

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

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



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

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

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

Ключові слова: автодорожній міст, цементобетонне покриття, конструкція жорсткого дорожнього одягу, довговічність, міжремонтні строки.

Вступ. Проблема недофінансування дорожньої галузі властива багатьом країнам світу незалежно від їх рівня розвитку. Це є причиною незадовільного стану доріг. Для розв'язання проблеми звертаються до поняття оптимізації утримання мережі доріг при достатньому чи недостатньому фінансуванні. З цією метою розробляються рішення (стратегію ремонтів), які дозволяють раціонально розподіляти наявні кошти між видами робіт. Такі рішення є складовою частиною Системи Оптимального Управління Станом Доріг [1-18]. Порівняння міжремонтних строків служби за [2] та [3] вказує на тенденцію їх зменшення за останні 20 років. Оскільки дані документи основані на "статистичних даних щодо середніх періодів погіршення транспортно-експлуатаційних показників в процесі експлуатації покриття мостів автомобільних доріг", то таке зниження вимог вказує на тенденцію погіршення стану покриття і може бути пояснене невідповідністю характеристик. У практиці дорожнього будівництва України часто з'являються проблеми реалізації проектних рішень при капітальному ремонті або реконструкції автодорожніх мостів, коли вони були отримані за декілька років до початку виконання будівельних робіт. Це призводить до того, що за цей період часу

змінюються і удосконалюються чинні нормативні документи та можуть зазнавати суттєвих змін в гіршу сторону автодорожніх об'єктів. Це потребує додаткового аналізу існуючого стану конструкції дорожнього одягу перед початком виконання робіт. Тому порівняння різних конструкцій жорсткого дорожнього одягу з метою вибору найбільш економічного за таких умов [2] є типовою задачею, яка вирішується шляхом техніко-економічного обґрунтування. Найчастіше порівнюють варіанти конструкцій жорсткого дорожнього одягу з однаковим міжремонтним строком служби [4]. Крім зазначених труднощів економічного аналізу мають місце і розрахунково-конструктивні особливості зміни або використання в шарі покриття матеріалів різної міцності і з різною довговічністю.

Мета і методи. В даній статті є розробка алгоритму розв'язання задачі вибору раціональної конструкції з цементобетонним покриттям дорожнього одягу на автодорожніх мостах шляхом порівняння варіантів з різними міжремонтними строками, виходячи з динаміки зміни їх експлуатаційного стану протягом міжремонтного періоду. Базуючись на аналітично-експериментальних методах з використанням положень теорії пружності, кінетичної теорії міцності твердих тіл.

Мета публікації полягає розробці методу та алгоритму розв'язання задачі вибору найбільш раціональної конструкції жорсткого дорожнього одягу на автодорожніх мостах при порівнянні варіантів з різним міжремонтним строком, виходячи з динаміки зміни їх експлуатаційного стану протягом міжремонтного періоду.

Об'єкт дослідження – процес впливу різного міжремонтного строку експлуатації при порівнянні варіантів покриття конструкції жорсткого дорожнього одягу на автодорожніх мостах

Аналіз основних досліджень та публікацій. Останнім часом з'явилася необхідність у створенні дорожніх бетонів підвищеної довговічності. Як показує зарубіжний і вітчизняний досвід таким вимогам найбільшій мірі відповідають дорожні одяги жорсткого типу, строк служби яких до капітального ремонту може бути 30 – 50 років, натомість асфальтобетонних в середньому – 15 років.

В роботах Гамеляка І.П., Жданюка В.К., Онищенка А.М., Солодкого С.Й., вказано про таку перевагу цементобетону як набір міцності з часом [1, 5, 12-14, 17, 18]. Проте існують дослідження [12, 14, 17], де встановлено, що міцність на розтяг збільшується тільки на протязі першого року, потім може бути спад міцності і через 20 років вона складає 65-70 % міцності на розтяг бетону на 28 добу твердіння [12, 14, 18]. Однак багатолітній зарубіжний досвід будівництва цементобетонних покриттів і подальший нагляд за їх експлуатацією показує, що із плином часу на таких покриттях від комплексної дії транспортних засобів та зміни температури поступово погіршується якість покриття, що в свою чергу призводить до зниження безпеки руху та створення аварійно-небезпечних ситуацій. Основними дефектами цементобетонного покриття є тріщиноутворення (в результаті усадки, температури; силові, поперечні, поздовжні, діагональні, магістральні тріщини, сітка тріщин), руйнування кромки деформаційних швів, лущення, раковини, висолоутворення. Найбільш небезпечними для покриття є тріщини, які в результаті свого поширення розділяють плиту на окремі блоки і в результаті інтенсифікується процес подальшого руйнування плити. Руйнування і розшарування поверхневого шару бетону (лущення) є одним із основних дефектів, який утворюється під дією таких факторів як склад бетонної суміші і технології її влаштування, догляд за бетоном, дія протижелезних реагентів, багатократне циклічне заморожування – відтавання тощо. В зоні поперечних швів, як правило, збільшується динамічна дія колес автомобілів, при цьому кромки плит і прилегла поверхня покриття піддається додатковому навантаженню. В силу цих факторів поперечні шви спричиняють до зниження міцності поверхневого шару бетону.

Розрахунок за граничним станом на розтяг при згині розглядає дорожню плиту під час її роботи тільки у двох станах: вихідному і зруйнованому. Руйнування дорожньої плити вважають момент прийняття нею навантаження, яке відповідає максимальній несучій здатності. Натомість бетонна плита ще має спроможність опиратися меншому за величиною зовнішньому навантаженню. Повне руйнування на фрагменти може наступити при навантаженні, значно меншого, ніж максимальне, в результаті досягнення тріщинами своїх критичних значень. Генерація тріщин проходить з часом та є кінетичним процесом. Цей процес названо деградацією цементобетону, що закінчується його

руйнуванням, коли відбувається лавиноподібне нестійке збільшення параметрів макротріщини на критичній стадії руйнування [1-18].

Визначальний вплив на несучу здатність покриття відіграють тріщини в структурі цементобетону, які розвиваються за механізмом нормального відриву. Цей процес має стійкий характер і супроводжується поступовим нагромадженням локальних руйнувань. У разі нагромадження мікро- і макродефектів в структурі цементобетону сягає певної критичної межі, поява нових тріщин і розвиток вже існуючих проходить лавиноподібно і відбувається руйнування. Це може відбуватися протягом десятків років. Прискорене руйнування відбувається внаслідок перевищення розрахункових навантажень і посиленою дією зовнішніх факторів (температури, агресивного середовища). Міцність і деформативність дорожнього бетону на розтяг при згині – це властивості, які визначають їх тріщиностійкість, витривалість та довговічність. Як приклад в роботі [2] приведені результати обстеження і оцінки міцності цементобетонного покриття на автомобільній дорозі Н-01 Київ – Знам’янка. Візуальне обстеження цементобетонного покриття свідчать про значну втрату його несучої здатності: поздовжні та поперечні тріщини, сітка тріщин, обломи кутів плит, суттєві руйнування плит в зоні швів розширення. Керни відбирали у місцях без видимих дефектів, як у найбільш напружених (полосі накату, краї плит в центрі та на кутах), так і в менш напружених (між полосами накату).

Аналіз отриманих експериментальних результатів також підтверджує значне зменшення залишкового ресурсу розрахункової міцності на розтяг при згині, порівнюючи із початковим його значенням. Дослідження показали, що за рахунок втоми від проїздів транспортних засобів за період експлуатації 28 років розрахункове значення існуючого покриття зменшилося майже вдвічі. Одним із існуючих способів підвищення довговічності цементобетонів для покриття доріг є їх модифікація хімічними добавками. Отримання дорожніх бетонів В40F200W10 і вище забезпечується при застосуванні вітчизняних матеріалів, за рахунок зниження В/Ц до величини 0,28 – 0,35 і використанні комплексних хімічних добавок (повітрявтягуючих і пластифікуючих) [1, 12, 14,]. Необхідно оцінити вплив кількості хімічної добавки на міцність цементобетонних покриттів конструкції дорожнього одягу з різною довговічністю. Відповідно до [3] для визначення приведеної вартості при варіантному проектуванні керуються строками експлуатації дорожнього одягу, витікаючими з довговічності матеріалу верхнього шару покриття, які для дорожніх одягів капітального типу з цементобетонним покриттям для I категорії в залежності від інтенсивності руху транспорту становить 18 років, а для II категорії становить 21 рік, а для III категорії становить 22 роки та для IV категорії становить 23 роки.

Тому змодельємо ефективність міжремонтних періодів в термінах "довговічність - вартість". Для цього розглянемо поняття залишкового ресурсу і розробимо підхід до вибору оптимального варіанту конструкції на стадії проектування і стратегії її оптимального ремонту на стадії експлуатації. Згідно [2], протягом міжремонтного строку експлуатації T_c (між капітальними ремонтами [3]) класу міцності цементобетонного покриття дорожнього одягу змінюється від будівельної міцності бетону на розтяг при згині R_i^{ov} (фактична міцність на розтяг при згині на об'єкті) до розрахункової потрібної міцності на розтяг при згині R_i^p (міцність на розтяг при згині згідно проекту) в залежності від класу міцності B_{btb} цементобетону. Довговічність цементобетону для покриття автомобільних доріг становить не менше 26 років. Мінімальні проектні класи цементобетону за міцністю на розтяг при згині B_{btb} на стадії проектування приймається відповідно до таблиці 1 [2, 5] (міцність на розтяг при згині не нижче ніж B_{btb} 3,6), а також відбираються цементобетонні зразки керни з конкретного об'єкту експлуатації. З урахуванням робіт [1, 4, 6] можна прийняти залежність для оцінки зниження міцності цементобетонного покриття конструкції дорожнього одягу в міжремонтний період, що представлено на рис. 1 і визначається за формулою (1)

$$R_i = R_i^{ov} - R_i^p \cdot (e^{a \cdot t} - 1) \quad (1)$$

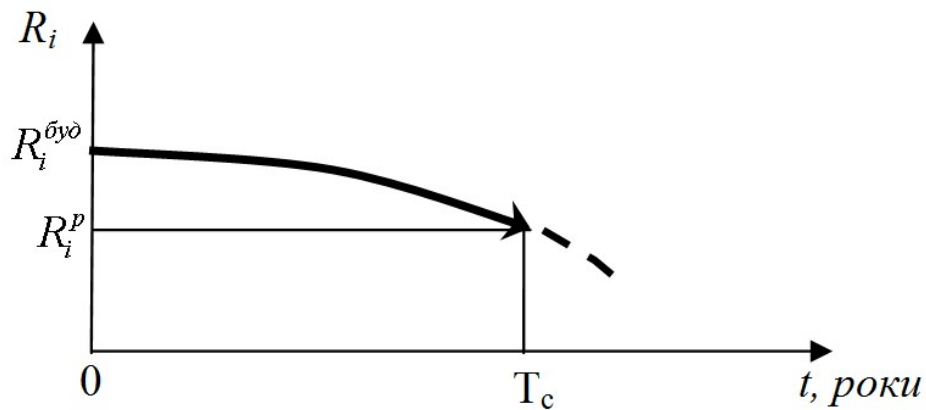


Рисунок 1 – Зниження міцності цементобетонного покриття конструкції дорожнього одягу в міжремонтний період

Figure 1 – Decreasing the strength of the cement-concrete coating of the road clothing structure in the inter-repair period

Для цементобетонних покриттів автомобільних доріг використовують бетон важкий, відповідно до [2, 7, 8]. Потрібну розрахункову міцність на розтяг при згині R_i^p в залежності від класу міцності B_{btb} цементобетону визначається за відомою залежністю [2] з урахуванням коефіцієнта температурної тріщиностійкості [9]:

$$R_i^p = B_{btb} \cdot K_m \cdot K_y \cdot K_{Tp} \quad (2)$$

де B_{btb} – клас цементобетону по міцності на розтяг при згині (табл. 1);

K_m – коефіцієнт набору міцності цементобетону в залежності від температури повітря;

K_{Tp} – коефіцієнт температурної тріщиностійкості, приймається для розрахунку 0,96;

K_y – коефіцієнт втоми цементобетону при повторному навантаженні, який визначається за формулою:

$$K_y = 1,08 \cdot N_p^m \quad (3)$$

де N_p – розрахункова інтенсивність дії навантаження од/доб;

m – показник втоми цементобетону приймається 0,063 [2], або визначається за методикою [10].

Клас цементобетону за міцністю повинен відповідати таблиці 1 [8].

Протягом міжремонтного строку експлуатації фактична міцність на розтяг при згині цементобетонного покриття конструкції дорожнього одягу не має бути нижчою за потрібну міцність.

Як відомо, що в формулі при (1) $t = 0$ (закінчення ремонту або нового будівництва – на початку експлуатації) $R_i = R_i^{бюд}$. Коефіцієнт a знаходиться підстановкою в (1) відповідно до [3] $t = T_c$ (кінець міжремонтного строку експлуатації) $R_i = R_i^p$.

З урахуванням роботи [1] будівельну міцність цементобетону $R_i^{бюд}$ знаходять з урахуванням коефіцієнта запасу міцності $K_{ми}$ так, що $R_i^{бюд} = K_{ми} \cdot R_i^p$. Таким чином вираз (1) тотожний залежності:

$$R_i = K_{ми} \cdot R_i^p - R_i^p \cdot (e^{a \cdot t} - 1) \quad (4)$$

Таблиця 1 – Мінімальний проектний клас цементобетону

Table 1 – Minimum design class of cement concrete

Призначення цементобетонну	Категорія дороги	Потрібний мінімальний проектний клас цементобетонну за міцністю (марка)	
		стиск (марка)	розтяг при згині
Одношарове або верхній шар двошарового цементобетонного покриття	Ia	B 35 (M450)	B_{btb} 4,8
	Iб, II	B 30 (M400)	B_{btb} 4,2
	III	B 27 (M350)	B_{btb} 4,0
	IV	B 25 (M300)	B_{btb} 3,6

Залежність між a , T_c і $K_{мц}$ знайдемо з (4) при $t = T_c$ [4]:

$$K_{мц} = e^{a \cdot T_c} \quad (5)$$

$$a = \frac{1}{T_c} \ln K_{мц} \quad (6)$$

Необхідний коефіцієнт надійності K_n , що визначає мінімальне значення коефіцієнта міцності $K_{мц}$, який дорожній одяг повинний мати до кінця строку служби між капітальними ремонтами, нормований у залежності від категорії дороги з врахуванням капітальності одягу та врахуванням досягнутого рівня якості [3].

Для прикладу приймається автомобільна дорога першої технічної категорії $K_{мц} = 1,43$; $T_c = 18$ років і за формулою (6) будемо мати

$$a = \frac{1}{18} \ln 1,43 = 0,02$$

Якщо прийняти, що потрібна розрахункова міцність цементобетонного покриття на даній автомобільній дорозі становитиме $R_i^p = 0,72$ МПа, а будівельна міцність відповідно $R_i^{б\gamma d} = 1,03$ МПа.

Результати розрахунку за формулою (4) зміна міцності цементобетонного покриття дорожнього одягу в міжремонтний період експлуатації автомобільної дороги наведено на рис 2.

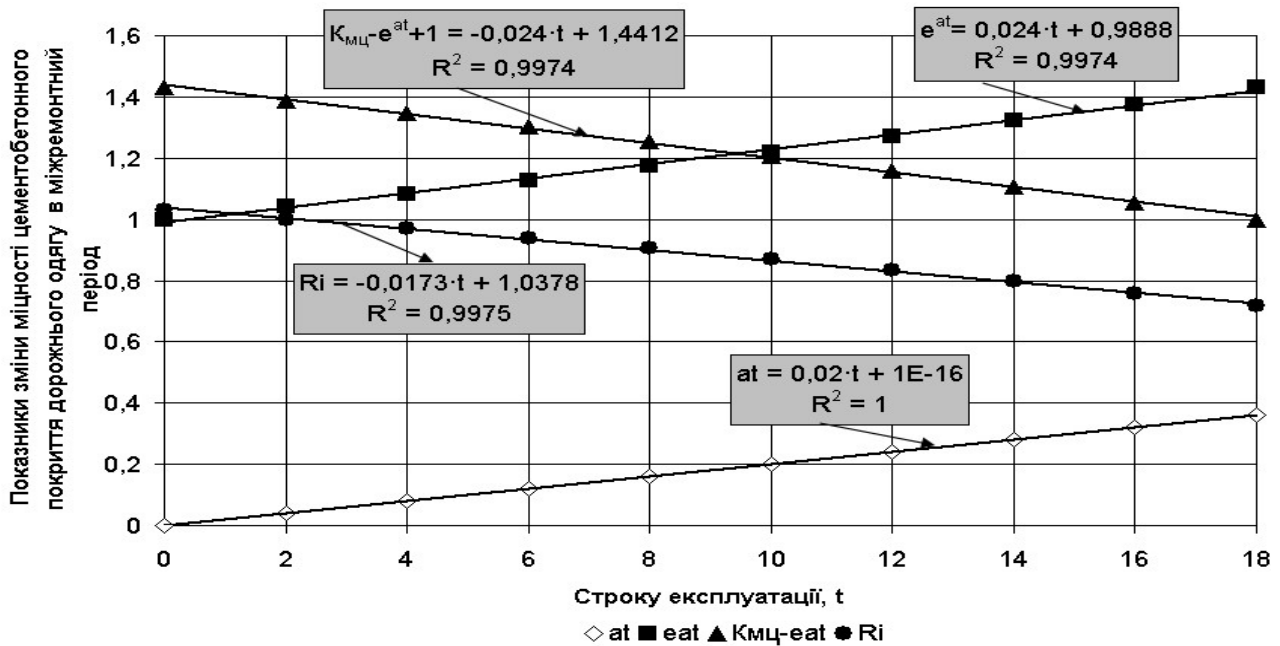


Рисунок 2 – Зміна міцності цементобетонного покриття дорожнього одягу в міжремонтний період
 Figure 2 – Change in the strength of cement concrete pavement in the inter-repair period

Якщо базуватись на наведених вище залежностях та роботи [4] зміни експлуатаційного стану цементобетонного покриття дорожнього одягу, то для рівномірних варіантів 1 і 2 з різною довговічністю маємо типові залежності зниження міцності, які наведені на рис.3.

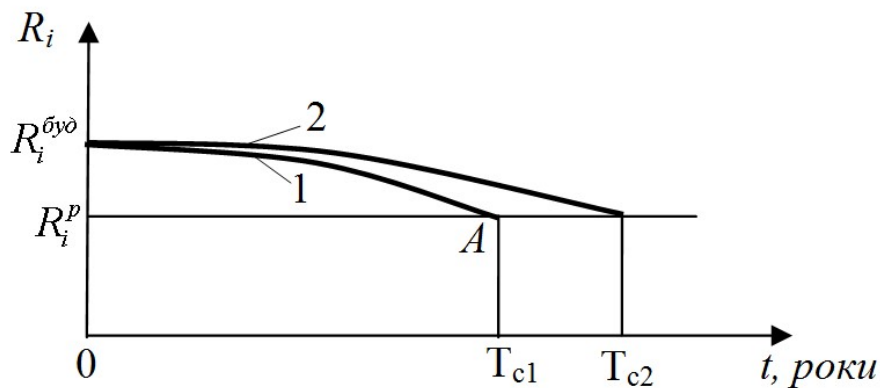


Рисунок 3 – Варіант рівномірного цементобетонного покриття конструкції дорожнього одягу із різною довговічністю
 Figure 3 – Variant of equal-strength cement-concrete coating of the construction of road clothing with different durability

Традиційно, виконуючи згідно [3] варіантне проектування конструкцій дорожнього одягу жорсткого, навіть з різною довговічністю цементобетонного покриття, виходячи з наступних положень. По-перше, обидва варіанти розраховують на один і ту ж розрахункову потрібну міцність на

розтяг при згині R_i^p . По-друге обидва варіанти повинні мати однаковий коефіцієнт міцності $K_{мц}$ і відповідно однакову будівельну міцність цементобетонну $R_i^{\delta y \delta}$. Це спрощена ситуація при проектуванні дорожнього одягу жорсткого

$$K_{мц2} = K_{мц1} \frac{R_i^{\delta y \delta 2}}{R_i^{\delta y \delta 1}} . \quad (7)$$

Таким чином, для двох варіантів рівномірного цементобетонного покриття дорожнього одягу, але з різною довговічністю T_{c1} і T_{c2} ($T_{c1} < T_{c2}$) відповідно із формулою (1) залежності міцності на розтяг при згині R_i в часі можна записати [4]:

$$R_i = R_i^{\delta y \delta} - R_i^p \cdot (e^{a_1 \cdot t} - 1) , \quad (8)$$

$$R_i = R_i^{\delta y \delta} - R_i^p \cdot (e^{a_2 \cdot t} - 1) . \quad (9)$$

Очевидно, що для зазначених варіантів

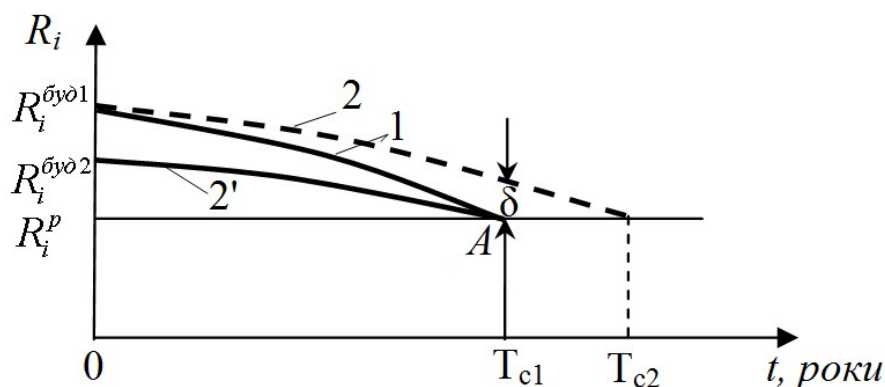


Рисунок 4 – Варіант 2' із параметрами матеріалів варіант 2, але із строком служби T_{c1} і будівельною міцністю $R_i^{\delta y \delta 2} < R_i^{\delta y \delta 1}$

Figure 4 – Option 2' with the material parameters of option 2, but with service life and structural T_{c1} strength $R_i^{\delta y \delta 2} < R_i^{\delta y \delta 1}$

Для знаходження нового коефіцієнту міцності $K_{мц1}$ будівельна міцність варіант 2' визначається як [4]

$$R_i^{\delta y \delta 2} = R_i^{\delta y \delta 1} - \delta . \quad (10)$$

Величину δ наведено на рис. 3 в точці A, в якій $\delta = R_{iA} - R_i^p$. Потрібна розрахункова міцність приймається за формулою (1) для варіанту 2, тобто має такий вигляд

$$R_{iA} = R_i^{\delta y \delta 1} - R_i^p \cdot (e^{a_2 \cdot Tc_1} - 1) \quad (11)$$

Таким чином величину δ можна отримати з урахуванням залежностей (10), (11) за формулою

$$\delta = R_i^{\delta y \delta 1} - R_i^p \cdot (e^{a_2 \cdot Tc_1} - 1) - R_i^p \quad (12)$$

Підстановкою δ в (10) отримаємо

$$R_i^{\delta y \delta 2} = R_i^p \cdot e^{a_2 \cdot Tc_1} \quad (13)$$

З метою визначення коефіцієнту запасу міцності $K_{mц2}$ необхідно підстановкою $R_i^{\delta y \delta 2}$ в (7) отримаємо відповідно

$$K_{mц2} = K_{mц1} \cdot \frac{R_i^p \cdot e^{a_2 \cdot Tc_1}}{R_i^{\delta y \delta 2}} = K_{mц1} \cdot \frac{R_i^p \cdot e^{a_2 \cdot Tc_1}}{K_{mц1} \cdot R_i^p} \quad (14)$$

або [4]

$$K_{mц2} = e^{a_2 \cdot Tc_1} \quad (15)$$

Враховуючи (5) і (6), що

$$Tc_1 = \frac{\ln K_{mц1}}{a_1}, \text{ отримаємо } K_{mц2} = e^{\frac{a_2 \cdot \ln K_{mц1}}{a_1}}, \text{ або } K_{mц2} = K_{mц1} \cdot \frac{a_2}{a_1}$$

Значення a_2 і a_1 знаходять з формули (6)[4]:

$$a_2 = \frac{1}{Tc_2} \ln K_{mц2} \text{ і } a_1 = \frac{1}{Tc_2} \ln K_{mц1}.$$

Остаточно

$$K_{mц2} = K_{mц1} \frac{Tc_1}{Tc_2} \quad (16)$$

Для прикладу приймаємо випадок, коли потрібна розрахункова міцність цементобетонного покриття дорожнього одягу становить $R_i^p = 13,97$ МПа, тоді для варіанту 1 $K_{mц1} = 1,43$; $Tc_1 = 18$ років, а для варіанту 2 із застосуванням комплексних добавок до цементобетонну його довговічність буде більшою на $Tc_1 = 23$ років. Для варіанта 2 з таким же цементобетонним покриттям, який має таку ж потрібну міцність ($R_i^p = 13,97$ МПа) у відповідності з формулою (16) $K_{mц2} = 1,119$, тобто варіант необхідно конструювати на будівельну міцність (13) $R_i^{\delta y \delta 2} = 20,466$ МПа.

На практиці як відомо клас цементобетонну для покриття жорсткого дорожнього одягу автодорожніх мостів потрібно дещо підвищити з метою забезпечення інших критеріїв міцності (за недопустимими уступами між плитами та зсувом).

Висновки та рекомендації.

В статті запропоновано визначати залишковий ресурс цементобетонного покриття на автодорожніх мостах, яке потрібно оцінюватись відразу після здачі нового чи відремонтованого об'єкту в експлуатацію поряд із замірами рівності, шорсткості та фактичної інтенсивності руху автомобілів. Це дозволить оцінити фактичний початковий стан покриття, причину його відмінності від проектного стану та відкоригувати запроєктовану стратегію оптимального утримання. Кожен автодорожній міст з цементобетонним покриттям повинен мати свою унікальну стратегію ремонтів.

Запропоновано алгоритм розв'язання задачі вибору найбільш раціональної конструкції дорожнього одягу порівнянням варіантів з різним міжремонтним строком, виходячи з динаміки зміни їх експлуатаційного стану протягом міжремонтного періоду.

Розроблено метод порівняння варіантів конструкції жорсткого дорожнього одягу на автодорожніх мостах з різними міжремонтними строками, що базується на приведення варіанта із підвищеною довговічністю T_{c2} до конструкції з тим же строком служби T_{c1}

Перелік посилань

1. Онищенко А.М., Гаркуша М.В., Чиженко Н.П. Розробка методики оцінки довговічності цементобетонного покриття на автомобільних дорогах з урахуванням спільного впливу зміни температури та дії транспорту. *Збірник матеріалів I Міжнародної науково – технічної конференції “Дорожньо-будівельний комплекс: проблеми, перспективи, інновації”*. м. Харків, ХНАДУ, 2019. С. 197-198.

2. Звіт про науково-дослідну роботу. «Оцінка міцності конструкції дорожнього одягу з асфальтобетонними шарами на існуючому цементобетонному покритті ділянки автомобільної дороги Н-01 Київ – Знам'янка, км 21+620 – км 38+880». НТУ.- 2015 р. - С 243.

3. ГБН В.2.3-37641918-557:2016 Автомобільні дороги. Дорожній одяг жорсткий. Проектування.

4. Корсунский М.Б. Межремонтные сроки службы дорожных одежд и покрытий. / Автомоб. дороги. № 1, 1984 – с.4-6.

5. A.N. Onyshchenko, A.S. Lapchenko, N.P. Chyzhenko, S.P. Voznyi Evaluation of inflammatory concerns in cementbound and other cemento-layers of road clothing for care and health. *Slovak international scientific journal*. Slovakia. 2019. № 27. P. 8-13. <http://sis-journal.com/wp-content/uploads/2019/04/Slovak-international-scientific-journal-No27-2019.pdf>

6. Жданюк В.К., Філіпов В.В., Смірнова Н.В. Особливості порівняння конструкцій нежорсткого дорожнього одягу з різною довговічністю // Автошляховик України. 2011. - № 3(221). С. 25-29.

7. ДБН В.2.3.4:2015 Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво

8. Kovalchuk Vitalii. Restoration of the bearing capacity of damaged transport constructions made of corrugated metal structures / Vitalii Kovalchuk, Mykola Sysyn, Yuriy Hnativ, Artur Onyshchenko, Maksym Koval, Oleksii Tiutkin, Mariana Parneta // *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*. – RTU Press, 2021 Volume 16 Issue 2. – pp.90 – 109. ISSN 1822-427X/eISSN 1822-4288.

9. ДСТУ Б.В. 2.7-43 – 96 Будівельні матеріали. Бетони важкі. Технічні умови

10. СОУ 42.1 – 37641918-091:2013 будівельні матеріали. Бетони дорожні, армовані базальтовою фіброю. Загальні технічні умови.

11. Онищенко А. М., Кузьмінець М. П., Гаркуша М. В. Теоретичні та практичні дослідження ресурсу асфальтобетонного покриття на залізобетонних транспортних спорудах : монографія. К. : НТУ, 2015. 323. с.

12. Дорошенко Ю.М. Цементні бетони в дорожньому будівництві: навч. Посіб. для студ. вищ. навч. закл. / Ю.М. Дорошенко. - К.: НТУ, 2012. – 192 с.

13. Гамеляк І. П. Про ефективність застосування високоміцного цементобетону для будівництва жорстких дорожніх покриттів // Автомобільні дороги и дорожне будівництво. – Київ : НТУ, 2011. – Вип. 81. – С. 30

14. Солодкий С.Ю. Наукові засади підвищення тріщиностійкості дорожнього цементного бетону. - Дис. доктора технічних наук. – Львів, 2009. – 292 с.

15. Kovalchuk V. Devising a procedure for assessing the subgrade compaction degree based on the propagation rate of elastic waves / V. Kovalchuk, I. Kravets, O. Nabochenko, A. Onyshchenko, O. Fedorenko, A. Pentsak, O. Petrenko, N. Gembara // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 1/5 (109), 2021. – pp. 6–15. doi: 10.15587/1729-4061.2021.225520.

16. Kovalchuk V. A comprehensive procedure for estimating the stressed-strained state of a reinforced concrete bridge under the action of variable environmental temperatures / Vitalii Kovalchuk, Arthur Onyshchenko, Olexander Fedorenko, Mykola Habrel, Bogdan Parneta, Oleh Voznyak, Ruslan Markul, Mariana Parneta, Roman Rybak // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – Kharkov. – 2/7 (110), 2021. – pp. 23–30. doi: 10.15587/1729-4061.2021.228960.

17. Онищенко А.М., Гаркуша М.В., Чиженко Н.П. Розробка методики оцінки довговічності цементобетонного покриття на автомобільних дорогах з урахуванням спільного впливу зміни температури та дії транспорту. *Збірник матеріалів I Міжнародної науково – технічної конференції “Дорожньо-будівельний комплекс: проблеми, перспективи, інновації”*. м. Харків, ХНАДУ, 2019. С. 197-198.

18. Онищенко А.М., Чиженко Н.П. Метод оцінки довговічності цементобетонного покриття автомобільних доріг. *Збірник тез міжнародної науково-технічної конференції Гідротехнічне і транспортне будівництво*. Одеса. 28-29 травня 2020 р. С.85-89.

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

Tsepelev Serhii Yu., National Transport University, PhD student, Department of Bridges, Tunnels and Hydrotechnical Structures, E-mail: Tsepelevsergey1@gmail.com, +380504455755, <https://orcid.org/0000-0001-7232-4651>

Summary. The article offers approaches for assessing the strength of cement concrete pavement when comparing options for road wear structures on highway bridges with different repair intervals. It is proposed to evaluate the residual resource of the coating, which is evaluated immediately after the commissioning of a new or renovated facility, along with measurements of evenness, roughness, and the actual intensity of car traffic. This will make it possible to assess the actual initial condition of the pavement, the reason for its difference from the design condition, and to adjust the designed strategy for optimal maintenance. Each highway bridge with a cement concrete coating should have its own unique repair strategy. An algorithm for solving the problem of choosing the most rational design of road clothing on bridges is proposed, by comparing options with different maintenance periods, based on the dynamics of changes in their operational state during the maintenance period. A method has been developed for comparing options for covering structures of hard road clothing on highway bridges with different maintenance periods, based on bringing the option from increased durability T_{c2} to a structure with the same service life T_{s1}

Key words: road bridge, cement-concrete coating, construction of rigid road clothing, durability, repair intervals.

References

1. Onyshchenko A.M., Harkusha M.V., Chyzenko N.P. Development of a methodology for assessing the durability of cement-concrete pavements on highways, taking into account the joint influence of temperature changes and the action of transport. Collection of materials of the 1st International Scientific and Technical Conference "Road Construction Complex: Problems, Prospects, Innovations". Kharkiv, Khnadu, 2019. P. 197-198.

2. Report on research work. "Assessment of the strength of the construction of road clothing with asphalt concrete layers on the existing cement concrete coating of the section of highway N-01 Kyiv - Znamyanka, km 21+620 - km 38+880". NTU. - 2015 - p. 243.

3. GBN V.2.3-37641918-557:2016 Motor roads. Road clothes are tough. Designing.

4. Korsunsky M.B. Between-repair service life of road clothes and covers. / Automobile roads No. 1, 1984 - pp. 4-6.

5. A.N. Onyshchenko, A.S. Lapchenko, N.P. Chyzhenko, S.P. Voznyi Evaluation of inflammatory concerns in cementbound and other cemento-layers of road clothing for care and health. *Slovak international scientific journal*. Slovakia. 2019. № 27. P. 8-13. <http://sis-journal.com/wp-content/uploads/2019/04/Slovak-international-scientific-journal-No27-2019.pdf>
6. Zhdanyuk V.K., Filipov V.V., Smirnova N.V. Peculiarities of comparison of structures of non-rigid road clothing with different durability // *Avtoshlyahovyk of Ukraine*. 2011. - No. 3(221). P. 25-29.
7. DBN V.2.3.4:2015 Motor roads. Part I. Design. Part II. Construction.
8. Kovalchuk Vitalii. Restoration of the bearing capacity of damaged transport constructions made of corrugated metal structures / Vitalii Kovalchuk, Mykola Sysyn, Yuriy Hnativ, Artur Onyshchenko, Maksym Koval, Oleksii Tiutkin, Mariana Parneta // *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*. – RTU Press, 2021 Volume 16 Issue 2. – pp.90 – 109. ISSN 1822-427X/eISSN 1822-4288.
9. DSTU B.V. 2.7-43 – 96 Building materials. Concrete is heavy. Specifications
10. SOU 42.1 – 37641918-091:2013 construction materials. Road concrete reinforced with basalt fiber. General technical conditions.
11. Onyshchenko A. M., Kuzminets M. P., Harkusha M. V. Theoretical and practical studies of the resource of asphalt concrete pavement on reinforced concrete transport structures: monograph. K.: NTU, 2015. 323. p.
12. Doroshenko Yu.M. Cement concrete in road construction: training. Manual for students higher education closing / Yu.M. Doroshenko. - K.: NTU, 2012. – 192 p.
13. Hamelyak I.P. On the effectiveness of using high-strength cement concrete for the construction of rigid road surfaces // *Road construction and road construction*. – Kyiv: National Technical University, 2011. – Vol. 81. – P. 30
14. Sweet S.Yu. Scientific principles of increasing the crack resistance of road cement concrete. - Diss. doctor of technical sciences. - Lviv, 2009. - 292 p.
15. Kovalchuk V. Devising a procedure for assessing the subgrade compaction degree based on the propagation rate of elastic waves / V. Kovalchuk, I. Kravets, O. Nabochenko, A. Onyshchenko, O. Fedorenko, A. Pentsak, O. Petrenko, N. Gembara // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – Kharkov. – 1/5 (109), 2021. – pp. 6–15. doi: 10.15587/1729-4061.2021.225520.
16. Kovalchuk V. A comprehensive procedure for estimating the stressed-strained state of a reinforced concrete bridge under the action of variable environmental temperatures / Vitalii Kovalchuk, Arthur Onyshchenko, Olexander Fedorenko, Mykola Habrel, Bogdan Parneta, Oleh Voznyak, Ruslan Markul, Mariana Parneta, Roman Rybak // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. – Kharkov. – 2/7 (110), 2021. – pp. 23–30. doi: 10.15587/1729-4061.2021.228960.
17. Onyshchenko A.M., Harkusha M.V., Chyzhenko N.P.. Development of a methodology for assessing the durability of cement-concrete pavement on highways taking into account the joint influence of temperature changes and the action of transport. Collection of materials of the 1st International Scientific and Technical Conference "Road Construction Complex: Problems, Prospects, Innovations". Kharkiv, Khnadu, 2019. P. 197-198.
18. Onyshchenko A.M., Chyzhenko N.P. A method of assessing the durability of cement-concrete road pavements. Collection of theses of the international scientific and technical conference Hydrotechnical and transport construction. Odesa. May 28-29, 2020. P.85-89.

Надійшла до редакції 10.06.2023.