открытых потоков. Автореф. дисс. докт.техн.наук. – Москва. – 1993. – 48 с.
5. Роди В. Модели турбулентности окружающей среды // Методы расчета турбулентных течений. – М.: Мир, 1984. – С. 227-322.
6. Розовский И. Л. Движение воды на повороте открытого русла. – Киев: Идат-во АН УССР. – 1957. – 187 с.
7. Савенко В. Я., Славинская Е. С. Моделирование процессов развития внутренних течений с учетом анизотропии открытых турбулентных потоков. – К.: НТУ, 2004. – 176 с.
8. Славінська О. С. Врахування впливу внутрішніх течій на процеси у придонній області відкритого неоднорідного потоку / О.С. Славінська // 63 науково–практична конференція науково–педагогічних працівників, аспірантів, студентів та структурних підрозділів університету. – К.:НТУ, 2007. – С. 102.
9. Славінська О. С., Козарчук І. А. Дослідження розвитку відривних течій при розгалуженні русел в зонах впливу мостових переходів з груповими отворами/ Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. – К.: НТУ. – Вип. 83. – 2012. – С. 95-97.
10. Спицын И. П. Влияние вторичных течений на формирование скоростного поля прямолинейного потока. – Труды ЛГМИ, 1967. Вып. 25, с. 33 – 40.
11. Шеренков И. А. Прикладные плановые задачи гидравлики спокойных потоков. – М.: Энергия. – 1978. – 240 с.
12. Щодро А. Е. и др. Определить пропускную способность сооружений на пересечении трассы главного канала переброски с временными и постоянными водотоками различной категории и дать рекомендации по их проектированию и эксплуатации. Отчет о НИР. УДК 636.532. – Ровно: УИИВХ, 1985. – 123 с.
13. Slavinska, O. and Kozarchuk, I. (2014) Research of internal currents in the node of branching river flows. The Advanced Science Journal. (10). pp. 56-63. DOI: 10.15550/ASJ.2014.10.056.

Пронин С.В., канд. техн. наук. (ХНАДУ)

ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Анотація: У статті розглядається підхід до вирішення завдань прогнозу за допомогою штучних нейронних мереж.

Ключові слова: штучна нейронна мережа, прогноз, алгоритм навчання

Аннотация: В статье рассматривается подход к решению задач прогноза при помощи искусственных нейронных сетей.

Ключевые слова: искусственная нейронная сеть, прогноз, алгоритм обучения

Abstract: This paper presents an approach to solving the problems of the forecast using artificial neural networks.

Keywords: artificial neural network, forecast, learning algorithm

Введение

Задачи прогнозирования решаются в самых разнообразных областях человеческой деятельности, таких как наука, экономика, производство и множество других сфер. Прогнозирование является важным элементом организации управления как чисто технических так и социально-экономических систем.

Развитие методов прогнозирования непосредственно связано с развитием информационных технологий, в частности, с ростом объемов хранимых данных и усложнением методов и алгоритмов прогнозирования. Вычислительные возможности современных информационных систем позволяют применять для решения задач прогноза аппарат искусственных нейронных сетей.

В данной статье рассматривается задача прогнозирования с помощью искусственных нейронных сетей. Показывается преимущество многослойных

нейронных сетей, которым для качественной работы нужно большее количество нейронов в слоях и большее количество элементов обучающей выборки.

Анализ литературы

Так как в нашем случае решается задача по сути прогнозирования временного ряда то для её решения более подходят математические и статистические методы. Остановимся кратко на данных методах.

Один из традиционных методов построения прогноза и обработки временных рядов – это построение регрессионной зависимости прогнозируемого параметра от времени. При использовании методов регрессии предполагается, что прогнозируемый случайный процесс является стационарным, т.е. в каждый промежуток времени случайная величина, характеризующая процесс, имеет вероятностное распределение и содержит неизменные по времени параметры.

Методы авторегрессии, когда прогнозируемое значение параметра зависит от определенной совокупности предыдущих значений параметров временного ряда, также строится на предположении о стационарности процесса. Авторегрессия говорит о так называемом «эффекте памяти» для временного ряда, об инертности и стационарности прогнозируемого процесса и о сохранении сложившейся парадигмы на интервале прогнозирования. Методы авторегрессии применимы для коротких зависимостей, поэтому её использование для долговременного прогнозирования нецелесообразно [1].

Для того, чтобы убрать предпосылку о стационарности изучаемого процесса Энгл и Боллерслев разработали методы ARCH и GARCH [1-3]. Они предположили, что изучаемый процесс, не стационарен, но будущее значение волатильности процесса может быть спрогнозировано по ряду предыдущих значений волатильности, т.е. прогнозируется распределение ошибки прогнозирования. Дальнейшим развитием методов ARCH и GARCH выступают методы нейронных сетей, когда система прогнозирования в автоматическом режиме производит оценку параметров регрессии, уменьшая функцию ошибки. Но методы ARCH и GARCH перестают работать, когда изучаемый процесс резко изменяет свою тенденцию, т.е. происходит, так называемый, парадигмальный разрыв. В отличие от методов ARCH и GARCH нейронные

сети за счет реализованных в них механизмов самообучения лишены данных недостатков [4-10].

Выбор типа сети для решения задачи прогноза

При выборе архитектуры сети для прогнозирования обычно испытывается несколько конфигураций с разным количеством элементов. Исходя из того, что задача прогнозирования является частью случая задачи регрессии, то возможно ее решена следующими типами нейронных сетей многослойным персептроном (MLP), радиально-базисной сети (RBF), обобщенно-регрессионной сети (GRNN). Проанализируем основные свойства данных сетей. Сеть, построенная на радиальных базисных функциях (RBF), имеет промежуточная прослойка из радиальных элементов, каждый из которых воспроизводит гауссовой поверхности отклика. Поскольку эти функции нелинейные, то для моделирования любой произвольной функции отклика нет необходимости использовать более одной промежуточной слою: достаточно лишь взять оптимальное число радиальных элементов. RBF-сети имеют как ряд достоинств (компактность, быстрая обучаемость), так и недостатков. Например, с "групповым" представлением пространства модели связано неумение сетей RBF экстраполировать свои выводы за область известных данных: при удалении от учебной множества значение функции отклика быстро падает до нуля [4-9].

Многослойный персептрон (MLP) при обучении запоминал предлагаемые примеры, постепенно подстраивая свои внутренние параметры. Сети с общей регрессией запоминают примеры в буквальном смысле. Каждому примеру – отдельный нейрон в скрытом слое сети, а затем, при применении сеть сравнивает предлагаемый пример с примерами, которые она помнит. Самый простой вариант применения искусственных нейронных сетей в задачах прогнозирования - использование обычного персептрона с одним, двумя, или (в крайнем случае) тремя скрытыми слоями. При этом на входы нейронной сети обычно подается набор параметров, на основе которого (по мнению эксперта) можно успешно прогнозировать. Выходом обычно является прогноз сети на будущий момент времени.

Аппроксимация плотности вероятности с помощью ядерных функций является методологической основой для вероятностных (PNN) и обобщенно-регрессионных (GRNN) нейронных сетей. В этих сетях в точку расположения каждого учебного наблюдения содержится гауссова ядерная функция. Окончательная выходная оценка сети получается как взвешенное среднее выходов по всем учебным наблюдениям, где величины весов отражают расстояние от этих наблюдений до той точки, в которой производится оценивание. Таким образом, более близкие точки вносят больший вклад в оценку прогнозируемого процесса.

Первая промежуточная прослойка сети GRNN состоит из радиальных элементов, а вторая промежуточная прослойка содержит элементы, которые помогают оценить взвешенный выход нейронов первого слоя и состоит из двух нейронов. Обобщенно-регрессионная сеть обучается почти мгновенно, но может получиться большой и медленной. Как и сеть RBF, сеть GRNN не обладает способностью эффективно экстраполировать данные. Несмотря на то, что принцип обучения и применения таких сетей в корне отличается от обычных персептронов, внешне сеть используется таким же образом, как и обычный персептрон. Говоря другими словами, это совместимые архитектуры в том смысле, что в работающей системе прогнозирования можно заменить работающий персептрон на сеть с общей регрессией, и все будет работать. Не потребуется проводить никаких дополнительных манипуляций с данными.

Если персептрон при обучении запоминал предлагаемые примеры, постепенно подстраивая свои внутренние параметры, то сети с общей регрессией запоминают примеры в буквальном смысле. Каждому примеру – отдельный нейрон в скрытом слое сети, а затем, при применении сеть сравнивает предлагаемый пример с примерами, которые она помнит, и на основе этого сравнения выдаст ответ.

Отсюда следует основной недостаток такой архитектуры – когда объем информации велик, сеть станет слишком большой и будет медленно работать.

Ещё один недостаток таких сетей заключается в невозможности выстраивания линии прогноза. Поэтому такие сети можно использовать только

в случаях, когда наблюдаемый процесс устойчив, или, после декомпозиции данных [6].

Формирование архитектуры сети

Для решения поставленной задачи можно применить многослойную сеть с прямой передачей информации, образованная искусственными нейронами типа Адаптивный Линейный Элемент (ADALINE). Этот выбор определяется тем, что адалина является одним из простейших эффективных обучающихся нейронов. Структурно адалина состоит из адаптивного ассоциатора и активационной функции, в качестве которой предлагается использовать логистическую функцию активации.

Первый слой данной сети образован нейронами с обратными связями, на которые подается задержанные значения входного сигнала, а также задержанные сигналы предсказанного значения.

При задании входного вектора $X(k)$ ретроспективная выборка будет приобретать вид:

$$X=X(k), X=X(k-1), X=X(k-2), \dots, X=X(k-n), \quad (1)$$

где $X(k)$ – входной вектор, характеризующий значение показателя в момент времени k ;

$X(k-n)$ – входной вектор, характеризующий значение показателя в момент времени $k-n$.

Таким образом ретроспективная выборка составит:

$$X(k) \rightarrow D(k), \quad (2)$$

где $D(k)$ – ожидаемое значение.

Вопрос количества промежуточных (скрытых) слоев и элементов в них решается экспериментальным путем, при этом количество промежуточных слоев и количество элементов в них выбирались таким образом, чтобы для различных наборов реализаций достигался минимум критериев:

- максимальной относительной ошибки прогноза;
- времени обучения (переобучения) нейронной сети

Оценка прогноза осуществляется по методу наименьших квадратов, который представляет собой метод оценки параметров модели на основании экспериментальных данных, содержащих случайные ошибки. Так необходимо минимизировать разницу между экспериментальными данными и теоретическими (вычисленными при помощи предложенной модели). Мерой разницы в методе наименьших квадратов служит сумма квадратов отклонений действительных (экспериментальных) значений от теоретических.

Выбор алгоритма обучения нейронной сети

На следующем этапе необходимо подобрать алгоритм обучения нейронной сети с целью получения более точного прогноза.

В основном все алгоритмы обучения можно разбить на две категории [4, 8-9]:

- градиентные алгоритмы;
- стохастические алгоритмы.

Первую группу составляют алгоритмы основанные на вычислении производной функции ошибки и корректировке весов в соответствии со значением найденной производной. Основу всех этих алгоритмов составляет хорошо известный алгоритм обратного распространения ошибки [4].

Стохастические методы обучения выполняют псевдослучайные изменения величин весов, сохраняя те изменения, которые ведут к улучшениям характеристик сети [6, 8-9]. Основным недостатком стохастических алгоритмов является достаточно долгое время обучения.

В статье, для выбранной архитектуры нейронной сети, в качестве алгоритма обучения нейронной сети был выбран алгоритм обучения Уидроу-Хоффа [10], обладающий высоким быстродействием.

В данном алгоритме входной сигнал это сумма $x_n(k)$ представляющий из себя входное значение прогнозируемого процесса $x_n(k)$ умноженную на вес $w_n^{[n]}$, который устанавливается в зависимости от характеристик наблюдаемого процесса:

$$\hat{x}(k) = w_1^{[1]}(k)x_1(k) + w_2^{[1]}(k)x_2(k) + \dots + w_n^{[1]}(k)x_n(k), \quad (3)$$

где $\hat{x}(k)$ – значение на выходе первого слоя нейронной сети;

$w_I^{[1]}(k)$ – значение синаптических весов первого слоя нейронной сети;

$w_I^{[1]}(k)$ – значение на входе нейронной сети.

Выход нейрона сравнивается с внешним воздействием $d(t)$, которое в данном случае является корректирующим коэффициентом в результате чего рассчитывается ошибка и корректировка весовых коэффициентов:

$$e^{[1]}(k) = d(k) - \hat{x}(k), \quad (4)$$

где $e^{[1]}(k)$ – значение погрешности обучения нейронной сети;

$d(k)$ – корректирующее значение.

$$w_i^{[1]}(k+1) = w_i^{[1]}(k) + \eta(k)e^{[1]}(k)x_i(k), i=1\dots n, \quad (5)$$

где $w_I^{[1]}(k+1)$ – скорректированное значение синаптических весов;

μ – коэффициент скорости обучения.

Далее выходной сигнал подается на цепочку из элементов чистого запаздывания z^{-1} в результате чего на выходе образуется последовательность:

$$\begin{aligned} \hat{y}(k) = & w_1^{[2]}(k)\hat{x}(k-1) + w_2^{[2]}(k)x(k-2) + \dots + w_m^{[2]}(k)x(k-m) + \\ & + w_{m+1}^{[2]}\hat{y}(k-1) + w_{m+2}^{[2]}\hat{y}(k-2) + \dots + w_{m+1}^{[2]}\hat{y}(k-1) \end{aligned}, \quad (6)$$

где $\hat{y}(k)$ – выходной сигнал сети;

$\hat{x}(k-1)$ – значение на выходе скрытого слоя нейронной сети;

$w_I^{[1]}(k+1)$ – скорректированное значение синаптических весов для второго слоя нейронной сети.

Выход нейрона сравнивается с сигналом $\hat{x}(k)$ после чего происходит подстройка синаптических весов выходного слоя по формуле:

$$w_j^{[2]}(k+1) = w_j^{[2]}(k) + \eta(k)e^{[2]}(k)\tilde{x}_j(k). \quad (7)$$

После чего выходным нейроном формируется прогноз.

Вывод

В статье был предложен подход к прогнозированию с помощью аппарата искусственных нейронных сетей. Определена архитектура сети и подобран алгоритм обучения.

Литература

1. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений / А. К. Митропольский – М., Наука, 1971. – 576 с.
2. Учебник. Методы прогнозирования: Регрессионные методы прогнозирования [Электронный ресурс] / Аналитические технологии для прогнозирования и анализа данных. НейроПроект: 1999-2005. Режим доступа: URL: http://www.neuroproject.ru/forecasting_tutorial.php
3. Учебник. Методы прогнозирования: Регрессионные методы прогнозирования [Электронный ресурс] / Аналитические технологии для прогнозирования и анализа данных. НейроПроект: 1999-2005. Режим доступа: URL: http://www.neuroproject.ru/forecasting_tutorial.php
4. http://www.neuroproject.ru/forecasting_tutorial.php
5. Руденко О. Г., Искусственные нейронные сети / О. Г. Руденко, Е. В. Бодянский – ООО «Компания СМИТ», 2005. – 408 с.
6. Wasserman P. D. Neural Computing: Theory and Practice / Van Nostrand Reinhold, New York, NY 1989. – 189 с.
7. Нейросетевой анализ и прогнозирование: [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <http://www.netneuro.ru>
8. Aarts E. H. L.. Simulated annealing and Boltzmann machines. Chichester : Wiley, 1989. – pp 443 – 447.
9. Медведев В. С. Нейронные сети. MATLAB 6 / В. С. Медведев, В. Г. Потемкин – М. : ООО «ВИТРЭМ», 2002. – 245 с.
10. Калацкая Л. В. Нейронные сети Statistica neural Networks / Л. В. Калацкая,
11. В. А. Новиков, В. С. Садков – М.: Телеком, 2000. Организация и обучение искусственных нейронных сетей / Мн.: БГУ – 2003. – 267 с.
- Пронин С. В. Применение искусственных нейронных систем для моделирования транспортных систем / С. В. Пронин// Автомоб. трансп.: сб. науч. тр. – Х., 2006. – Вып.18. – С. 123 – 125.

УДК 539.4:625.142.42:658.5

Кульбовський І.І., канд. техн. наук, Агарков О.В., канд. техн. наук

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВЗАЄМОДІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ З РЕЙКАМИ НА КОЛІЯХ МЕТРОПОЛІТЕНУ ЯК ОДИН З ЧИННИКІВ ЯКОСТІ УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ В МЕТРОПОЛІТЕНІ

Анотація. Встановлено зв'язок між якістю управління проектами в метрополітені та умовами взаємодії рухомого складу з рейками залізничної колії. Запропоновано математичну модель взаємодії рейок з колесами рухомого складу. Визначено всі складові тензору напружень, деформацій та переміщень для умови контактної взаємодії в прямих ділянках колії. Запропоновано шляхи подальшого використання отриманих результатів.

Ключові слова: рейка, колесо, оптимізація, управління проектами, метод скінченних елементів, контактна задача, математична модель, якість.

Аннотация. Установлена связь между качеством управления проектами в метрополитене и условиями взаимодействия подвижного состава с рельсами железнодорожного пути. Предложена математическая модель взаимодействия рельсов с колесами подвижного состава. Определены все составляющие тензора напряжений, деформаций и перемещений для условий контактного взаимодействия в прямых участках пути. Предложены пути дальнейшего использования полученных результатов.

Ключевые слова: рельс, колесо, оптимизация, управления проектами, метод конечных элементов, контактная задача, математическая модель, качество.

Abstract. The relationship between the quality of project management in terms of interaction and underground rolling stock and rails railway are established. A mathematical model of the wheel-rail interaction are proposed. Determine all the components of the tensor of stresses, strains and displacements for the conditions of contact interaction in the straight sections of track. Suggested the ways of further use of the results.

Keywords: subway, rail, optimization, wheel, project management, finite element method, the contact problem, mathematical model, quality.

Умови та характер взаємодії рейок з колесами рухомого складу безпосередньо впливає на довговічність контактуючих тіл. Для якісного управління проектами в метрополітені необхідно приймати заходи щодо подовження строків служби відповідальних елементів інфраструктури метрополітену. Для цього необхідно визначити фактори та ступінь їх впливу на процес зносу конструкції в процесі експлуатації.

Існують різні підходи до процесу визначення факторів та ступеня їх впливу на життєвий цикл елементів конструкцій. Для цього можна використовувати зібрані дані з діючих ділянок колії [1], проводити експериментальні дослідження на реальних об'єктах [2], проводити експериментальні дослідження на установках, що імітують роботу відповідних елементів конструкцій [3-5] або використовувати математичне моделювання [6-8].

Кожен із запропонованих методів має як свої переваги, так і недоліки. Збір даних з діючих ліній метрополітену має суттєвий недолік, оскільки він дозволяє аналізувати лише обмежену кількість експериментальних даних, не дозволяє враховувати вплив випадкових факторів, що виникають в процесі експлуатації, а також не дозволяє спрогнозувати вплив зміни окремих експлуатаційних факторів на загальну довговічність конструкції. Проведення експериментальних випробувань пов'язано із значними капітальними витратами на створення інфраструктури та підтримання її працездатності.

Математичне моделювання не потребує суттєвих капітальних витрат, дозволяє дослідити вплив окремо взятого експлуатаційного фактору на

загальну довговічність конструкції, а також скорочує витрати часу на проведення таких досліджень. Є в такого підходу і недолік, оскільки математична модель базується на теоретичних залежностях, які не завжди підтверджуються в експлуатаційних умовах, оскільки в математичній моделі не можливо врахувати вплив всіх експлуатаційних факторів. Однак, чим більше факторів враховує математична модель, тим точніше вона моделює реальні умови експлуатації. Тому моделювання роботи конструкцій за допомогою обчислювальної техніки на даний час набуло широкого використання, оскільки це пришвидшує стадію оптимізації їх роботи та зменшує собівартість виробництва.

Отже, використання математичного моделювання дозволяє покращити управління проектами в метрополітені за рахунок скорочення витрат на поточне утримання інфраструктури, шляхом визначення оптимальних умов роботи конструкцій в процесі експлуатації.

Виконаємо математичне моделювання взаємодії рейки з колесом рухомого складу в метрополітені.

При моделюванні будемо використовувати метод скінченних елементів. Цей метод [9] було створено для розв'язання складних рівнянь теорії пружності і будівельної механіки, однак на даний час він знайшов широке використання і в вирішенні кола не пов'язаних із механікою деформівного твердого тіла задач.

Серед переваг цього методу можна назвати такі як врахування поведінки фізично та геометрично нелінійних матеріалів, можливість враховувати геометрію конструкції будь-якої складності, візуалізація отриманих даних, що полегшує задачу інженера з аналізу отриманих результатів.

Задача взаємодії рейки з колесом рухомого складу метрополітену розв'язувалася в пружній квазістатичній постановці. Профіль поверхні кочення бандажа колеса рухомого складу було виконано за кресленням ЗАТ «МІНТЕК» (аналог ДМетІ ВР). Профіль поверхні кочення рейки відповідав типу Р50 [10]. Задача розв'язувалася в пружній постановці. Механічні властивості матеріалів колеса і рейки наступні: модуль Юнга $E = 2.1 \cdot 10^5$ Н/мм², коефіцієнт Пуассона $\mu = 0.3$. Навантаження на вісь рухомого складу приймалося рівним 150 кН.

На рисунку 1 представлено геометричну модель взаємодії рейки з колесом рухомого складу. Довжина рейки приймалася рівною 600 мм, що дорівнює відстані між осями двох суміжних шпал. Кількість скінченних елементів складала 47222, кількість вузлів сітки – 70121. Взаємне положення колеса рухомого складу і рейки на рисунку 1 характерно для руху в прямій ділянці колії.

В результаті розрахунку було отримано всі складові тензору напружень, деформацій та переміщень.

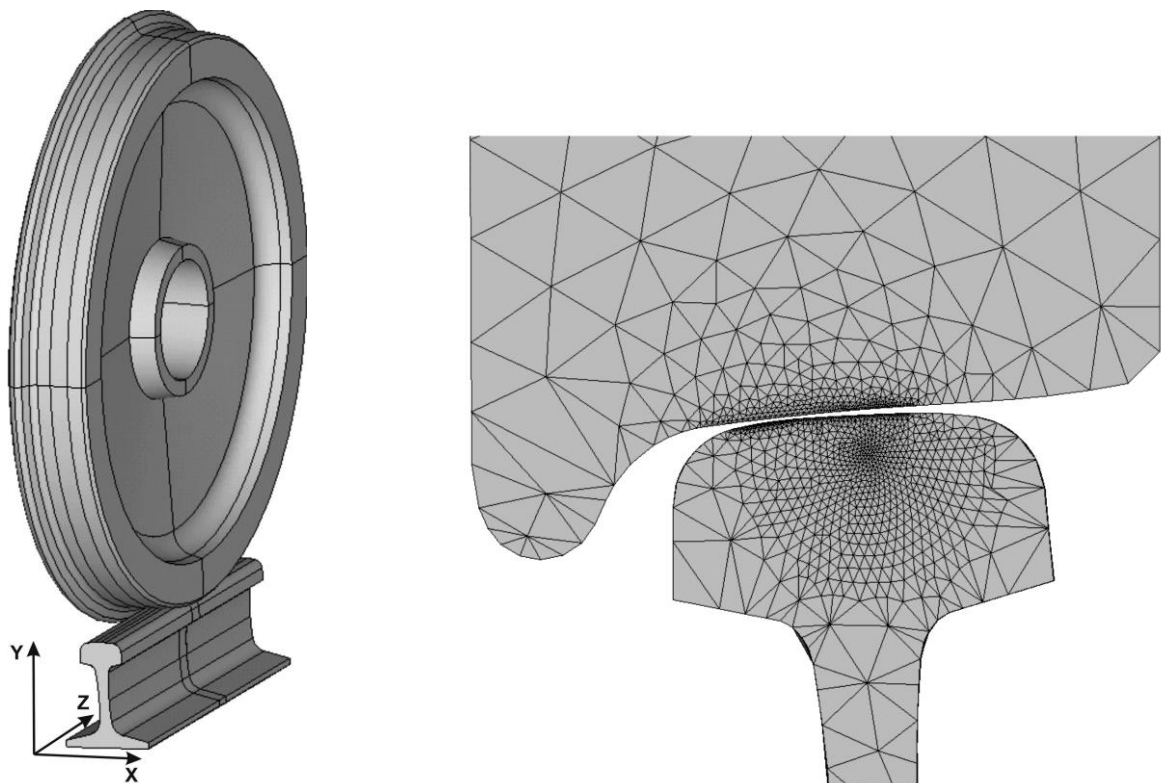


Рисунок 1 – Геометрична модель (зліва) та скінченноелементна сітка в районі контакту (справа)

Представимо деякі з результатів розрахунку. На рисунку 2 приведено площадку контакту колеса з рейкою. Як видно, площадка контакту має форму еліпсу, розміри напіввісей 7.89 мм у поздовжньому напрямку та 2.79 мм у поперечному напрямку. Площадка контакту зміщена до внутрішньої грані головки рейки. Максимальний тиск на поверхні контакту становить 1658 МПа.

На рисунку 3 представлено розподіл еквівалентних напружень в зоні контакту. Максимальне еквівалентне напруження складає близько 1000 Н/мм^2 , що значно перевищує границю текучості (для нетермозміцнених рейок границя

текучості складає 480 Н/мм^2). Максимальні еквівалентні напруження виникають не на поверхні зони контакту, а нижче цієї поверхні

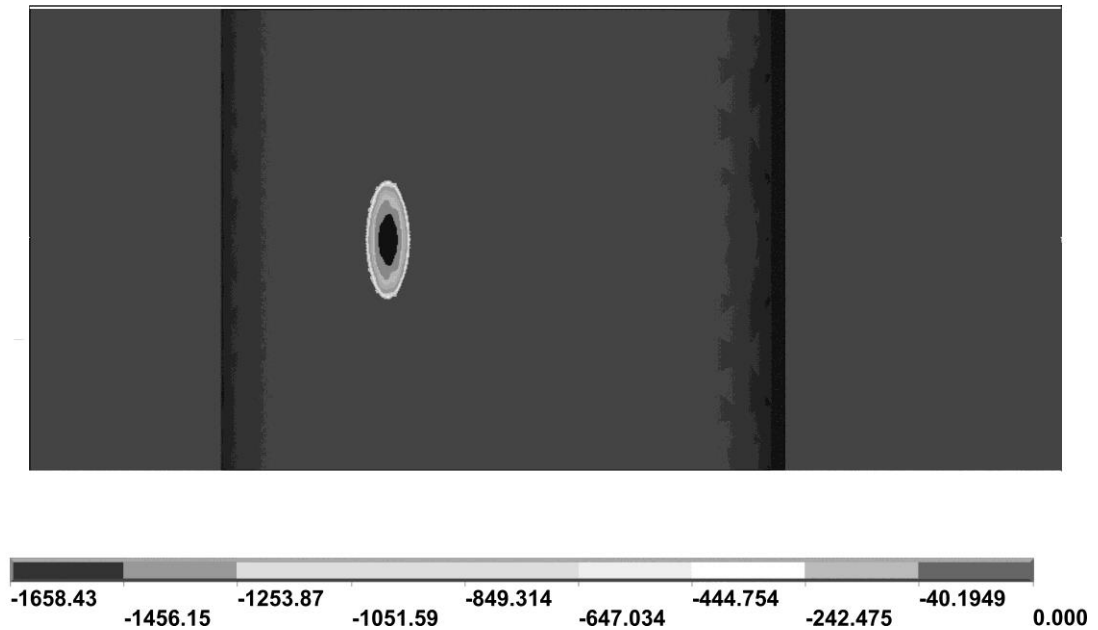


Рисунок 2 – Графічне відображення розподілення контактного тиску на поверхні рейки.

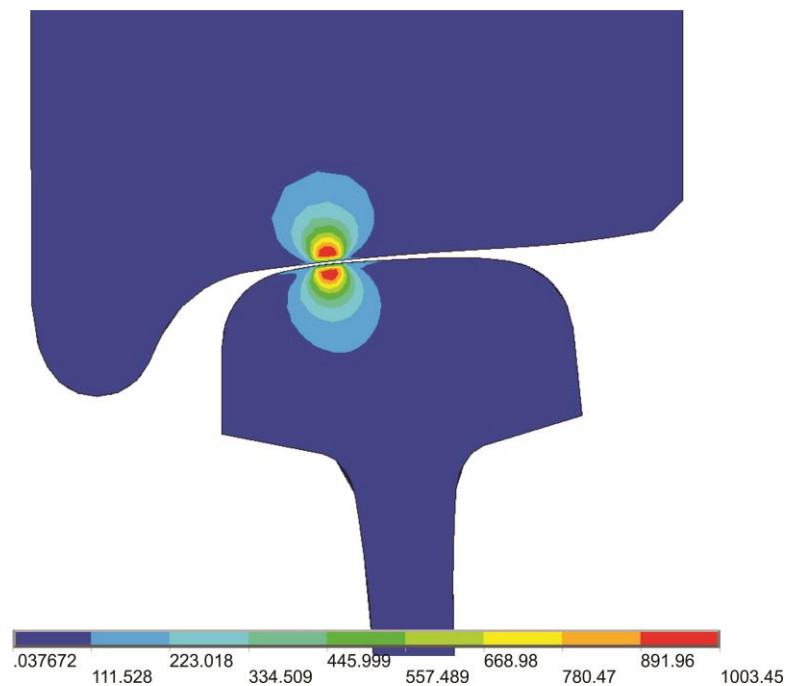


Рисунок 3 – Графічне відображення розподілення еквівалентних напружень в зоні контакту

На рисунку 4 представлено розподілення дотичних напружень τ_{xy} за перерізом колеса і рейки. Максимальне додатнє значення дотичних напружень складає 454 Н/мм^2 , максимальне від'ємне значення складає -375 Н/мм^2 .

На рисунку 5 представлено розподіл еквівалентних деформацій в контактній зоні. Як видно з рисунку максимальне значення відносних еквівалентних деформацій складає 0.0048.

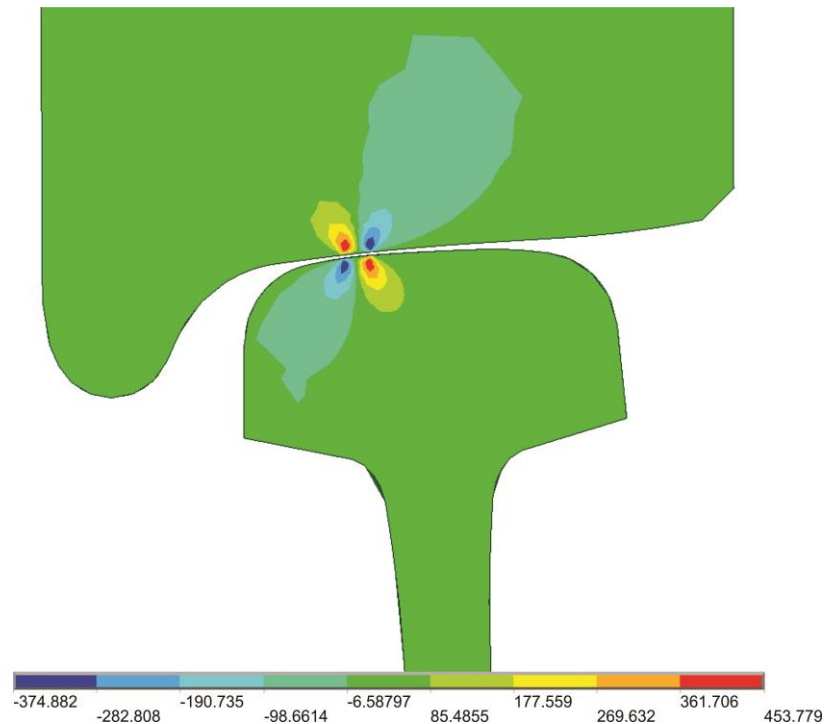


Рисунок 4 – Графічне відображення дотичних напружень τ_{xy} в зоні контакту

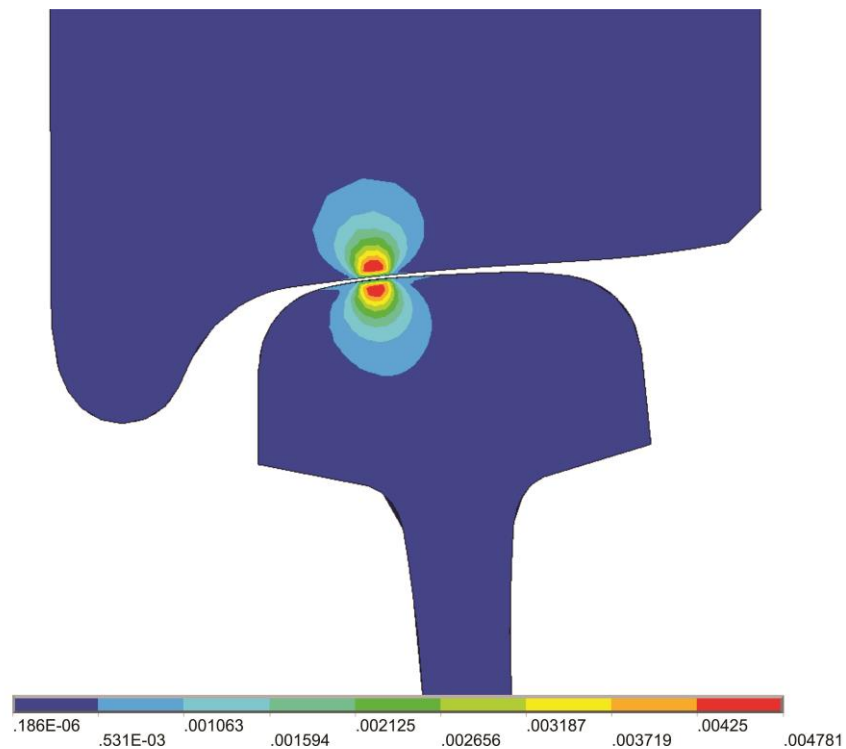


Рисунок 5 – Графічне відображення еквівалентних деформацій в зоні контакту

Висновки

Отже, в результаті розрахунку контактної задачі отримано значення складових напружень і деформацій в контактних поверхнях, визначено місце та форму контактної взаємодії. Отримані дані дозволяють в подальшому розраховувати строк служби представлених елементів конструкцій, а також запропонована модель може бути використана як базова для порівняння впливу різних експлуатаційних факторів на довговічність елементів конструкцій, що розглядаються.

Використання математичного моделювання в інженерній практиці дозволяє покращити управління проектами в різних галузях виробництва, зокрема, запропонований підхід дозволяє покращити управління проектами в метрополітені шляхом оптимізації взаємодії рейок з колесами рухомого складу.

Література

1. Коган А.Я. Об оценке повреждаемости рельсов контактно-усталостными дефектами / А.Я. Коган., А.Ю. Абдурашидов // Путь и путевое хозяйство. – 2009. – № 12. – С. 14 – 15.
2. Лысюк В.С. Изменить профили рельсов и колес / В.С. Лысюк // Путь и путевое хозяйство. – 2008. – № 3. – С. 22 – 25.
3. Clayton P. Surface initiated fatigue of pearlitic and bainitic steels under water lubricated rolling/sliding contact / P. Clayton, X. Su // Wear. – 1996. – 200. – P. 63 – 73.
4. Garnham J. E. The early detection of rolling-sliding contact fatigue cracks / J. E. Garnham, J. H. Beynon // Wear. – 1991. – 144. – P. 103 – 116.
5. Garnham J. E. Very early stage rolling contact fatigue crack growth in pearlitic rail steels / J. E. Garnham, C. L. Davis // Wear. – 2011. – 271. – P. 100 – 112.
6. Ringsberg J.W. Life prediction of rolling contact fatigue crack initiation / J.W. Ringsberg // Int. J. Fatigue. – 2001. – 23. – P. 575 – 586.
7. Seo JungWon. Numerical stress analysis and rolling contact fatigue of White Etching Layer on rail steel / JungWon Seo, Seokjin Kwon, HyenKue Jun, DongHyeong Lee // International Journal of Fatigue. – 2011. – 33. – P. 203 – 211.
8. Mehmet Ali Arslan. 3-D Rail-Wheel contact analysis using FEA / Mehmet Ali Arslan, Oguz Kayabasi // Advances in Engineering Software. – 2012. – 45. – P. 325 – 331.
9. Стренг. Г. Теория метода конечных элементов / Г. Стренг, Дж. Фикс/ М: Издательство «Мир». – 1977 г. – 351 с.
10. Рейки звичайні для залізниць широкої колії : ДСТУ 4344:2004 – [Чинний від 2005–10–01]. – К. : Держспоживстандарт України 2005. – 28 с. : *табл.* – (Національні стандарти України).

Шинкарук Л.А., канд. техн. наук

ВПЛИВ МОСТОВИХ ПЕРЕХОДІВ НА РУСЛОВИЙ ПРОЦЕС НА р. ТИСА (ділянка КОРОЛЕВО-ВИЛОК)

Анотація. У статті, на основі гідроморфологічного моніторингу р. Тиса, проаналізовано роботу мостових переходів на ділянці с. Королево – смт Вилوک. Досліджено вплив мостових переходів на русловий процес. Встановлено причини формування акумулятивних форм і розвитку руслових деформацій в зоні впливу мостів. Запропоновано заходи щодо поліпшення роботи мостових переходів та їх модернізації

Ключові слова: мостові переходи, русловий процес, гідроморфологічний моніторинг, акумулятивні форми наносів, пропускна спроможність

Аннотация. В статье, на основании гидроморфологического мониторинга р. Тиса, проанализированно работу мостовых переходов на участке с. Королево – пгт Вилوک. Изучено влияние мостовых переходов на русловой процесс. Выявлено причины формирования аккумулятивных форм и развития русловых деформаций в зоне влияния мостов. Предложено мероприятия по улучшению работы мостовых переходов и их модернизации

Ключевые слова: мостовые переходы, русловой процесс, гидроморфологический мониторинг, аккумулятивные формы наносов, пропускная способность

Annotation. The article deals with analyses based an hydromorphological monitoring, of work of bridges on Tisa river between villages Korolevo and Vylok. The research focused on influence of bridges on river bed processes. It was defined the reasons of formation of accumulative forms and development of river bed deformations in zone of bridge influence. It was proposed measures for bridges capacity during floods

Keywords: work of bridges, river bed processes, hydromorphological monitoring, accumulative forms, bridges capacity

Сучасний стан р. Тиса та особливості руслового процесу. На досліджуваній ділянці р. Тиса русло звивисте, сильно розгалужене, зазнає значних деформацій підчас проходження паводків. Річка являє собою безперервне чергування плесів і перекатів. У руслі річки постійно зустрічаються осередки, острови, боковики. На них і на заплавах спостерігаємо скупчення масивів рослинності (дерева, чагарники, висока трава), які суттєво впливають на пропускну спроможність річки і в цілому на русловий процес.

Наші дослідження дозволяють зробити узагальнення, що особливості руслового процесу на досліджуваній ділянці річки такі: по-перше, під час паводка потік рухається по поверхні заплав між масивами рослинності та іншими перешкодами, концентруючись у вузьких, обмежених рослинністю, водопропускних коридорах і атакує один із берегів під деяким кутом (від 30° до 90°), утворюючи навальні течії; по-друге, завдяки поперечному похилу поверхностей заплав у напрямку до русла швидкості потоку в цей час можуть досягати 5...6 м/с; по-третє, внаслідок першочергового вимиву ґрунту біля берега можуть утворюватись формування з донних наносів у вигляді пасм, які сприяють подальшому розвитку значних деформацій.

Найнебезпечнішою ділянкою русла р. Тиса, де спостерігаються значні деформації, які досить активно розвиваються, слід вважати ділянку між селами Гетиня і Бобове (Тисобикень) Виноградівського району. Розрахункова витрата 1% забезпеченості складає 5200 м³/с (в/п Вилок). Середній похил дна русла в межах зазначеної ділянки річки складає 0,0011. Ділянка характеризується інтенсивним русловим процесом, який проявляється в активному меандруванні, різких натіканнях (навалах) потоку в окремих місцях на берег, а також значними загальними та місцевими деформаціями дна.

Проблеми проходження паводків на р. Тиса. Прогнозування можливих деформацій русел на передгірських ділянках річок під час проходження паводків є одним з найактуальніших завдань у теорії руслових процесів на сьогоднішній день. Однією з таких проблемних є ділянка р. Тиса в

Закарпатській області між с. Королево і смт Вилок. Саме в таких місцях під час проходження паводка виникають катастрофічні розмиви. Ці розмиви представляють собою сумарні деформації загального та місцевого характеру й пов'язані, як правило з тим, що під час розмиву одночасно відбуваються ряд фізичних явищ. У міру збільшення витрати, коли відбувається вихід водного потоку з меженного русла на заплаву, транспорт донних наносів на цей час є ще відсутнім, але розмивна спроможність потоку збільшується. Цю проблему підсилює рослинність, яка досить щільно покриває заплави річки і сприяє різкому збільшенню питомих витрат води у звужених, вільних від рослинності, місцях заплави. Крім того наноси, які зупинились на підходах до мостів а також в підмостовому руслі, чинять значний опір проходженню паводкової витрати та донних наносів, створюючи значний підпір і загрозу, що може призвести до пошкодження або руйнування самих мостів, регуляційних і захисних споруд, розташованих в зоні впливу моста.

Для транскордонної р. Тиса характерними є змішані та літні паводки, внаслідок чого береги річки, мостові переходи, укуси огорожувальних дамб і інші регуляційні та інженерні споруди зазнають у цей час значних ушкоджень, деформацій або руйнувань. Тому питання прогнозування та отримання параметрів можливих руслових деформацій мають надзвичайно важливе значення для проектування протипаводкових заходів і споруд, які б їх забезпечували нормальну роботу зазначених споруд [1,2].

Вплив мостових переходів на русловий процес. На досліджуваній ділянці р. Тиса особливий вплив на паводковий процес мають мости (рис. 1-4). Згідно з положеннями ДБН В.2.3-14:2006, [3]: комплекс «мостовий перехід» включає: власне «міст», «підходи» до нього та «регуляційні споруди». На передгірських (блукаючих) ділянках річок мостові регуляційні споруди є обов'язковими. Такі споруди влаштовують у вигляді струмененапрямних дамб (валів), які поступово зменшують ширину русла й заплав до ширини сумарного мостового отвору (просвіту), і призначені вони, на відміну від аналогічних дамб на рівнинних річках, забезпечити під час паводка плавне підведення до мостових отворів не тільки води, але й рухомих донних наносів. Тому довжина фронту регулювання на передгірських ділянках річок повинна бути значно

більшою і складати біля 2-4 величин сумарного отвору моста в просвіт. Крім того, норми регламентують, що отвір моста в просвіт не повинен бути меншим від стійкої ширини русла [3]. Після будівництва мостових переходів природний русловий процес порушується, і це порушення може розповсюдитись на велику за довжиною ділянку річки. Локальні порушення руслового процесу в зоні розташування моста можуть відбутися, якщо останній значно стискує потік, обмежує розвиток звивин або окремі отвори завалені наносами з існуючою на них рослинністю, або, якщо споруди мостового переходу не забезпечують плавне підведення паводкових вод і наносів із заплав до отворів моста, тобто, коли відсутні регуляційні споруди.

Мостовий перехід, стискаючи водний потік, створює підпір, який розповсюджується на значну відстань вище моста, а нижче нього формується ділянка річки з пониженим рівнем. Мостовий перехід обумовлює тип руслового процесу або за відповідних умов може повністю змінити існуючий, тобто вище моста і нижче можуть сформуватися та існувати різні типи руслового процесу. Може виникнути й інша ситуація: на ділянці річки, розташованій нижче мосту, відсутні ті чи інші фактори, що можуть призвести до зміни руслового процесу в порівнянні з попередньою, а звідси й інший характер і картина деформацій, і в кінцевому результаті може мати розвиток інший тип руслового процесу.

Проаналізуємо хід руслових процесів, які відбуваються в зоні впливу мостів на р. Тиса, біля населених пунктів смт Вилोक (рис.1), м. Виноградів (рис.2), с. Веряця (рис.3), смт Вишково (рис.4).

Автодорожний міст біля смт Вилोक, загальний просвіт якого складає 270м, є меншим за необхідну ширину зарегульованого русла, яка складає 366,0м. Тому тут існують постійні експлуатаційні проблеми щодо забезпечення надійної роботи моста та огорожувальних дамб, розташованих у зоні його впливу.

На рис.1 видно, що перед мостом відстань між дамбами різко зменшується й огорожувальні дамби безпосередньо підходять і з'єднуються з конусами берегових опор моста. На ці дамби покладено функції огорожувальних (захисних) споруд, тому вони аж ніяк не виконують регуляційні функції, хоча на перший погляд, не вдаючись до аналізу їх роботи,

може скластися враження, що вони виконують регуляцію. Тобто, на існуючому мосту відсутні регуляційні споруди. Це повинні бути струмененапрямні дамби, які б поступово та плавно спрямовували під міст і відводили від нього не тільки воду, але й донні наноси, що рухаються під час паводка. У випадку, коли така регуляція біля мосту відсутня, наноси зупиняються перед ним або під ним, в окремих отворах у підмостовому руслі, формуючи тимчасові акумулятивні форми (острови, осередки, боковики, коси), які в часі замулюються, на них проростає трава, а згодом кущі й дерева. Якщо наступний паводок був за ймовірністю меншим у порівнянні з попереднім, і потік не зміг змити ці скупчення наносів, то вони залишаються в руслі (або під мостом) і значимо впливають на перерозподіл питомих витрат, що може призвести до пошкоджень або руйнувань берегових і проміжкових опор моста, мостових земляних підходів, призвести до переливу або розмиву вищерозташованих огорожувальних дамб і затоплення територій. Вплив моста може бути настільки значним, що це може призвести до зміни типу руслового процесу.



Рисунок 1 – Загальна картина протікання води та розташування акумулятивних форм на р. Тиса на ділянці з існуючим автодорожнім мостом біля смт Вилок, розташованим на правому березі річки (фотографії, які наведено на рисунках 1-4, виконано з літального апарата інженером – гідротехніком **Барченко В.В.** у 2001р.)



Рисунок 2 – Загальна картина протікання води та розташування акумулятивних форм на р.Тиса біля м. Виноградів на ділянці з існуючими залізничним і автодорожнім мостами (залізничний міст розташовано вище за течією)



Рисунок 3 – Загальна картина протікання води та розташування акумулятивних форм на р.Тиса біля с. Веряця (кар'єр) на ділянці з існуючим залізничним мостом



Рисунок 4 – Загальна картина протікання води та розташування акумулятивних форм на р. Тиса біля смт Вишково: на передньому плані автодорожний міст перед яким сформувався острів; вище моста три острови та чотири протоки, ще вище – нові скупчення донних гравійно-піщаних наносів без рослинності (осередки), а потім знову острів і дві протоки

Тут слід звернути увагу ще на одну обставину – розташування огорожувальних дамб в плані на підході до берегових опор не є найкращою в тому сенсі, що вони крім різкого стиснення водопропускного фронту мають ввігнуті ділянки (лівобережна дамба) повернуті до русла, а не криволінійні (опуклі), як цього вимагає регуляція біля мостів на передгірських ділянках річок. Якраз в таких місцях буде концентруватися найбільший підпір, який включає підпір, що створює сам міст і підпір в побутовому (природному) руслі, що зумовлює підвищену розмивну спроможність потоку. Такі місця в огорожувальних дамбах біля мостів найнебезпечніші, тому зазнають пошкодження або руйнування (наприклад, лівобережна дамба біля залізничного моста, Королево, рис.2; лівобережна дамба біля автодорожного моста, Вишково, рис.4).

Міст біля смт Вилки, у вигляді звуженого перерізу («горловини»), під час паводка створює складну і напружену ситуацію для всіх споруд, влаштованих у зоні моста. По-перше, він спричиняє підпір водної поверхні, напружує роботу

проміжкових і, особливо, берегових опор; по-друге, береги на підході до моста складені легкорозмивними ґрунтами, тому вони потребують постійного укріплення; по-третє (найголовніше), два лівобережні отвори цього моста заросли кущами та деревами, тому під час проходження паводка міст не забезпечує необхідну пропускну спроможність для паводкової витрати, що і зумовлює перелив води через огорожувальні дамби, влаштовані вище моста, або їх розмив. Нижче моста русло має правосторонню звивину, на якій міждамбовий поперечний переріз є теж недостатнім для пропуску паводкової витрати.

Залізнодорожний і автодорожний мости біля м. Виноградів, (рис.2).

Як і в попереднього моста, аналогічні проблеми існують і на цих двох мостах: відсутня регуляція біля мостів; перед залізнодорожним мостом сформувався острів з рослинністю, який служить природною перепорою паводковій витраті й здійснює концентрацію та нерівномірний розподіл питомих витрат; чотири лівобережні отвори залізнодорожного та три отвори автодорожного моста «закупорені» наносами та рослинністю, що потребує негайної розчистки. Усі ці причини у 2006 р. призвели до розмиву та руйнування лівобережної огорожувальної дамби, мостового підходу, а також опор залізнодорожного моста.

Залізнодорожний міст біля с. Веряця, (рис.3). Для нормальної експлуатації моста необхідно здійснити розчистку від наносів і рослинності три лівобережні отвори залізнодорожного моста та видалити піщаний осередок перед мостом, який в часі може перерости в острів і буде чинити значний опір проходженню паводків чи повеней.

Автодорожний міст біля смт Вишкова, (рис.4). Під час проходження паводка в 1998р., на підході до моста лівобережна огорожувальна дамба була розмита й зруйнована (видно ділянку відновленої дамби). Причина полягала в тому, що акумулятивні наносні скупчення сформували значний підпір рівня водної поверхні і концентрацію паводкової витрати у лівосторонній протоці, що призвело до руйнування. На сьогодні загальна картина протікання води та розташування акумулятивних форм на р. Тиса така: перед автодорожним мостом сформувався острів з рослинністю; вище моста три острови та чотири

протоки, ще вище – нові скупчення донних гравійно-піщаних наносів без рослинності (осередки), а потім знову острів дві протоки. Для нормальної роботи моста, в першу чергу, необхідно терміново видалити острів з рослинністю, що сформувався на заплаві перед мостом.

Висновки

Таким чином, для захисту мостів і огорожувальних дамб на досліджуваній ділянці необхідно:

а) розвантажити русло перед мостом від наносних відкладень, які покриті переважно рослинністю;

б) розчистити підмостове русло від наносів і рослинності в тих отворах, де відбулося відкладання наносів і сформувалась рослинність;

в) передбачити планову реконструкцію огорожувальних дамб на ділянках безпосередньо біля мостів з поступовою зміною планового розташування цих ділянок дамби з метою надання їм функцій мостових регуляційних струмененапрямних дамб; обов'язково передбачити регуляційні заходи і споруди на всіх мостових переходах;

г) здійснювати модернізацію огорожувальних дамб, розташованих вище мостових переходів: забезпечити надійне укріплення руслових укосів і підосви шляхом будівництва поперечних споруд – півзагат;

д) звести рослинність (кущі та дерева) на акумулятивних формах, на яких утворилась заплавна рослинність, і тим самим полегшити експлуатаційні умови для мостів і огорожувальних дамб.

Література

1. [Конвенція ЕЭК ООН по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер](#) / Хельсинки, 17.03. 1992. – 23 с.
2. Документ: «Управление риском возникновения наводнений в бассейнах трансграничных рек» // Материалы семинара по управлению трансграничным риском возникновения наводнений, (United Nations Economic Commission for Europe Ministry of Transport, Public Works and Water Management of the Netherlands). Женева, 22-23 апреля 2009. – 28 с.
3. Державні будівельні норми України. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування. ДБН В.2.3-14:2006 / Київ. Мінбуд України, 2006. – 339 с.

УДК 625.741

Кіяшко І.В. канд. техн. наук

ОЦІНКА СТАНУ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ БУДІВНИЦТВІ МОСТОВИХ ПЕРЕХОДІВ

Анотація. В даній роботі розглянуті відомості про оцінку впливу на водне середовище будівництва та експлуатації мостових переходів, заходи по його збереженню та відновленню.

Ключові слова: охорона навколишнього середовища, будівництво мостів, прибережні захисні смуги, водоохоронні зони.

Аннотация. В данной работе рассмотрены сведения об оценке воздействия на водную среду строительства и эксплуатации мостовых переходов, меры по его сохранению и восстановлению.

Ключевые слова: охрана окружающей среды, строительство мостов, прибрежные защитные полосы, водоохранные зоны.

Abstract. This paper consists of information on the assessment of impacts on the aquatic environment construction and operation of bridges, measures for its preservation and recovery.

Keywords: environmental protection, building bridges, coastal protection zones, protection zones.

Мостові переходи, що будуються, завжди впливають на прилеглу територію і навколишнє середовище, стан якого до початку будівництва необхідно оцінити по критеріям норм [1].

В питаннях оцінки стану територій необхідно базуватися на стратегіях попередження порушень територій – збереження територій в незмінному вигляді (шляхом попередження порушень), перетворення незручних і відновлення порушених територій.

Охорона водних ресурсів і водопостачання регулюються «Водним кодексом України», постановами, державними стандартами, нормами [2-6] і регіональними водоохоронними постановами та рекомендаціями.

Правовій охороні належать всі води, що входять в склад єдиного державного водного фонду – поверхневі (ріки, озера, водосховища, канали, ставки), підземні, льодовики, територіальні води, рибоохоронні зони [7].



Рисунок 1 – Будівництво автотранспортної магістралі через річку Дніпро в місті Запоріжжя

При будівництві мостового переходу (штучної споруди) особливу увагу приділяють охороні вод, які використовуються для водопостачання населених пунктів, об'єктів охорони здоров'я, відпочинку і сільського господарства, а також охорони вод, що використовуються в рибогосподарчих цілях.

Для оцінки впливу мостового переходу, що проектується, на поверхневі і підземні води повинні визначатися гідрологічні і гідрохімічні характеристики водотоків і водоймищ, а також гідрологічні параметри підземних вод, що використовуються для водопостачання, повинен оцінюватися існуючий і планований режим водовикористання (водоспоживання) на території, вплив на яку здійснить мостовий перехід в період будівництва і експлуатації.

При наявності в зоні впливу мостового переходу, що будується, водозабірних споруд, необхідно вивчити їх тип і стан, стійкість русла в районі

водозабору. Необхідно вивчити наявність штучного регулюючого русла і регуляційних споруд (дамб, шпор та ін.), що викликають несприятливі течії і шкідливі руслові переформування, виникнення льодяних заторів, які викликають розмив одних ділянок русла і відкладення наносів на інших, достатність (або недостатність) межені глибини ріки в місті розташування водозабору, наявність дноуглиблень, гребель.

Загальними задачами охорони водного середовища є:

- аналіз стану поверхневих і підземних вод;
- прогноз стану водного басейну в зв'язку з будівництвом мосту;
- розроблення системи заходів по охороні поверхневих і підземних вод від виснаження та забруднення.

Питання охорони водного середовища набуває особливого значення при будівництві мосту в зв'язку з тим, що він розташовується в руслі ріки або в водоймищі, а підходи, будівельна площадка і тимчасові дороги – на заплавах і на прибережних водоохоронних зонах або при руслових водоохоронних полосах.

Такі зони в побутових (природних) умовах водотоку виконують роль збереження (або створення) умов для самоочищення забруднених вод. В процесі стоку з площі водозбору до попадання їх у водоймища в прибережних водоохоронних зонах і при руслових полосах за рахунок шорсткості (рослинний шар, чагарник, ліс, болото) частина поверхневих вод перехоплюється (затримується) і переходить в підземний стік. Поверхнева частина води в рослинності фільтрується, швидкість потоку її за рахунок вказаної шорсткості зменшується, в зв'язку з чим зважені частинки осідають, не доходячи до водотоку (русла).

В межах водоохоронних зон забороняється: проведення авіаційно-хімічних робіт, застосування хімічних засобів; використання гнойових стоків; розміщення складів ядохімікатів, добрив, тваринницьких ферм, цвинтарів, скотомогильників; заправка паливом, мийка, ремонт машин і механізмів; розміщення стоянок автотранспорту, проведення (без погодження) видобутку корисних копалин, землерийних та інших робіт.

Особливо важливе значення водоохоронні зони мають для малих рік і озер, оскільки запаси води в них невеликі і можуть бути легко порушені, як по кількості, так і по якості води. Враховуючи невеликі площі водозборів малих

рік, вирубка навіть відносно невеликих ділянок лісу для розміщення земляного полотна, будівельних площадок, тимчасових доріг може суттєво позначитися на їх водному режимі. Значне зменшення кількості лісу веде до зниження підземного живлення рік, їх обміління в меженний період і навіть до пересихання.

Прибережні захисні смуги встановлюються по берегах річок та навколо водойм уздовж урізу води (у меженний період) шириною:

- для малих річок, струмків і потічків, а також ставків площею менше 3 гектарів – 25 метрів;
- для середніх річок, водосховищ на них та ставків площею більше 3 гектарів – 50 метрів;
- для великих річок, водосховищ на них та озер – 100 метрів.

Якщо крутизна схилів перевищує 3 градуси, мінімальна ширина прибережної захисної смуги подвоюється.

Таким чином, для оцінки стану водного середовища визначають степінь існуючого забруднення і його передбачуваний (за розрахунками) зріст в зв'язку з будівництвом мосту: в період будівництва (розташування в водоохоронних зонах будівельних площадок з селищем, полігону по виготовленню збірних залізобетонних конструкцій, бази механізації і та ін.) і в період експлуатації. Отримана за розрахунками степінь забруднення водного середовища не повинна перевищувати встановлені гранично допустимі концентрації.

Отже, кожне водоймище являє собою єдину екосистему, задачу охорони якої потрібно вирішувати з науково-обґрунтованих екологічних позицій, враховуючи встановленими нормами вимог для усіх землекористувачів в комплексі.

Література

1. Закон України про охорону навколишнього природного середовища. – Київ: Верховна рада України, 1991.
2. Водний кодекс України. – Київ: Верховна рада України, 1995.
3. ДБН А.2.2-1-2003. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2003.
4. ДБН А.3.1-5-2009. Організація будівельного виробництва. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.
5. ДБН В.1.1-25-2009. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.
6. СНиП 2.01.14-83 Определение расчетных гидрологических характеристик. Рязанов Ю.С. Охрана окружающей среды при строительстве мостов / Ю.С.Рязанов. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2003. – 82 с.

Гончаренко В.В., канд. техн. наук, Руднєва О.Ю., канд. екон. наук

ПРОБЛЕМИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРОМИСЛОВОЇ ПРОДУКЦІЇ З УРАХУВАННЯМ ЕКОЛОГІЧНОЇ СКЛАДОВОЇ

Анотація. В статті запропоновано підхід, що до оцінки якості промислової продукції, який враховує перебудову системи економічних відносин між учасниками виробничого процесу на основі більш об'єктивної оцінки якісних характеристик продукції, враховуючі екологічні параметри.

Об'єкт дослідження – оцінка якості промислової продукції та технології її виготовлення з урахуванням екологічної складової.

Мета роботи - визначення ефективних методів оцінки якості продукції промислових підприємств.

Найкращим рішенням оцінки якості промислової продукції є формування системи менеджменту екологічної якості, а також моделі її розвитку, пов'язаної з управлінням виробничою діяльністю підприємства з урахуванням екологічного фактору з метою запобігання, зниження або ліквідації несприятливих екологічних і залежних від них соціальних наслідків і збереження оптимальних умов життя населення.

Ключові слова. Оцінка, якість, промислова продукція, екологічний фактор, життєвий цикл продукції.

Аннотация. В статье предложен подход, к оценке качества промышленной продукции, который учитывает перестройку системы экономических отношений между участниками производственного процесса на основе более объективной оценки качественных характеристик продукции, учитывая экологические параметры.

Объект исследований – оценка качества промышленной продукции и технологии её производства с учётом экологической составляющей.

Цель работы - определение эффективных методов оценки качества продукции промышленных предприятий.

Наилучшим решением оценки качества промышленной продукции является формирование системы менеджмента экологического качества, а также модели её развития, связанной с управлением производственной деятельностью предприятия с учётом экологического фактора с целью предупреждения, снижения или ликвидации неблагоприятных экологических и зависимых от их социальных последствий и сохранения оптимальных условий жизни населения.

Ключевые слова. Оценка, качество, промышленная продукция, экологический фактор, жизненный цикл продукции.

Summary. The paper proposed approach to assessing the quality of industrial products, which allows for restructuring of economic relations between members of the production process on a more objective evaluation of the quality characteristics of the product, taking into account environmental parameters.

Object of study - evaluation of the quality of industrial products and technology of its production on the basis of the environmental component.

Purpose - to identify effective methods for assessing the quality of industrial products.

The best solution quality assessment of industrial products is the formation of environmental quality management system, as well as models of development related to the management of the production activities of the enterprise, taking into account environmental factors to prevent, reduce or eliminate adverse environmental and dependents social impact and preserve optimal conditions living.

Key words. Estimation, quality, industrial production, environmental factors, the product life cycle.

Постановка проблеми

Проблема управління якістю в промисловому комплексі існувала за всіх часів, адже забезпечення якості завжди було і залишається однією з найскладніших задач. Розвиток системи управління якістю підприємства на сучасному етапі повинний ґрунтуватися на всебічному дослідженні потреб

ринку, технологічних і економічних можливостей промисловості, екологізації виробництва.

Особливої актуальності набуває проблема удосконалення і ефективного використання механізмів та інструментів екологізації виробництва, серед яких оцінка екологічної якості промислової продукції, бо межі економічного зростання суб'єктів господарювання останнім часом все більше визначаються ресурсними можливостями та природним потенціалом.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вагомий внесок у розвиток підходів до управління якістю на промислових підприємствах зробили такі вітчизняні і зарубіжні фахівці, як Джоуб Дж. М., Шонбергер Р., Мінін Б.А., Рибakov І.Н., Степанов А.В., Сініцина Т.А., Терещенко Н.В., Ткаченко А.М., Торопцева А.Н., Тріщ Р.М., Яшин Н.С. та ін. Проблеми оцінки екологічної якості продукції торкалися у своїх роботах Мельник Л.Г., Садеков А.А., Саталкін Ю.М., Шевчук В.Я. Проте актуальність питань оцінки якості продукції, у тому числі екологічної, вимагають подальшого розвитку теоретичного і практичного інструментарію.

Ціль дослідження: визначення ефективних методів оцінки екологічної якості продукції промислових підприємств.

Основна частина

Наявність системи забезпечення якості – це принципова умова конкурентноздатності підприємств Європейського Союзу. Ця система складається з політики якості, системи якості і управління якістю. Відповідно до норм стандартів ISO, політика якості – це сукупність намірів і напрямків дій в області якості, які визначаються і формулюються вузьким керівництвом господарської одиниці.

Базою для оцінки якості до 1990 року були обов'язкові вимоги держстандартів і сфера державного регулювання, яка складала 85% економічного сектору країни. У 1990-і роки стандарти стають добровільними, а в основу оцінки якості покладено вимоги законодавчих актів. У цей період започатковується новий підхід з впровадження міжнародних стандартів ISO серії 9000 і ISO серії 14000 в практичну діяльність вітчизняних підприємств.

На основі досвіду минулих років закордонними товаровиробниками промислового комплексу була визнана необхідність створення Комплексної програми покращення якості. Ця програма не рекомендує окремі ізольовані методи, а з'ясовує і визначає концепції, які щонайкраще відповідають потребам підприємства, допомагають досягти сполучення методів і підходів для дій у даному напрямку, а також поліпшують використання ресурсів для досягнення поставлених цілей. Ця модель впроваджена практично у всіх західних країнах. Особливий інтерес вона представляє для підприємств промислового комплексу України.

Управління якістю пройшло еволюційний шлях розвитку від простих чисто технічних операцій контролю параметрів продукції до підвищення ефективності виробництва через функціонування комплексних систем управління [1]. Комплексний системний підхід, облік усіх факторів, які впливають на якість, використання основ теорії управління, засобів і методів стандартизації, метрології, контролю якості забезпечили широке і ефективне застосування цих систем.

Проте, досить часто сертифіковані системи менеджменту якості мають формальний характер і не використовуються керівництвом для вирішення реальних проблем, не приносять підприємству належного ефекту. За даними міжнародних досліджень, тільки 30% сертифікованих систем реально діють і відповідають вимогам стандарту ISO 9001. Головною причиною такої ситуації вважається існування на підприємствах двох рівнозначних систем: формальної системи менеджменту якості, документованої відповідно до вимог стандарту, що створюється спеціально для аудиторів з метою одержання сертифіката, та реальної системи управління, не оформленої документально, у рамках якої вище керівництво приймає адекватні рішення. Таким чином, керівництво відноситься до системи управління якістю, як до механізму одержання сертифіката, тому що показники моніторингу вибираються не за принципом “яка інформація потрібна для оцінки процесу”, а “яку кількісну інформацію нескладно зібрати” [2].

Отже, ті показники якості, які описуються в науковій літературі і використовуються українськими підприємствами в практичній діяльності, не

можуть відповідати нинішній економічній ситуації. Тому однією з задач дослідників і практиків є пошук нових підходів до оцінки якості промислової продукції, які враховують перебудову системи економічних відносин між учасниками виробничого процесу на основі більш об'єктивної оцінки якісних характеристик продукції, враховуючі екологічні параметри. Найкращим рішенням є формування системи менеджменту екологічної якості, а також моделі її розвитку, пов'язаної з управлінням виробничою діяльністю підприємства з урахуванням екологічного фактору з метою запобігання, зниження або ліквідації несприятливих екологічних і залежних від них соціальних наслідків і збереження оптимальних умов життя населення.

Діючий сьогодні фонд нормативних документів далеко не ідеальний за структурою, складовими документів, їхніх вимог стосовно реалій ринкової економіки. Разом з тим структура документів така, що поряд з конкретними вимогами безпеки вони містять документи, що характеризують показники якості, які забезпечують ці вимоги, і досить складно розділити їх штучно. При цьому показники якості продукції можна розбити на дві групи: ті, що забезпечують певний вид безпеки й які забезпечують споживчі властивості продукції.

Весь діючий фонд нормативних документів директивно обов'язковий, тому необхідно в документах виділяти мінімально необхідні вимоги безпеки, відокремивши їх від вимог до споживчих властивостей (якості) і інших сервісних вимог. Так була б накопичена інформація про рівні розподілу і узагальнення по продукції і потенційних користувачах – виконавцям і споживачам вимог безпеки, їхніх взаємозв'язках, тобто закладена основа структури, складу номенклатури і видів майбутніх регламентів, проведений аналіз відповідності конкретних норм безпеки рівню вимог європейських і міжнародних стандартів, вивчена можливість гармонізації цих вимог з європейськими директивами і нормами.

Для забезпечення недекларативного, а дієвого функціонування системи якості на підприємстві необхідно дотримуватись певних вимог щодо організації цього процесу. В [2] всебічно представлено основні вимоги до якості і екологічності у виробничій системі (табл. 1).

З увагою на загострення екологічних проблем все більше науковців вважають, що повинна бути визначена і введена в науковий обіг ще одна пріоритетна категорія оцінки процесів – екологічність, яка супроводжує виробничу діяльність підприємства і спрямована на запобігання, зниження або ліквідацію екологічних порушень і пов’язаних з ними соціальних, економічних й інших наслідків, збереження оптимальних умов проживання населення, тобто навколишнього природного середовища.

Таблиця 1 – Основні вимоги до якості і екологічної якості у виробничій системі

Елементи системи	Виробництво за стадіями	Управління за стадіями
Технологія	Виконання технологічних процесів відповідно до вимог екологічної безпеки	Технологія, передача й переробка інформації (моніторинг)
Умови виробництва	Природні, економічні, юридичні, спеціальні вимоги з екології	Умови передачі інформації і вимоги до умов виробництва
Механізми, устаткування	Параметри машин, механізмів, оснащення, які відповідають вимогам з екологічної якості умов праці для людини	Передача інформації щодо параметрів механізмів та її використання відповідно екологічним вимогам (моніторинг)
Матеріальні ресурси	Якість матеріалів, деталей, конструкцій, відповідна якісним й екологічним вимогам	Передача інформації по екологічних якостях матеріалів (моніторинг)
Трудові ресурси	Робітники, ІТР, які можуть і хочуть виконувати роботу відповідно до ДСТУ, екологічних вимог	Інформація про вимоги до виконання робіт відповідно нормативних показників з екології
Допоміжне виробництво	Транспортування ресурсів, комплектація об’єктів ресурсами відповідно до вимог з охорони навколишнього середовища	Інформація про вимоги до якості та екологічної якості в процесі комплектації
Організація	Організація забезпечення технологічних процесів відповідно вимогам з екології	Організація системи управління якістю навколишнього середовища на всіх стадіях виробничого процесу
Структура	Структура управління якістю робіт та дотримання вимог законодавства з екологічної безпеки	Структура і функції працівників із забезпечення вимог з екологічної безпеки
Відношення з контрагентами	Взаємодія учасників виробничого процесу, виготовлення продукції нормативного рівня якості, виконання показників з екологічної якості	Економічне стимулювання всіх учасників виробничого процесу при забезпеченні нормативного рівня якості, виконання показників з екологічної якості

Екологічний показник визначає рівень шкідливих впливів на довкілля в процесі виробництва, експлуатації, споживання, збереження, утилізації продукту й визначає рівень небезпечних хімічних викидів в навколишнє середовище; питому концентрацію небезпечних речовин; рівень акустичного впливу на навколишнє середовище; рівень електромагнітних, радіаційних та інших випромінювань; можливість утворення продуктів розпаду в умовах зберігання, транспортування, утилізації чи використання тощо.

Умови, в яких діє підприємство, у тому числі необхідність охорони навколишнього середовища, можуть сприяти або перешкоджати його стратегічному розвитку.

Поняття екологічності (екологічної якості продукту, технології його виробництва) охоплює: вимоги споживачів, вимоги суспільства і його уряду, вимоги умов праці і вимоги підприємств на конкурентному ринку.

У свідомості сучасного потенційного клієнта позитивний образ підприємства стає все більше пов'язаним з його діями в інтересах охорони навколишнього середовища.

Для забезпечення екологічності продукції необхідно розробляти і впроваджувати в систему управління якістю підходи щодо оцінки негативних впливів продукції на навколишнє природне середовище протягом її життєвого циклу. Це дасть змогу розробити заходи з мінімізації екологічних порушень.

В рамках термінології стандартів серії ISO 14000 життєвий цикл продукції розглядається як послідовні і взаємозв'язані стадії продукційної системи від отримання сировини чи природних ресурсів до кінцевого розміщення в навколишньому природному середовищі [3]. Тобто при оцінці життєвого циклу продукції окрім етапу її виробництва розглядаються, наприклад, стадії видобутку природних ресурсів, виготовлення напівфабрикатів, фаза постачання споживачам, експлуатація, розміщення відходів (рис. 1).

Принципи і структура робіт з оцінки життєвого циклу продукції встановлені в міжнародних стандартах серії ISO 14040 і їх вітчизняному аналогу ДСТУ ISO 14040 “Екологічне керування. Оцінювання життєвого циклу. Принципи і структура” та ряді інших ДСТУ цієї серії. На підставі результатів ОЖЦ розробляються заходи щодо екологічного удосконалення продукції, серед яких – підвищення рівня екологічної якості продукції шляхом

розробки і освоєння нових виробів, екологічні характеристики яких перевищують кращі українські та зарубіжні зразки; зниження складових екологічної ціни продукції (природоємності і збиткоємності); підвищення екологічності на стадії споживання і утилізації продукції.

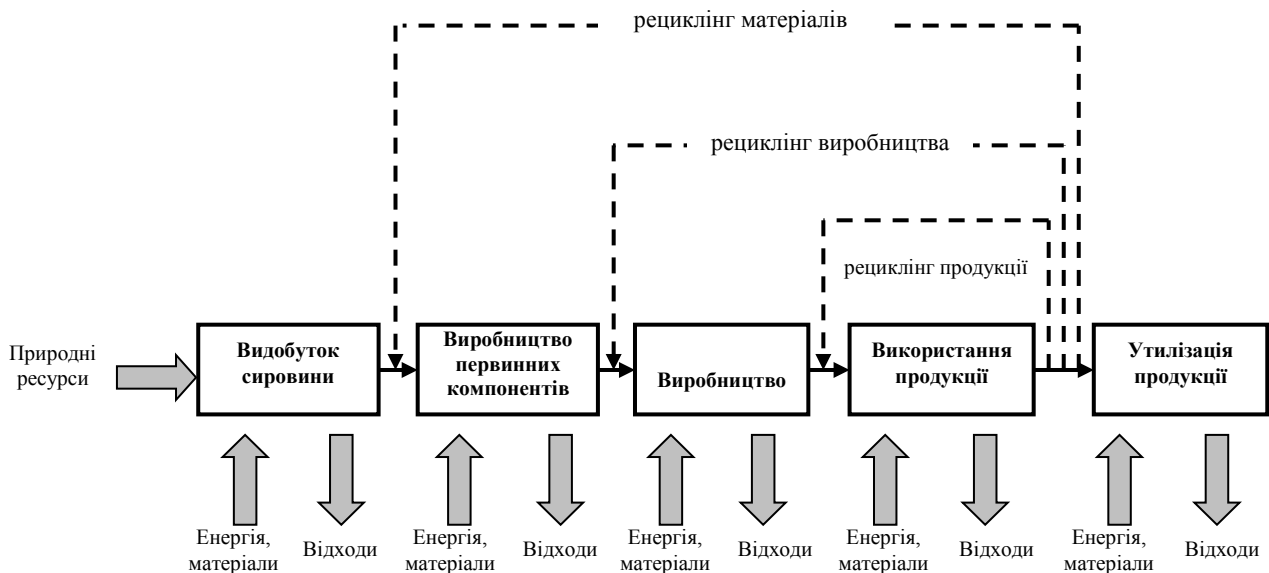


Рисунок 1 - Стадії життєвого циклу продукції

Єдиного підходу до проведення дослідження ОЖЦ не існує, тому підприємствам при практичному використанні слід проявляти гнучкість, самостійно визначати межі і ступень деталізації дослідження залежно від вимог, об'єкта, специфіки і сфери застосування.

Широке практичне використання в системі управління підприємством отримали методи прогнозування, планування і оцінювання рівня якості продукції (рівня конкурентоспроможності продукції). І якщо метою дослідження ОЖЦ окреслити визначення рівня задоволення потреб споживачів в екологічно якісній продукції (маркетинговий зріз), або покращення екологічних характеристик продукції в рамках загальної стратегії екологічного управління підприємством з метою зменшення (нейтралізації) шкідливих впливів на довкілля (виробничий зріз), то ефективність використання відомих суб'єктам господарювання методів оцінки рівня конкурентоспроможності продукції для досягнення цілей екологічного управління буде значно вищою.

З позиції промислового підприємства, екологічна якість продукції і технології її виробництва торкаються трьох груп проблем:

– по-перше, у якому ступені процес виробництва впливає на навколишнє природне середовище і на людину;

– по-друге, у якому ступені побічні продукти, які виникають на кожному етапі технологічного циклу, негативно впливають на довкілля і на людину;

– по-третє, у якому ступені готова продукція негативно впливає на навколишнє середовище і на споживача.

Це означає, що вимоги охорони навколишнього середовища будуть впливати на оцінку технології виготовлення продукції, тобто її якість.

Висновок

Таким чином, неухильне зростання інтересу до природоохоронних проблем з боку міжнародних об'єднань, національних органів державної влади, суспільних екологічних організацій роблять більш жорсткими вимоги до норм впливу промисловості на навколишнє природне середовище, на підставі чого розробляються і реалізуються нові законодавчі вимоги в області природокористування. В цих умовах виробники вимушені звертати увагу на екологічні аспекти своєї діяльності. Велике значення для багатьох промислових підприємств-забруднювачів довкілля здобувають інструменти оцінки екологічної якості продукції, технології її виготовлення. Комплексний системний підхід до функціонування і розвитку системи управління якістю, з урахуванням принципів екологізації виробництва, дозволить створювати екологічно якісну і конкурентноздатну продукцію, забезпечивши прийнятні умови для всіх зацікавлених сторін.

Література

1. Котлер Ф. Маркетинг, менеджмент. Анализ, планирование, внедрение, контроль / Ф. Котлер; [пер с. англ.]. – СПб.: Изд-во “Питер”, 1999.
2. Торопцева А.Н. Экономический анализ системы менеджмента экологического качества промышленного предприятия: монография / А.Н. Торопцева, Б.И. Герасимов. – Тамбов: Изд-во Тамбов. ГТУ, 2006. – 148 с.
3. Системы экологического менеджмента для практиков / [Дайман С.Ю., Островкова Т.В., Заика Е.А., Сокорнова Т.В.]; под. ред. С.Ю. Даймана. – М.: Изд-во РХТУ им. Менделеева, 2004. – 248 с.

УДК 625.75

Гайдукевич В. А., канд. техн. наук, **Коник М. В.**

ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ВОДІЯ В РІЗНИХ ТИПАХ ДОРОЖНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Анотація. В статті розглядається проблема врахування впливу дорожнього середовища на працездатність водія. Об'єктами дослідження є дорожнє середовище та водій. Мета роботи полягає в оцінці впливу дорожнього середовища на працездатність водія на основі зміни часу реакції водія. Методом дослідження є метод дисперсного аналізу.

В процесі руху водій сприймає дорожнє середовище (власне елементи дороги та придорожній ландшафт, що попадають в зону видимості), яке в цілому відповідає певному типу архітектурно-ландшафтного басейну і повинно характеризуватися погодженістю розмірів, форм, місць розташування складових елементів тощо. Першим кроком до вирішення проблеми такої погодженості є типізація дорожнього середовища. Автором запропоновані дев'ять типів басейнів, в основу класифікації яких покладено характеристики рельєфу, існуючої рослинності та наявної забудови.

Після обробка експериментальних даних значення реакції водія на звуковий сигнал і оцінений вплив різних дорожніх умов на працездатність водія. В результаті дослідження можна зробити наступні висновки:

Складність дорожнього середовища впливає на працездатність водія і, як наслідок, на безпеку руху.

Найбільш наближеними до оптимальних умов за критерієм складності дорожнього середовища є IV та V типи архітектурно-ландшафтних басейнів, тобто умови, що характеризуються хвилястим рельєфом та наявністю епізодичної рослинності і забудови. Рівномірна та логічна зміна таких умов сприяє працездатності водія.

Матеріали дослідження можуть мати рекомендаційний характер для проектних організацій та служб експлуатації автомобільних шляхів.

Ключові слова: дорожнє середовище, архітектурно-ландшафтні басейни, реакція водія, безпека руху, працездатність водія.

Аннотация. В статье рассматривается проблема учета влияния дорожного среды на работоспособность водителя. Объектами исследования являются дорожное среду и водитель. Цель работы заключается в оценке влияния дорожного среды на работоспособность водителя на основе изменения времени реакции водителя. Методом исследования является метод дисперсного анализа. В процессе движения водитель воспринимает дорожную среду (собственно элементы дороги и придорожной ландшафт, попадающих в зону видимости), которая в целом соответствует определенному типу архитектурно-ландшафтного бассейна и должна характеризоваться согласованностью размеров, форм, мест расположения составляющих элементов. Первым шагом к решению проблемы такой согласованности является типизация дорожной среды. Автором предложены девять типов бассейнов, в основу классификации которых положены характеристики рельефа, существующей растительности и имеющейся застройки.

После обработка экспериментальных данных значение реакции водителя на звуковой сигнал и оценен влияние различных дорожных условий на работоспособность водителя. В результате исследования можно сделать следующие выводы:

- Сложность дорожного среды влияет на работоспособность водителя и, как следствие, на безопасность движения.

- Наиболее приближенными к оптимальным условиям по критерию сложности дорожной среды являются IV и V типы архитектурно-ландшафтных бассейнов, то есть условия, характеризующиеся волнистым рельефом и наличием эпизодической растительности и застройки. Равномерная и логическая изменение таких условий способствует работоспособности водителя.

Материалы исследования могут иметь рекомендательный характер для проектных организаций и служб эксплуатации автомобильных дорог.

Ключевые слова: дорожная среда, архитектурно-ландшафтный бассейн, реакция водителя, безопасность движения, работоспособность водителя.

Annotation. The paper addresses the problem of road environment account for the influence on the performance of the driver. Object is a road environment and the driver. Purpose is to assess the impact of road environment on the performance of the driver based on the driver's reaction time changes. Research method is a method of dispersion analysis.

In the process of moving the driver perceives road environment (actual elements of the road and roadside landscape that fall into the zone of visibility), which generally corresponds to a type of architectural and landscape pool and should be characterized by consistency sizes, shapes, locations, etc. constituents. The first step to solving problems such consistency is typing road environment. The author proposed nine types of pools, the classification entrusted characteristics of topography, existing vegetation and existing buildings.

After processing experimental data mentioned reaction of the driver to beep and the estimated impact of different road conditions on the performance of the driver. The study, the following conclusions:

- The complexity of road environment affects the performance of the driver and, consequently, to safety.
- The most close to the optimal conditions for the criterion of the complexity of road environment is an IV and V types of architectural and landscape pools, ie conditions that are characterized by the presence of wavy terrain and sporadic vegetation and

buildings. Uniform and logical change these conditions contributes to efficiency driver.

Materials research can be recommendatory in nature for design organizations and services operating highways.

Key words: road environment, architectural and landscape pools, reaction of the driver, safety, performance drivers.

Постановка проблеми

Під працездатністю водія розуміють його спроможність забезпечити транспортний процес з оптимальною швидкістю руху та високим рівнем безпеки руху в дорожніх умовах, що постійно змінюються протягом траси.

Режим та безпека руху автомобілів багато в чому залежать від того якою сприймає дорогу водій, тобто, яке «візуальне середовище» [1]. В процесі руху водій сприймає дорожнє середовище (власне елементи дороги та придорожній ландшафт, що попадають в зону видимості), яке в цілому відповідає певному типу архітектурно-ландшафтного басейну і повинно характеризуватися погодженістю розмірів, форм, місць розташування складових елементів тощо.

Аналіз досліджень і публікацій. Дорожні умови безпосередньо впливають на водія, який обирає безпечний режим руху автомобіля[2; 5; 4.]. Абсолютна більшість інформації про дорожні умови сприймається водієм за допомогою зорового аналізатора. Характер такого сприйняття відбивається в зміні різних психофізіологічних параметрів [7; 8]. В дослідженнях відмічається необхідність проектування автомобільних доріг, виходячи не тільки з динаміки руху автомобіля, але і з врахуванням психофізіології водія.

Метою дослідження є оцінка впливу дорожнього середовища на працездатність водія на основі зміни часу реакції водія.

Основний зміст і результати дослідження.

Першим кроком до вирішення проблеми такої погодженості є типізація дорожнього середовища. Автором запропоновані дев'ять типів басейнів, в основу класифікації яких покладено характеристики рельєфу, існуючої рослинності та наявної забудови. В результаті експериментальних досліджень

структуровані наявні архітектурно-ландшафтні басейни у відповідності з запропонованою класифікацією. До основних складових елементів, що мають вплив на процес сприйняття, віднесені: проїзна частина, розмітка, узбіччя, знаки та інформаційні щити, епізодична та суцільна рослинність, поодинокі та суцільна забудова, характерні елементи рельєфу; домінанти та елементи індивідуального сприйняття, кольорові акценти тощо.

Відомо, що хаотичність дорожнього середовища і відсутність структурної композиції середовища має негативний вплив на працездатність водія [6].

З метою визначення впливу дорожнього середовища на працездатність водія були проведені експериментальні дослідження, при яких в процесі руху автомобіля по ділянках дороги в кожному з дев'яти типів архітектурно-ландшафтних басейнів оцінювався рівень психологічної напруги водія шляхом фіксації часу реакції водія на звуковий сигнал.

Для відокремлення впливу транспортних потоків і можливості реєстрації впливу власне дорожнього середовища експериментальні заїзди проводилися в ранкові години вихідних днів, коли автомобільний рух практично відсутній.

В експериментальних дослідженнях брали участь десять водіїв з досвідом практичної роботи понад п'ять років. Для фіксації простої реакції водія на звуковий сигнал на рульовому колесі був закріплений кнопковий вимикач реле часу, вживлений в електроланцюг сигналу автомобіля. В потрібний момент оператор включав реле, а водій реагував на звуковий сигнал вимиканням кнопки. При цьому фіксувався момент початку сигналу та його припинення.

Результати експериментальних заїздів наведені в табл. 1.

Нумерація типів архітектурно-ландшафтних басейнів I-IX йде за логічною складністю: за умов відсутності рослинності та забудови, епізодичної рослинності та забудови, суцільної рослинності або забудови. Для рівнинного рельєфу це типи I, II, III, відповідно, для хвилястого рельєфу - типи IV, V, VI, для дуже пересіченого рельєфу - VII, VIII, IX типи.

Методом дисперсного аналізу проведемо оцінку загального впливу на водія зміни складності дорожнього середовища. Визначимо середнє значення часу реакції десяти водіїв в кожному з типів басейнів за формулою

$$\bar{r}_i = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} r_i, \quad (1)$$

r_i - час реакції кожного водія за умов руху у відповідному басейні. •

Таблиця 1 - Зміни часу реакції водія в різних дорожніх умовах.

№ водія	Час реакції на звуковий сигнал, мс, в архітектурно-ландшафтних басейнах типу								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	120	145	155	145	170	175	150	200	180
2	130	145	140	165	200	185	150	170	180
3	180	180	155	190	140	150	200	180	130
4	150	110	105	120	140	150	190	140	180
5	155	140	140	130	150	130	140	1210	200
6	155	160	145	130	145	210	200	185	180
7	120	105	120	130	155	150	175	195	220
8	160	135	135	160	145	130	195	160	170
9	165	150	185	190	155	130	150	160	200
10	165	130	120	140	210	190	150	200	160

Визначимо також дисперсію часу реакції для кожного типу архітектурно-ландшафтного басейну за формулою:

$$\sigma_i^2 = \frac{1}{10-1} \sum_{i=1}^{10} (\bar{r}_i - r_i)^2. \quad (2)$$

Результати розрахунків наведені в табл. 2.

Перевіримо рівень перемінності дисперсії, для чого порівняємо між собою найбільшу та найменшу дисперсії, відповідно, σ_4^2 та σ_2^2 .

Випадкова перемінна, що підкоряється розподілу Фішера при рівні значимості $p = 0,05$ (95 % забезпеченість) та степенях вільності $f_1 = f_2 = 9$, буде дорівнювати $F_{0,95} = 3,2$ [3].

$$\text{Тоді маємо } \frac{\sigma_4^2}{\sigma_2^2} = \frac{955}{533} = 1,79 < 3,2.$$

Тобто різниця є несуттєвою, і необхідна умова застосування дисперсного аналізу виконується. За даними табл. 2 визначимо середні значення всіх спостережень та дисперсій.

$$\bar{r} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{r}_i = 159 \text{ мс}; \quad (3)$$

де k - кількість типів архітектурно-ландшафтних басейнів.

Знайдемо дисперсію фактора типів басейнів для всіх водіїв ($N = 10$)

$$\sigma_A^2 = \frac{N}{k-1} \sum_{i=1}^k (\bar{r}_i - \bar{r})^2 = 2360 \text{ мс}^2. \quad (4)$$

Таблиця 2 - Зміна параметрів в різних дорожніх умовах

Розрах. пар-ри	Типи архітектурно-ландшафтних басейнів								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VII	IX
$\bar{r}_1$	150	140	140	150	160	160	170	180	180
σ_1^2	622	845	533	955	644	889	644	711	911
$\bar{r}_1 - r_1$	10	0	10	10	20	20	30	40	40

Перевіримо вплив наявності різних типів басейнів (тобто дорожнього середовища різної складності) на працездатність водіїв.

Для $f_1 = k - 1 = 8$ та $f_2 = k(N - 1) = 81$ степенів вільності знаходимо $F_{0,95} = 2,1$ [3].

Тому що відношення дисперсій:

$$\frac{\sigma_A^2}{D} = \frac{2360}{752} = 3,14 > 2,1 \quad (5)$$

це підтверджує факт значного впливу дорожнього середовища на працездатність водія.

Потрібно визначити рівень впливу, перебільшення якого є негативним і вимагає заходів з перебудови дорожнього середовища. Визначимо фактичне значення часу реакції ($\bar{r}_1 - r_1$) для кожного типу басейну (див. табл. 2).

Знайдемо припустиме збільшення середньої величини часу реакції водія на звуковий сигнал:

$$\Delta r_{np} = t_{1-p} \sqrt{D \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)}, \quad (6)$$

де t_{1-p} - випадкова величина, що описується законом Стюдента з $f = N_1 + N_2 - 2$ степенями вільності при $p = 0,05$,

$t_{1-p} = 1,74$ за даними [3];

N_1, N_2 - параметри змін величини ($N_1 = 10$ водіїв, $N_2 = 9$ типів басейнів).

Величина $\Delta r_{\text{пр}}$ буде дорівнювати 21,8 мс.

Висновки

Порівнюючи величину припустимого збільшення реакції водія з розрахунковими даними табл. 2 та аналізуючи таблицю в цілому, можна зробити такі висновки:

Складність дорожнього середовища впливає на працездатність водія і, як наслідок, на безпеку руху.

Нелогічне, на перший погляд, виникнення психофізіологічної напруги у водія на ділянках з I типом басейнів, які характеризуються прямими горизонтальними ділянками без рослинності і забудови, пояснюється надто спрощеним дорожнім середовищем і виникненням дефіциту інформації, що сприймається водієм. В таких випадках рішення полягає в насиченні дорожнього середовища, наприклад, групових насадженнях різних порід дерев, установці інформаційних та рекламних щитів, абстрактних домінант, влаштуванні майданчиків відпочинку тощо.

Найбільш наближеними до оптимальних умов за критерієм складності дорожнього середовища є IV та V типи архітектурно-ландшафтних басейнів, тобто умови, що характеризуються хвилястим рельєфом та наявністю епізодичної рослинності і забудови. Рівномірна та логічна зміна таких умов сприяє працездатності водія.

На ділянках з VI та VII типами басейнів для зняття деякої напруги достатньо вжити заходи силами служби експлуатації: розчищення смуги відведення, впорядкування придорожного ландшафту, створення домінант, нанесення розмітки по кромці проїзної частини, встановлення сучасних попереджувальних та інформаційних знаків, а також інші заходи виходячи з конкретної ситуації.

Ділянки доріг, що відповідають VIII, IX типам архітектурно-ландшафтних басейнів і мають значне перевищення припустимого збільшення величини реакції, потребують першочергових заходів з реконструкції дороги для створення раціонального дорожнього середовища шляхом його спрощення: зміна геометрії плану, повздовжнього профілю, забезпечення видимості, влаштування розривів в суцільній придорожній рослинності тощо.

Матеріали дослідження можуть мати рекомендаційний характер для проектних організацій та служб експлуатації автомобільних шляхів.

У зв'язку з відсутністю, на даний момент, нормативних документів на проектування та реконструкції автомобільних доріг, які б враховували зміни психофізіологічних параметрів водія в залежності від дорожніх умов, подальші дослідження в цьому напрямку є актуальними.

Література

1. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учеб. для студ. высш. техн. учебн. заведений/В.Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1982. – 288 с.
 2. Бабков В.Ф. Проблемы обеспечения безопасности дорожного движения./В.Ф.Бабков //Scientific Conference “Traffic SAFETY”, Tallinn, November 14-15, 1990, Background Papers. – P. 62 – 64.
 3. Гласе Дж.,Стенли Дж. Статистические методы в психологии и педагогике. /Дж.Гласе, Дж.Стенли. - М.: Прогресс, 1976. – 205 с.
 4. Гончаренко Ф.П. Керування безпекою руху засобами дорожньої служби: монографія./Ф.П.Гончаренко. – К.:АТ «ВІПОЛ», 1999. – 280 с.
 5. Лобанов Е.М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиология водителя./Е.М.Лобанов. – М.: Транспорт, 1980. – 311 с.
 6. Орнатский Н.П. Благоустройство автомобильных дорог./Н.П.Орнатский. - М.: Транспорт, 1986. - 134 с.
 7. Селюков Д.Д. Теоретические основы, обоснования технических параметров автомобильных дорог с учетом физиологических и функциональных требований автотранспортной системы: автореф. дис....докт. техн.наук.: 05.23.11 /Селюков Дмитрий Дмитриевич; Белорусской государственной политехнической академии. – М., 1997 – 34 с.
- Шахова Ю.А., Романов А.Н. Применение топологических моделей при исследовании психофизиологических качеств водителя/ Ю.А.Шахова, А.Н.Романов// Вестник МАДИ. – 2010 - №3. – С.114 – 117.

Кірічек Ю.О., д-р техн. наук., Балашова Ю.Б., канд. техн. наук.,
Авраменко Д.С.

ЗАСТОСУВАННЯ МАЛИХ КІЛЬЦЕВИХ ПЕРЕТИНІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ ТА ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ МАГІСТРАЛЬНИХ ВУЛИЦЬ

Анотація. Виконано аналіз методів проектування кільцевих перетинів автомобільних доріг. Теоретично обґрунтовані параметри малих кільцевих перетинів автомобільних доріг та області їх застосування. Досліджена інтенсивність руху на вулицях міста Дніпропетровська.

Ключові слова: вулично-дорожня мережа, інтенсивність руху, затори, малі кільцеві перетини, пропускна здатність, безпека руху.

Аннотация. Выполнен анализ методов проектирования кольцевых пересечений автомобильных дорог. Теоретически обоснованы параметры малых кольцевых пересечений автомобильных дорог и области их применения. Исследована интенсивность движения на улицах города Днепропетровска.

Ключевые слова: улично-дорожная сеть, интенсивность движения, пробки, малые кольцевые пересечения, пропускная способность, безопасность движения.

Annotation. The analysis method for designing circular sections of highways is proposed. Ring settings of small sections of roads and their applications are grounded. The intensity of traffic on the streets of Dnepropetrovsk is studied.

Key words: road network, traffic, traffic jam, small circular section, road capacity, traffic safety.

Постановка проблеми

Високий темп зростання інтенсивності руху в населених пунктах за останні 15 років призводить до збільшення затримок автомобільного транспорту та зростання аварійності в місцях перетинів автомобільних доріг. Із загального числа всіх врахованих у нашій країні дорожньо-транспортних пригод - 71,3 % відбувається в містах та інших населених пунктах, при цьому міські перехрестя і площі з перетином транспортних потоків в одному рівні є найбільш небезпечними. У цих місцях виникає до 50% всіх транспортних пригод із смертельними наслідками [13,15]. За даними ДАІ 12,5% дорожньо-транспортних пригод на дорогах міста Дніпропетровська сталися через недотримання черговості проїзду на перетинах в одному рівні, а в цілому на дорогах України в цих місцях відбувається від 8 до 25% всіх ДТП. Закордонна статистика також підтверджує подібну ситуацію, так в Норвегії близько 40 % всіх дорожньо-транспортних пригод відбувається на перетинах в одному рівні (у країнах ЄС в цілому від 10 до 40 %) [21].

Актуальність. Протягом останніх років в Україні за порівняно короткий період часу стався значний підйом рівня автомобілізації. Вулиці практично всіх великих міст України сьогодні переповнені автотранспортом, в той час, як вони не розраховані на сучасні автомобільні потоки. Різке зростання автомобілізації призводить до виникнення заторів, зростання витрат пального, забруднення природного середовища, збільшення кількості ДТП та ін.

Аналіз публікацій. Згідно з даними департаменту ДАІ МВС України, найбільше ДТП в 2013 році сталося в столиці. Слідом за нею йдуть Донецька, Одеська та Харківська області. Замикає п'ятірку «лідерів» Дніпропетровщина. Шанувати правила дорожнього руху намагаються на Західній Україні - у Тернопільській, Рівненській, Чернівецькій та Закарпатській областях. Безпечною можна вважати і Кіровоградську область.

Однак, якщо вираховувати кількість ДТП на 1000 чоловік, на друге місце піднімається Одеська область, третє і четверте посідають Харківський і Донецький регіони, на п'ятому місці - Дніпропетровська область. Загальна кількість аварій по Україні представлена на рис. 2.

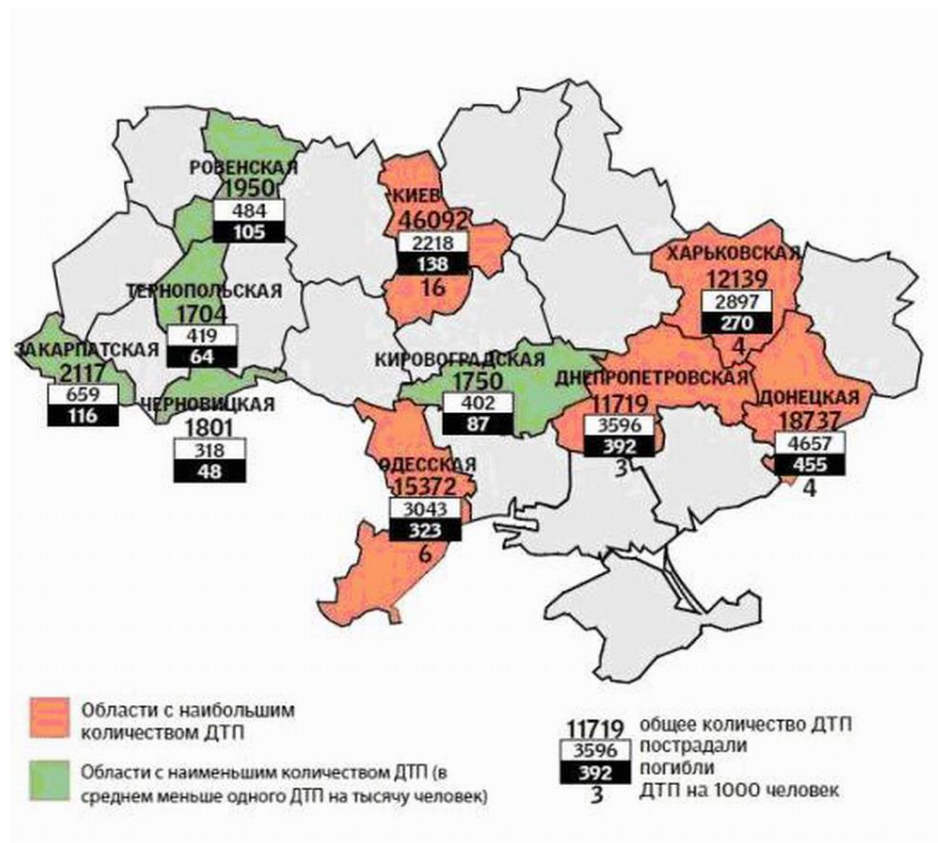


Рисунок 1 - Кількість дорожньо-транспортних пригод у різних областях України

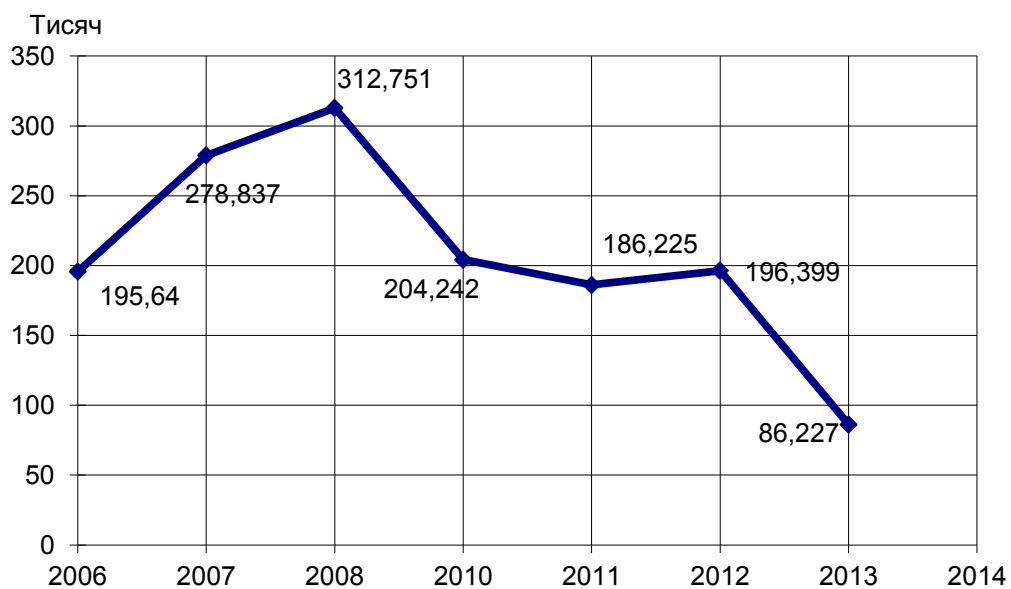


Рисунок 2 - Кількість аварій на українських дорогах 2006-2013 рр.

При цьому в Україні кількість загиблих (на 100 тис. жителів) в три рази вище (рис. 3), ніж у Великобританії та Швеції і в два рази вище, ніж у

Німеччині, Данії та Канаді. Крім того, тяжкість наслідків в Україні в 10-12 разів вище, ніж в інших розвинених країнах [16].



Рисунок 3 - Кількість загиблих за 2006-2013 рр.

У той же час в країнах ЄС при зростаючій автомобілізації (1-2% на рік) число ДТП практично не зростає, а кількість загиблих у ДТП стабільно знижується (1-2% на рік). Статистика також показує, що перетини і примикання автомобільних доріг є, як правило, місцями підвищеної небезпеки. За даними зарубіжних дослідників на перетини та примикання доріг припадає від 10 до 40% від загального числа ДТП, в Україні 8-25% [17]. Крім того дослідження свідчать про те, що перетини автомобільних доріг знижують пропускну здатність, створюють затримки транспортних потоків і в результаті чого є місцями підвищеної концентрації вихлопних газів, шумового та іншого негативного впливу на навколишнє середовище [11,12,13].

Як показує досвід інших країн, істотне підвищення безпеки дорожнього руху та пропускну здатності на перетинах автомобільних доріг у населених пунктах може бути досягнуто шляхом застосування малих кільцевих перетинів, далі - МКП. Так, дослідження результатів модернізації звичайних перетинів в одному рівні в малі кільцеві (Німеччина, земля Ерфткайс [25]) показали, що кількість ДТП зменшилася на 30%, число легко поранених стало менше на 60%, число важко поранених і загиблих зменшилась відповідно на 87 і 88% . При

цьому розрахунки показують, що загальні економічні втрати від ДТП зменшилися з 6770000 євро до 2580000 євро. Досить високий ефект дають МКП щодо зниження негативного екологічного впливу на прилеглу до перехресть зону, так відносні викиди вуглеводнів (НС), окису вуглецю (СО) і оксидів азоту (NO_x) нижче в середньому на 5-10% при проїзді по кільцевому перетинанню, ніж при проїзді через регульовані перехрестя.

Як свідчить аналіз літературних джерел [8,17,18,19,22], стабілізація загальної статистики аварійності, зниження тяжкості наслідків ДТП за кордоном, а також підвищення пропускної здатності перетинів досягнуто, певною мірою, завдяки активному впровадженню малих кільцевих перетинів на дорогах і вулицях населених пунктів. У результаті встановлено, що зміни кількості ДТП після переобладнання перехресть у кільцевий перетин коливається в широких межах (табл. 1). Причому, слід зазначити, що організація кругового руху дозволяє знизити кількість пригод з травматизмом на 25-35%. Це відноситься як до перетинів, які раніше регулювалися обов'язком уступити дорогу, так і до регульованих пересічень. Ризик ДТП з людськими травмами при круговому русі (кількість ДТП на 1 млн. в'їжджаючих на кільцевий перетин транспортних засобів) набагато нижче, ніж для будь-якого іншого типу перетину в одному рівні, але збільшує число пригод з матеріальними збитками.

Таблиця 1 - Вплив переобладнання перетинів на кількість ДТП

	Відсоткові зміни кількості ДТП		
	Вплив на типи ДТП	Найкращий результат	Межі коливання результатів
Кільцевий рух на Т-образному перетині			
ДТП з травматизмом	Всі типи ДТП на перехресті	-27	(-40;-12)
ДТП з матеріальним збитком	Всі типи ДТП на перехресті	+52	(+29; +78)
Кільцевий рух на Х-образному перетині			
ДТП з травматизмом	Всі типи ДТП на перехресті	-35	(-46;-23)
ДТП з матеріальним збитком	Всі типи ДТП на перехресті	+43	(+37; +50)

У деяких дослідженнях [23,24] показано вплив кільцевого руху на кількість ДТП за участю різних груп учасників дорожнього руху. Дослідження вказують на те, що ДТП за участю пішоходів знизилися в тому ж розмірі, як і інші ДТП при введенні кільцевого руху. У відношенні велосипедистів зниження кількості ДТП за їх участю трохи нижче порядку 10-20% (проти 30-40% для загальної кількості ДТП з людськими травмами). Кількість ДТП з матеріальним збитком збільшується при введенні кільцевого руху. Результати різних досліджень з цього питання суперечливі і ненадійні. Вищенаведені результати базуються на дослідженнях, виконаних у Північних країнах.

Статистика дорожньо-транспортних пригод на кільцевих перетинах у Німеччині (у землі Ерфткрайс) [25] показує, що за останні 15 років вони викликали великий резонанс у Німеччині. У результаті все частіше відбувається реконструкція простих перетинів в одному рівні в кільцеві (великі, малі кільцеві перетини, а також міні-кільця). А в землі Баден-Вюртемберг в експлуатації перебувають близько 400 кільцевих перетинів. Поліція цієї землі надала дані по дорожньо-транспортним пригодам по кільцевим перетинам і перетинам зі світлофорним регулюванням. Всього, за період 10 років, було проаналізовано приблизно 95000 ДТП [24]. У результаті аналізу статистики аварійності встановлено, що за останні 3,5 роки загальна кількість пригод з пораненими і загиблими на малих кільцевих перетинах майже в п'ять разів менше, ніж на регульованих перетинах. Матеріальні втрати від пригод, що трапилися на кільцевих перетинах, на 4 % менше, ніж на регульованих перетинах.

У літературі [17] також відзначаються і позитивні впливи на питання охорони навколишнього середовища, так у німецькому дослідженні [25] показано, що викид вуглеводнів, окису вуглецю і оксидів азоту, в грамах на 1 км пробігу на один автомобіль в середньому на 5-10% нижче при проїзді по кільцевому перетину, ніж при проїзді через регульоване перехрестя. У шведському дослідженні [20] показано зниження викидів окису вуглецю на 29% і зниження на 21% викидів окислів азоту після переобладнання перехрестя на круговий рух. Звичайно, були й негативні результати, так наприклад, на

перехресті із знаком "Поступися дорогою" були зафіксовані менш сприятливі результати. Збільшення викиду окису вуглецю на 6% і викидів окислів азоту на 4% - такими були результати після переобладнання в кільцевий перетин [20]. Таким чином, в цілому слід зазначити, що міжнародні експерти, зарубіжні та українські вчені [15,18,19,21] свідчать про те, що в загальному обсязі ДТП відносна аварійність на малих кільцевих перетинах на 30% менше, ніж на простих перетинах в одному рівні. Крім того, на малих кільцевих перетинах вони носять легкий характер, так число загиблих і поранених при ДТП на 75% менше, ніж на простих перетинах в одному рівні [21]. Поряд з підвищенням безпеки дорожнього руху при влаштуванні малих кільцевих перетинів (МКП) збільшується його пропускна здатність. Як показує досвід зарубіжних і вітчизняних вчених [7,14,23], пропускна здатність збільшується на 30-40% порівняно з простими перетинами в одному рівні, а іноді і в порівнянні з перетинами зі світлофорним регулюванням.

Мета статті. Розробка рекомендацій з проектування малих кільцевих перетинів на автомобільних дорогах у населених пунктах для підвищення безпеки руху та пропускної здатності перетинів автомобільних доріг в одному рівні. Удосконалення структури вулиць та доріг місцевого значення в житловій забудові міста Дніпропетровська.

Виклад матеріалу. Для досягнення зазначеної мети в роботі поставлено і вирішено такі завдання:

1. Аналіз досвіду застосування і методів проектування малих кільцевих перетинів на автомобільних дорогах зарубіжних країн і України.
2. Розробка функціональної класифікації малих кільцевих перетинів і факторів, що визначають вимоги до їх геометричних параметрів.
4. Проведення натурних спостережень за рухом транспортних потоків на простих перетинах у одному рівні для виявлення можливих місць проектування МКП у місті Дніпропетровську.
5. На виділеному перехресті запроектовано малий кільцевий перетин, виконані розрахунок пропускної здатності цього перетину та оцінена ефективність його впровадження.

Однією з істотних причин високого рівня аварійності в місті є диспропорція між розвитком вулично-дорожньої мережі (ВДМ) і зростанням кількості автотранспорту, яке призводить до погіршення умов руху, заторів, зростанню затримок і збільшення витрати палива, погіршення екологічної обстановки, соціальному дискомфорту. Вулично-дорожня мережа в багатьох місцях міста вже вичерпала пропускну здатність і знаходиться в умовах небезпеки утворення затору і створення аварійних ситуацій при пропуску транспортних і пішохідних потоків.

На думку фахівців [1,2,3,4,7,9,10], основу досконалої класифікації міських вулиць і доріг становить поділ міського руху на окремі функціонально однорідні транспортні потоки. Для кожного з них необхідно виділити спеціальні дороги і вулиці, з'єднавши останні найбільш зручним способом у вузлових точках, щоб пішохідні і транспортні потоки рухалися швидше і більш безпечно при максимальному використанні проїжджої частини доріг і вулиць.

Найголовніший недолік існуючої ВДМ полягає в тому, що її планувальні параметри не відповідають сучасним вимогам міського руху. Пропускна здатність транспортних вузлів, що мають перетин в одному рівні обмежена, допустимі швидкості руху низькі, безпека руху транспорту і пішоходів в достатній мірі не забезпечена. Невідповідність планувальних параметрів ВДМ вимогам міського руху виявляється в наступному [6,9]:

- відсутність диференціації вулиць за характером їх використання, при якій враховувалися б потреби руху транспорту і пішоходів;
- наявність великого числа вулиць, використовуваних для руху транспорту, а, отже, і безліч перетинань, що ускладнюють в них рух транспорту і пішоходів.

Перехрестя є місцями, де найбільш часто виникають ДТП і затримки руху. Всього в Днепропетровську вважаються потенційно небезпечними більш ніж 90 ділянок. З них окремо обираються 24 місця концентрації ДТП. У цей перелік попадають ділянки доріг, де відбувається у рік мінімум три аварії або за три роки 5 аварій з потерпілими.

У місті Дніпропетровську, за даними ДАІ, у 2012 році з 971 дорожньо-транспортної пригоди 384 сталися на перехрестях, а у 2013 році таких було з 1000 - 396. Тому саме в цих місцях в першу чергу потрібне застосування заходів з організації дорожнього руху, розробка нових видів перетинів автомобільних доріг.

В умовах сучасної організації руху перехрестя з неорганізованим рухом допускаються лише на другорядних вулицях і дорогах з незначною інтенсивністю руху [4]. Безпека та швидкість проїзду при цьому вирішальним чином залежать від умов бічної видимості і допустимої швидкості, при якій забезпечується можливість виявити автомобіль на перетині напрямків і надати йому пріоритет. Особливу увагу приділяємо перетинам, на яких бічна видимість менше 20 м, так як зазвичай водії, навіть проявляючи обережність, не знижують швидкість нижче 30 км/год [6,7,9]. Такі перетини необхідно в першу чергу позначити знаками пріоритету. Одним з поширених прийомів зниження складності перетинів є заборона на них деяких маневрів, зокрема поворотів наліво, які створюють найбільші небезпеки і затримки руху. Якщо обсяг прямого і лівоповоротного руху на підході до перетину перевищують 40%, а також в разі підвищеного числа конфліктних точок на перетині може бути застосована схема кругового руху. Так у ході поверхневого дослідження ВДМ міста Дніпропетровська були виділені 3 перехрестя вулиць в одному рівні з різною інтенсивністю руху для подальшого аналізу та складу транспортного потоку. Відеозапис проводився за допомогою мобільної відеокамери Samsung i9300. Результати досліджень зведені в таблицях 2, 3.

Виконаний аналіз вулично-дорожньої мережі міста Дніпропетровськ показав, що ВДМ міста потерпає від перенасичення автомобілів, при чому це стосується як магістральних вулиць, так і вулиць в жилих забудовах. Перехрестя є місцями, де, як правило, найбільш часто виникають ДТП і затримки руху. У місті Дніпропетровську, за даними ДАІ, у 2012 та 2013 роках більше 30% дорожньо-транспортних пригод сталися на перехрестях. Тому саме в цих місцях в першу чергу потрібне застосування заходів з організації

дорожнього руху, розробка принципово нових, удосконалення існуючих видів перетинів автомобільних доріг.

Таблиця 2 - Інтенсивність транспортного потоку

Перехрестя	Назва вулиці	Фактична інтенсивність авт/год	Склад транспортного потоку, %			
			Легкові автомобілі	Вантажні автомобілі	Мікро-автobуси	Автобуси
вул. Набережна - Заводська - вул. Павлова	вул. Набережна заводська	2772	86,1	4,6	7,6	1,6
	вул. Павлова	928	81,0	9,1	9,1	0,9
просп. Калініна - вул. Леваневського	просп. Калинина	1436	78,3	5,6	15,0	1,1
	вул. Леваневського	680	70,0	1,2	23,5	1,2
вул. Лабораторна - вул. Лазаряна	вул. Лабораторна	709	86,7	3,9	9,0	0,4
	вул. Лазаряна	566	75	-	25	-

Таблиця 3 - Приведена інтенсивність транспортного потоку

Перехрестя	Назва вулиці	Фактична інтенсивність, авт/год	Склад транспортного потоку, шт. авт.			
			Легкові автомобілі	Вантажні автомобілі	Мікро-автobуси	Автобуси
вул. Набережна - Заводська - вул. Павлова	вул. Набережна заводська	3456	2388	512	424	132
	вул. Павлова	1280	752	336	168	24
просп. Калініна - вул. Леваневського	просп. Калинина	1816	1124	200	432	60
	вул. Леваневського	951	476	20	320	135
вул. Лабораторна - вул. Лазаряна	вул. Лабораторна	822	713	32	74	3
	вул. Лазаряна	708	531	-	177	-

Висновок

За результатами дослідження розроблено практичні рекомендації із застосування малих кільцевих перетинів, які дозволяють вибрати тип перетину, визначити його геометричні параметри, а також оцінити перспективну пропускну здатність і швидкість руху на МКП з урахуванням їх функціонального призначення. Малі кільцеві перетини рекомендується використовувати для підвищення безпеки руху, так як низькі швидкості руху (15-25 км/год) в зоні малих кільцевих перетинів дозволяють підвищити безпеку руху, а також знизити тяжкість дорожньо-транспортних пригод на перетині. Разом з тим, негативним фактором можна вважати зменшення середньої швидкості проїзду через перетин, що компенсується зменшенням затримок транспортних засобів, що повертають наліво, тому застосування МКП доцільно при відносно рівних інтенсивностях руху на перетинах доріг і значної частки лівоповоротних автомобілів (не менше 40%) від загального потоку. Розроблені рекомендації дозволяють обґрунтовано визначати параметри МКП в залежності не тільки від вимог транспортних потоків, але також з урахуванням використання можливої території модернізованого перетину, що принципово важливо для умов обмежених територій у населених пунктах.

Перспективи. Подібні заходи значно покращують стан автомобільного руху та потребують масового застосування в межах міст України. Між тим для розв'язання задачі в цілому необхідна розробка та реалізація національної програми розвитку автомобільних доріг для міст країни.

Література

1. Бабков, В.Ф. Дорожні умови і безпека руху [Текст]: навч. посібник для вузів / В. Ф. Бабков. - М.: Транспорт, 1982. - 3-е вид., Перероб. і доп. - 288 с.
2. Бабков, В. Ф. Проектування автомобільних доріг [Текст]: підручник для вузів / В. Ф. Бабков, О. В. Андрєєв. - 2-е вид., Перероб. і доп. - М.: Транспорт, 1987. - 4.1-2. -368 С.
3. Вілкова, І. М. Про критерії оцінки споживчих якостей автомобільних доріг [Текст] / І. М. Вілкова // Вістн. ВолгГАСУ. Сер.: Будівництво та архітектура. -2005. - № 6.-С. 91-98.
4. Вілкова, І. М. Про методологію функціональної класифікації автомобільних доріг з метою їх модернізації [Текст] / І. М. Вілкова // Дороги і мости: зб. ст. ФГУП РосдорНП. - М., 2006. - Вип. 16/2. - С. 30-42.
5. Вілкова, І. М. Система споживчих якостей для обґрунтування модернізації автомобільних доріг [Текст] / І. М. Вілкова // Транспорт, наука техніка, управління: наук. інф. СБ ВІНІТІ. - М., 2007. - № 1. - С. 46-49.
6. ВБН 25-86 Вказівки щодо забезпечення безпеки руху на автомобільних дорогах

[Текст] - Введ. 1987-05-01. - М.: Видавництво-во стандартів, 1987. – 170 с.

7. Гохман, В. А. Перетини і примикання автомобільних доріг: навч. посібник для авт.-дор. спец. вузів / В. А. Гохман, В. М. Візгалов, М. П. Поляков. - 2-е вид., Перероб. і доп. - М.: Вища. шк., 1989. - 319 с.: Іл. - ISBN 5-06-000150-4.

8. Жівогладова, Л. В. Оцінка безпеки руху на основі моделювання конфліктного завантаження перехресть [Текст]: Автореф. дис. на соіск. уч. степ. канд. техн. наук Жівогладова Л. В. / Л. В. Жівогладова // Моск. автодоріг, дор. ін-т (держ. техн. ун-т). -М., 2005.-20 с.

9. Клинковштейн, Г. І. Організація дорожнього руху [Текст]: підручник для вузів / Г. І. Клинковштейн, М. Б. Афанасьєв. - М.: Трансбуд, 2001. - 5-е вид., Перероб. і доп. - 247 с.

10. Лебедев, Б. М. Вибір геометричних елементів кільцевих перетинів в плані [Текст] / Б. М. Лебедев // Проектування автомобільних доріг і безпека руху: зб. науч. тр. МАДИ. - М., 1970. - Вип. 30.

11. Луканин, В. Н. Автотранспортні потоки і навколишнє середовище [Текст]: навч. посібник для вузів/В. Н. Луканин [та ін]. - М.:ИНФРА-М, 1998. - 408 с. - ISBN 5-86225-892-2.

12. Луканин, В. Н. Промислово-транспортна екологія [Текст]: підручник для вузів / В.М. Луканіна, Ю. В. Трофименко. - М.: Вища. шк., 2001. - 273 с. - ISBN 5-06-003957-9.

13. Немчінов, М. В. Охорона навколишнього природного середовища при проектуванні та будівництві автомобільних доріг [Текст]: навч. посібник / М. В. Немчінов, В. Г. Сістер, В. В. Сілкін. - М.: Вид-во Асоціації будівельних вузів, 2004. - 240 с.

14. Сільянов, В. В. Методичні вказівки з проектування кільцевих перетинів автомобільних доріг [Текст] / В. В. Сільянов, Б. К. Каюмов. - М.: Транспорт, 1980. - 69 с.

15. Сільянов, В. В. Шляхи підвищення безпеки руху на автомобільних дорогах СНГ [Текст] / В. В. Сільянов, Б. Б. Анохін // Ж. Наука і техн. в дор. галузі. - М., 2000. - № 4. - С. 8-10.

16. Чванов, В. В. Дослідження ризику дорожньо-транспортних пригод на перетинах і примиканнях доріг для обґрунтування заходів з підвищення безпеки руху [Текст] / В. В. Чванов // Дороги і мости: зб. ст. ФГУП РОСДОРНИІ.-М., 2006. -Вип. 15/1.-С. 143-152.

17. Щельвік, Р. Довідник з безпеки дорожнього руху [Текст] / Р. Щельвік, А. Богер, А. Б. Мюссе, Е. Ествік, Т. Ваа; Пер. з норв. під ред. проф. В. В. Сільянова.-М.: МАДІ (ГТУ), 2001.-754 с.-ISBN 5-7962-0015-1.

18. Brilon W.; Stuwе B. Kreisverkehrsplatze - Die Wiederentdeckung einer vernachlassigten Knotenpunktform, RUBIN. - Heft 2/92. - S. 42 - 45

19. Durchweg positive Erfahrungen mit Kreisverkehrsplatzen, wenn die Voraussetzungen stimmen. Polizei Verkehr Bayern + Techn. 2001 46, № 4. - 111 s.

20. Empfehlungen zum Einsatz und zur Gestaltung von Mini-Kreisverkehrsplatzen. Ministerium fur Wirtschaft, Mittelstand, Technologie und Verkehr des Landes Nordrhein-Westfalen, 1999.

21. Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Einsatzkriterien fur Kreisverkehrsplatze ausserhalb bebauter Gebiete. Heft 757, 1998.

22. Gates Timothy J., Maki Robert E. Converting old traffic circles to modern roundabouts: Michigan state university case study I Department of Civil and Environmental Engineering 2001.

23. Kramer Die Renaissance der Kreisverkehrsplatze und die Folgen fur das Verhaltensrecht im Strafenverkehr, VD 7/1999. - S. 145-149.

24. Tajima Y. Clogging transition of pedestrian flow in T-shaped channel IY. Tajima, T. Nagatori II Phyrca. A., 2002, № 1-2. - P. 239-250.

25. Teichmann K. Verkehrssicherheit von Kreisverkehrsanlagen im Erftkreis, 2002.