https://doi.org/10.36100/dorogimosti2020.22.138

УДК 625.8

Онищенко А. М., *д-р техн. наук., доц., https://orcid.org/0000-0002-1040-4530*
Чиженко Н. П., *https://orcid.org/0000-0002-9152-2474*

Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

ОЦІНКА ДОВГОВІЧНОСТІ ЦЕМЕНТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Анотація

Вступ. За останні роки в усьому світі на автомобільних дорогах спостерігається тенденція збільшення інтенсивності руху транспортних засобів і зростання частки великовантажних автомобілів та багатовісних автопоїздів із підвищеним тиском у пневматиках. Це викликає передчасні руйнування і недопустимі деформації на дорогах, швидке їх руйнування, суттєве підвищення собівартості перевезень. Частковим вирішенням цієї проблеми може стати використання цементобетону для покриття автомобільних доріг. У багатьох країнах із цементобетонним покриттям дороги займають суттєву частку. Китай, світовий лідер із виробництва цементобетону, щороку споруджує 20 тис. км швидкісних доріг із цементобетонним покриттям. У США частка доріг становить 60 %, Німеччині — 42 %, Чехії — 22 %, проте в Україні — лише 1 %.

Проблематика. На сьогоднішній день існуючі методи та критерії оцінки довговічності цементобетонного покриття носять розрізнений характер та як при оцінці тріщиностійкості покриття враховується окремо або лише дія транспортних засобів або дія зміни температури. Врахування спільного впливу зміни температури та дії пневматичних коліс транспортних засобів, а також усадки цементобетону при оцінці тріщиностійкості покриття дозволить більш об’єктивно проводити оцінку довговічності. Утворення тріщин у цементобетонному покритті порушують цілісність та монолітність дорожньої конструкції, розділяючи її на окремі блоки, не пов’язані між собою, кількість і протяжність тріщин, що утворилися на покритті, майже не впливають на рух автомобілів до тих пір, поки не утворилися вибоїни та викришування, що призводить до погіршення рівності покриття, зниження рівня безпеки руху та створення аварійно-небезпечних ситуацій. Як наслідок, збільшуються витрати на утримання та ремонт цементобетонного покриття автомобільних доріг, які зазнають передчасних руйнувань.

Мета. Метою даної роботи є розроблення методу оцінки довговічності цементобетонного покриття автомобільних доріг, з урахуванням спільного впливу усадки, зміни температури та дії транспортних засобів.

Матеріали та методи. Аналіз наукових видань, технічної та нормативної літератури щодо оцінки довговічності цементобетонного покриття автомобільних доріг.

Результати і висновки. Отримано залежності, які дозволяють розраховувати строк служби запроектованого цементобетонного покриття на автомобільних дорогах за тріщиностійкістю з урахуванням спільного впливу усадки, зміни температури та дії транспортних засобів.

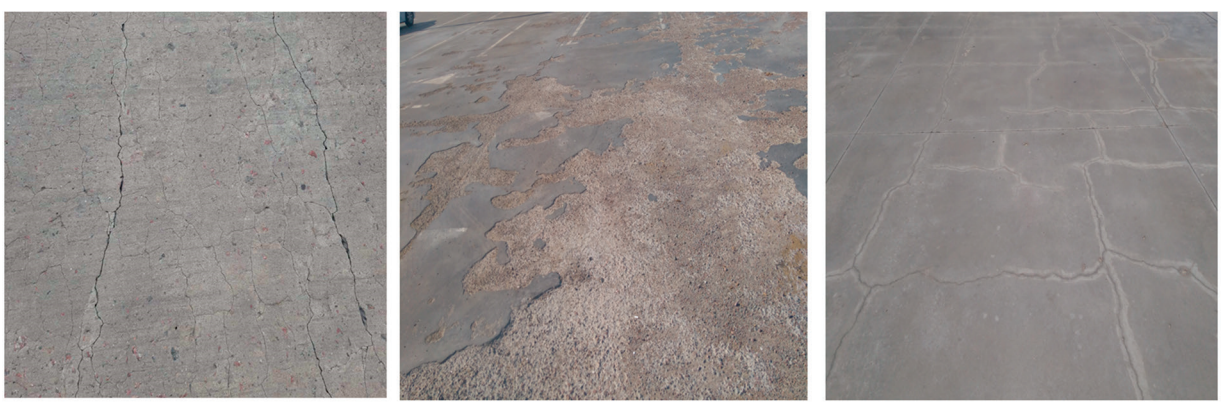
Ключові слова: автомобільна дорога, довговічність, напруження, усадка, температура, транспортний засіб, тріщиностійкість, цементобетонне покриття.

Вступ

За останні роки в усьому світі на автомобільних дорогах спостерігається тенденція збільшення інтенсивності руху транспортних засобів і зростання частки великовантажних автомобілів та багатовісних автопоїздів з підвищеним тиском в пневматиках. Це викликає передчасні руйнування і недопустимі деформації на дорогах, швидке руйнування, суттєве підвищення собівартості перевезень. Частковим вирішенням цієї проблеми може стати використання цементобетону для покриття автомобільних доріг. У багатьох країнах із цементобетонним покриттям дороги займають суттєву частку. Китай, світовий лідер із виробництва цементобетону, щороку споруджує 20 тис. км швидкісних доріг із цементобетонним покриттям. У США частка доріг становить 60 %, Німеччині — 42 %, Чехії — 22 %, проте в Україні — лише 1 %. Область раціонального використання цементобетонних покриттів згідно з п. 4.3.4. ДБН В.2.3-4:2015 у випадку, коли очікувана інтенсивність великовантажних транспортних засобів більше 15 % від загального потоку, то проектується лише жорсткий дорожній одяг, також раціональним використанням є під'їзди до морських портів, митниці, стоянки великовагових транспортних засобів, логістичні центри, об'їзні дороги крупних населених пунктів, дороги промислових підприємств, маршрути руху контейнерів та зерновозів.

Постановка проблеми. Закордоном розрахунковий період експлуатації покриттів жорсткого типу становить 35–50 років, в Україні — 18–23 років згідно з [1]. Проте багаторічні спостереження за експлуатацією цементобетонних покриттів, а також аналіз зарубіжного досвіду дозволяє об'єктивно оцінити недоліки покриттів даного типу, головними з яких є тріщиноутворення в результаті дії: усадки, коливання температури добової та річної, перемінного заморожування – відтавання води в порах і ушкоджених місцях, динамічного навантаження від коліс транспортних засобів.

Утворення тріщин у цементобетонному покритті порушують цілісність та монолітність дорожньої конструкції, розділяючи її на окремі блоки, не пов'язані між собою, кількість і протяжність утворених тріщин, що утворилися на покритті, майже не впливають на рух автомобілів до тих пір, поки не утворилися вибоїни та викришування, що призводить до погіршення рівності покриття, зниження рівня безпеки руху та створення аварійно-небезпечних ситуацій. На рис. 1 наведено пошкодження поверхні цементобетонного покриття автомобільних доріг.



а)

а) після 5 років експлуатації;

б) після 25 років експлуатації

Рисунок 1, аркуш 1 — Пошкодження поверхні покриття автомобільної дороги

б)

Рисунок 1, аркуш 2

Як наслідок, збільшуються витрати на утримання та ремонт цементобетонного покриття автомобільних доріг, які зазнають передчасних руйнувань.

На сьогоднішній день існуючі методи та критерії оцінки довговічності цементобетонного покриття носять розрізнений характер, так як при оцінці тріщиностійкості покриття враховується окремо або лише дія транспортних засобів, або дія зміни температури. Врахування спільного впливу зміни температури та дії транспортних засобів, а також усадки цементобетону при оцінці тріщиностійкості покриття дозволить більш об'єктивно проводити оцінку довговічності цементобетонного покриття автомобільних доріг.

Метою даної роботи є розроблення методу оцінки довговічності цементобетонного покриття автомобільних доріг з урахуванням спільного впливу усадки, зміни температури та дії транспортних засобів.

Основна частина

Оцінка тріщиностійкості цементобетонного покриття автомобільних доріг базується на отриманні аналітичних залежностей, що дозволяють прогнозувати напруження від: спільного впливу річних і добових температур; усадки цементобетону при твердінні; дії пневматичних коліс транспортних засобів. Тому для прогнозування утворення тріщин в цементобетонні від зазначених факторів пропонується оцінювати довговічність покриття, яка повинна базуватися на умові граничного стану.

Ідея даного методу полягає в обґрунтуванні вибору умови міцності та критерію граничного стану для оцінки довговічності цементобетонного покриття автомобільних доріг. Для визначення тріщиностійкості цементобетонного покриття необхідна його кількісна оцінка на основі напружено-деформованого стану. Тобто потрібно знати при якому рівні напруження відбувається руйнування.

У вітчизняній дорожній практиці розрахунками цементобетонних покриттів автомобільних доріг займались і займаються такі вчені як Ю. М. Баженов, І. П. Гамеляк, І. М. Грушко, М. І. Горбунова-Посадова, В. С. Дорофеєв, В. М. Вировий, М. М. Іванов, П. Л. Пастернак, Л. І. Горецький, М. І. Горбунов-Посадов, Д. С. Толмачов, С. М. Толмачов, В. В. Мозговий, В. А. Чернигов, В. К. Жданюк, М. С. Коганзон, С. М. Леонович, Б. С. Раєв-Богословский, В. М. Ряпухін, Б. С. Радовський, С. Й. Солодкий, В. К. Апестин, В. В. Ушаков, Г. М. Вестергард і багато інших.

Довгий час розрахунок дорожнього одягу із цементобетонним покриттям виконували за методом граничних станів. Завдання розрахунку полягало в тому, щоб забезпечити запас міцності для запобігання настання в період експлуатації під впливом транспортних навантажень і природно-кліматичних факторів граничного стану. Перша теорія ґрунтується на такій гіпотезі — у момент настання граничного стану конструкція не здатна чинити опір зовнішнім впливам, що призводить до втрати несної здатності. Несна здатність покриття забезпечувалася умовою:

$$M_{\text{р}} \leq M_{\text{пр}}, \tag{1}$$

де $M_{\text{р}}$ — розрахунковий момент в перерізі плити при найбільш невигідному положенні коліс;

$M_{\text{пр}}$ — гранично допустимий, для даного перетину, згинальний момент.

Відповідно до ГБН В.2.3-37641918-557 та ВБН В.2.3–218 [1, 2] цементобетонні покриття розраховують на тріщиностійкість від дії транспорту згідно першої теорії міцності, яка базується на зіставленні розрахункової міцності бетону на розтяг при згині та напружень, що виникають внаслідок прикладання навантаження і температури. Напруження розтягу в разі згину визначають для розрахунку товщини покриття за умови гарантованого повного контакту плити з основою за рахунок стійкості земляного полотна і відсутності нерівномірних осідань або випирань [2, 3]. Згідно з даним нормативним методом вимагається, щоб напруження, що виникають у покритті дорожнього одягу при прогині від дії повторних короткочасних навантажень, не викликали порушення структури цементобетону, не утворювались тріщини, тобто повинна забезпечуватись умова:

$$K_{\text{пр}} \leq \frac{R_{\text{роз}}}{\sigma_{\text{pt}}}, \tag{2}$$

де $K_{\text{пр}}$ — коефіцієнт міцності;

$R_{\text{роз}}$ — розрахункова міцність бетону на розтяг при згині;

σ_{pt} — напруження розтягнення при вигині, що виникають в бетонному покритті від дії навантаження, з урахуванням перепаду температури по товщині плити.

У разі, коли напруження перевищить міцність при згині — настане руйнування покриття. Виникнення напружень у цементобетонному покритті пов’язано із такими факторами, як: тимчасове навантаження; коливання температури; зміна вологості цементобетону; зміна властивостей ґрунтів земляного полотна під впливом намочування та висушування; спучування ґрунту земляного полотна під впливом промерзання. Під час дії навантажень на підошві цементобетонного покриття виникають максимальні напруження у центрі поздовжнього зовнішнього краю за довжиною плити. Але постійна дія навантаження саме в цьому місці набагато менша та становить декілька відсотків від розрахункового числа проїздів для центральної частини плити (у методі РАС прийнято 6 %) [3].

Критеріями стійкості основи є стійкість незв’язних матеріалів у шарах основи та ґрунту земляного полотна зсуву; стійкість до недопустимих деформацій під торцями плит і недопустимих уступів між плитами. Для доріг I–III категорій величину гранично допустимих деформацій або висоту уступів між плитами у поперечних швах встановлюють не більше ніж 0,3 см.

Друга теорія міцності ґрунтується на такій гіпотезі — під час розрахунку за критерієм недопустимих уступів між плитами (висотою не більше ніж 0,3 см) стійкість вважають забезпеченою при умові [1, 2]:

$$q_{доп} \le q_{роз}, \quad (3)$$

де $q_{роз}$ — розрахунковий тиск на основі під час навантаження обох кутів плит біля поперечного шва, МПа;

$q_{доп}$ — допустимий тиск на основу, МПа, визначають за формулою [14].

Третя теорія міцності ґрунтується на такій гіпотезі — під час розрахунку конструкції у пружній стадії за заданого рівня надійності стійкість основи вважається забезпеченою за умови [1, 2]:

$$K_{пр} \le T_{доп} / T_{акт}, \quad (4)$$

де $T_{доп}$ і $T_{акт}$ — активні та допустимі напруження зсуву, визначають згідно з [2] з урахуванням, що у зоні швів покриття розрахунковий модуль пружності $E_{роз}$ цементобетонного покриття набуде значень, які наведені у табл. 2.3 [2].

Однак, вище зазначені теорії міцності можна застосовувати тільки при крихкому руйнуванні та не можуть враховувати одночасно міру пошкодження монолітної структури цементобетонного покриття автомобільних доріг від дії усадки цементобетону при твердінні, зміни спільного впливу річних і добових температур та дії транспортних засобів.

Під дією пневматичних коліс транспортних засобів у цементобетонному покритті виникають деформації згину при відповідному часі дії навантаження, а при зміні температури покриття — деформація стиску, розтягу та згину. Тривалість деформації залежить від часу дії навантаження або температури [4]. З урахуванням фактору часу в покритті можуть розвиватись наступні види деформацій [4, 5]: пружні, в'язко-пластичні (повзучість), пружного наслідку та пружного відновлення

Виходячи із існуючих теоретичних положень про властивості матеріалів на основі неорганічних в'яжучих (цементобетону), зрозуміло, що для забезпечення їх суцільності необхідно мати дещо іншу умову тривалої міцності, що враховує характер руйнування при змінному в часі напруженні і змінній в часі температурі. Тому що, для збереження суцільності матеріалів на неорганічному в'яжучому, що виявляють пружні, в'язко-пластичні властивості, недостатньо, як було сказано вище, традиційних для пружних матеріалів вимог (напруження в будь-який момент менші межі міцності матеріалу), а варто ще врахувати закономірності попередньої зміни напруження.

Для вирішення поставлених задач, необхідно мати умову міцності, що враховує часовий характер руйнування цементобетонного покриття при змінних в часі напружень і температури.

Вихідною інформацією про міцнісні властивості цементобетонного покриття автомобільних доріг при вивченні тривалої міцності є, як відомо, результат випробування на довговічність при постійному навантаженні (наприклад, в умовах осьового розтягу) та за постійної температури T. При цьому визначають, як правило, залежність часу до руйнування t^* від напруження та температури, що витримує зразок, від часу дії постійного навантаження і від температури:

$$t^* = t^* \cdot (\sigma, T). \quad (5)$$

Найчастіше використовують степеневий або експонентний вираз для цих залежностей [6–8]:

$$t^*(\sigma, T) = B_t \sigma^{-b}, \tag{6}$$

де B_t, b — постійні, що залежать від температури.

Формула (6) — відома залежність Г. М. Бартенєва, яку застосовують для цементобетонів [10].

У цьому випадку для оцінки довговічності цементобетонного покриття автомобільних доріг з урахуванням характеру дії навантаження транспортних засобів зміни температури та усадки бетону, пропонується визначати граничний стан, яким можна описувати умову довготривалої міцності Іллюшина чи Бейлі відповідно:

$$\int_0^{t_p} \frac{d\sigma(t)}{\sigma^*(\sigma(t_p - t), T(t)} \le 1, \tag{7}$$

$$\int_0^{t_p} \frac{dt}{t^*(\sigma(t), T(t))} \le 1, \tag{8}$$

де t_p — час до руйнування (розтріскування) покриття;
t^* — функція довговічності цементобетону;
σ^* — граничне напруження цементобетону;
$\sigma(t)$ — напруження в цементобетонні;
$T(t)$ — температура цементобетону.

Як відомо з результатів наукових досліджень [6–8], що правило лінійного підсумовування, як критерій Бейлі, більш простий і зручний у застуванні, особливо в інженерних розрахунках, порівняно з критерієм Іллюшина, враховуючи, що критерій Бейлі можна використовувати для оцінки довговічності цементобетонного покриття [6, 7].

Для оцінки довговічності пропонується розрахункова схема цементобетонного покриття автомобільної дороги з урахуванням спільного впливу зміни температури та усадки бетону при твердінні та дії транспортних засобів. Конструкція жорсткого дорожнього одягу складається з таких шарів (рис. 2): цементобетонне покриття (I) (товщиною від 17 см до 32 см); плівка ПВХ товщиною 20 мкм (або геотекстиль), яка влаштована на щебінь гранітний фр. 20–40 мм за способом заклинки та (або) пісний бетон (II); щебінь гранітний фр. 40–70 мм, за способом заклинки (III); геосинтетичний розділяючий матеріал та шар із піску дрібнозернистого (IV); ґрунт земляного полотна. Між шаром цементобетонного покриття й укріпленою основою для можливості вільного переміщення плити при температурних деформаціях використовується геотекстильний прошарок або плівка ПВХ (рис. 1).

Оскільки характеристики міцності цементобетону залежать як від температури, так і від часу дії навантаження, проявляючи кінетичний характер руйнувань, то граничне прикладання навантаження на цементобетонне покриття на автомобільних дорогах визначали з використанням феноменологічного підходу у вигляді сумарної міри пошкодженості структури цементобетону $M_П$ за час t зміни напруження, що відповідають певному рівню напружень для розрахункової схеми (рис. 2).

Від дії температури на цементобетонне покриття автомобільної дороги впливають: *Тцб* та *T* — середні температури цементобетонного покриття та шар основи конструкції жорсткого дорожнього одягу, $h_{цб}$ — товщина шару цементобетонного покриття, $E_{цб1}(t)$ — модуль пружності цементобетонного покриття, який залежить від часу (t) дії навантаження, E_2., E_3 E_4 — модуль пружності шарів основи, $\alpha_{цб}$ — коефіцієнт лінійного температурного розширення цементобетонного покриття, $\alpha_{аб}$ — коефіцієнт лінійного температурного шару основи, $l1(T_{цб1})$, $l2(T1)$ — довжина

відповідно цементобетонного покриття та шару основи до початку температурного скорочення, ($l_1(T_{цб1})=l_2(T_1)$), $l_1(T_{цб2})$, $l_2(T_2)$ — довжина відповідно цементобетонного покриття та шару основи після температурного скорочення ($l_1(T_{цб2})=l_2(T_2)$), — довжина цементобетонного покриття, яка була б при вільному температурному скороченні, $\delta_{i1}\cdot lнT$, $\delta_{i2}\cdot l_н^T$ — довжина, на яку скорочується цементобетонне покриття, де $\delta_{i1}+\delta_{i2}=1$.

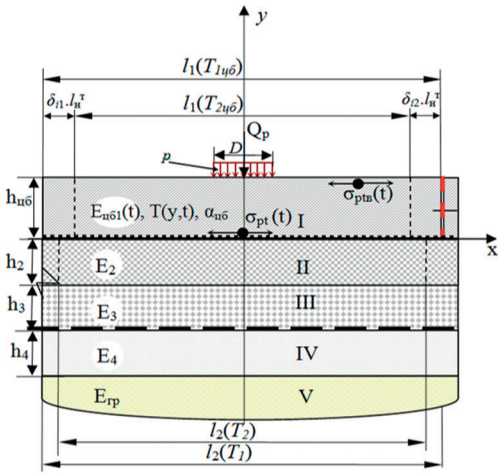


Рисунок 2 — Розрахункова схема цементобетонного покриття автомобільної дороги з урахуванням спільного впливу зміни температури та усадки цементобетону при твердінні та дії пневматичних коліс транспортних засобів

Для вирішення поставлених задач, необхідно мати умову міцності, що враховує часовий характер руйнування цементобетонного покриття при змінних у часі напружень і температури. Вихідною інформацією про міцнісні властивості цементобетонного покриття при вивченні тривалої міцності є, як відомо, результат випробування на довговічність при постійному навантаженні (наприклад, в умовах осьового розтягу) та за постійної температури. При цьому визначають, як правило, залежність часу до руйнування t^* від напруження та температури, що витримує зразок, від часу дії постійного навантаження та від температури. Відома залежність Г. М. Бартенєва, застосування якої до бетонів показано в багатьох наукових роботах.

Тому в нашому випадку для оцінки довговічності цементобетонного покриття автомобільних доріг з урахуванням характеру дії навантаження транспортних засобів, зміни температури та усадки цементобетону, пропонується визначати граничний стан, яким можна описати умову довготривалої міцності Бейлі.

З урахуванням вище наведеного пропонується оцінювати граничний стан цементобетонного покриття автомобільних доріг за залежністю [9]:

$$M_{П}(t,\ T(y,t),W) \le \left[M_{цб}\right], \tag{9}$$

де $M_{П}(t,T(y,t),W)$ — сумарна міра пошкодження цементобетонного покриття, це відносна безрозмірна величина, яка визначається за залежністю:

$$M_{П}(t,\ T(y,t),W) = M_{Тр}(t) + M_{Тем}(t,\ T(y,t)) + M_{усад}(t,y,W), \tag{10}$$

де $M_{Тр}(t)$ — міра пошкодженості від дії пневматичних коліс транспортного засобів і залежить від часу (t) визначається за аналітичною залежністю (3).

$$M_{\text{Тр}}(t) = \frac{N_{pt}}{N(t)}, \tag{11}$$

де N_{pt} — сумарна інтенсивність руху, що визначається за методикою ГБН В.2.3-37641918-557;

$N(t)$ — гранично допустима кількість розрахункового навантаження, що може витримати цементобетонне покриття при дії горизонтального розтягуючого напруження σ_p при згині.

$M_{\text{Тем}}(t,T(y,t))$ — міра пошкодженості цементобетонного покриття від зміни температури відповідного сезону (n_i) за залежністю:

$$M_{\text{Тем}}(t,\ T(y,\ t)) = n_i \int_0^{t_p} \frac{\sigma_{\text{утем}}\ (t, T(y,t))^{b_\tau}}{B_\tau}\, dt, \tag{12}$$

де $\sigma_{\text{утем}}(t,T(y,t))$ — сумарні річні та добові температурні напруження при гармонічній зміні температури, які складаються із літніх ($\sigma_{\text{Л}}$), осінньо-весняних ($\sigma_{\text{О/В}}$) і зимових ($\sigma_{\text{З}}$), МПа;

$n_{\text{і}}$ — період сезону;

b_τ , B_τ — параметри функції довговічності цементобетону;

$t_{\text{Р}}$ — час до руйнування, с.

$M_{\text{усад}}(t,y,W)$ — міра пошкодженості цементобетонного покриття від дії усадки бетону при тужавінні за залежністю [10]:

$$M_{\text{усад}}(t,\ y,\ W) = \int_0^{t_p} \frac{\sigma_{\text{усад}}(t,\ y,\ W)^{b_{\text{усад}}}}{B_{\text{усад}}}\, dt\ , \tag{13}$$

де $b_{\text{усад}}$, $B_{\text{усад}}$ — параметри функції довговічності цементобетону після усадки бетону;

$\sigma_{\text{усад}}(t,y,W)$ — напруження в цементобетонні від усадки бетону при тужавінні, залежно від вологості (W) , часу (t) спостереження та початкової товщини шару (y) МПа.

Обчислення проводять на строк служби не менший ніж строк експлуатації цементобетонного покриття на автомобільних дорогах між капітальними ремонтами згідно з ДБН В.2.3-4.

З урахуванням залежності (14) пропонується визначити розрахунковий (очікуваний) строк служби $T_{\text{РОЗ}}$ (у роках) цементобетонного покриття на автомобільних дорогах, за аналітичною залежністю:

$$T_{\text{РОЗ}} \geq \left[T_{\text{Н}}\right], \tag{14}$$

$$T_{\text{РОЗ}} = T_{\text{М}} + T_{\text{пр}}, \tag{15}$$

$$T_{\text{М}} = 23 - (18 \cdot \frac{\left[M_{\text{цб}}\right]}{M_{\text{Пцб}}(t,\ T(t))}), \tag{16}$$

де $T_{\text{М}}$ — строк експлуатації жорсткого дорожнього одягу автомобільної дороги, після відповідної пошкодженості $M_{\text{Пцб}}(t,T(t))$ цементобетонного покриття залежно від категорії, роки;

$T_{\text{пр}}$ — проектний строк експлуатації цементобетонного покриття в автомобільної дороги приймають 18 років;

$T_{\text{Н}}$ — нормативне значення, строк експлуатації цементобетонного покриття залежно від категорії автомобільної дороги, приймають за ДБН В.2.3-4.

Таким чином, отримані залежності (14–16), які дозволяють розраховувати строк служби запроектованого цементобетонного покриття на автомобільних дорогах за тріщиностійкістю з урахуванням спільного впливу усадки, зміни температури та дії транспортних засобів.

Висновки

1. Запропоновано розрахункову схему роботи цементобетонного покриття автомобільних доріг з урахуванням спільного впливу зміни температури, усадки цементобетону при твердінні і дії транспортних засобів:

2. Отримано:

– аналітичні залежності для визначення температурних напружень у цементобетонному покритті від спільного впливу річних і добових температур;

– аналітичні залежності напружень, які виникають від усадки в цементобетонному покритті при тужавінні на різній глибині і в будь-який момент часу догляду за цим шаром , що дозволить враховувати комплексні параметри: масообмін (водяний пар, рідка фаза води), який формується під впливом втрат вологи на межах шару і викликає нерівномірний розподіл вологості по товщині шару; коефіцієнт вологопровідності, модуль пружності, коефіцієнт усадки, які відображають структуру і характеристики матеріалу; а також час догляду і міру жолоблення.

– аналітичні залежності для обчислення горизонтальних (нормальних) розтягуючих напружень у цементобетонному покритті від дії транспортних засобів.

3. Вперше запропоновано та обґрунтовано метод оцінки довговічності цементобетонного покриття автомобільних доріг з урахуванням спільного впливу усадки, зміни температури та дії транспортних засобів. Запропоновано критерій граничного стану цементобетонного покриття з позиції тріщиностійкості на основі критерію Бейлі у вигляді міри пошкодженості з урахуванням спільного впливу усадки, зміни температури та дії пневматичних коліс транспортних засобів.

Список літератури

1. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування Частина ІІ. Будівництво. Київ, 2015. 104 с. (Інформація та документація).

2. ГБН В.2.3-37641918-557:2016 Автомобільні дороги. Дорожній одяг жорсткий. Проектування. Київ, 2016. 71 с. (Інформація та документація).

3. Солодкий С.Й., Толмачов С.М. Бетонні дорожні та аеродромні покриття : навч. посіб. Львів, 2016. 132 с.

4. Левицкий Е.Ф., Чернигов В.А. Бетонные покрытия автомобильних дорог. Москва, 1980. 288 с.

5. Колтунов М.А. Ползучесть и релакация. Москва.: Высшая школа, 1976. 277 с.

6. Мозговой В.В., Мозговой А.В. Основы проектирования бетонных слоев дорожной одежды с заданной температурной трещиностойкостю. Проектирование бетонов с заданными свойствами. *V науково-практичний семінар «Структура, властивості та склад бетону»*. м. Рівне, 2006. С.136-144.

7. Бесараб О.М. Підвищення тріщиностійкості асфальтобетонних шарів з врахуванням часу дії навантаження : дис... канд. техн. наук. Київ, 2003. 142 с.

8. Онищенко А.М. Підвищення довговічності асфальтобетонних шарів за рахунок використання полімерних латексів : дис. канд. техн. наук. Київ, 2008. 157 с.

9. Онищенко А.М., Лапченко А.С., Чиженко Н.П. Методологія розрахунку цементобетонного покриття автомобільних доріг на довговічність. № 97238. Київ, 2020.

References

1. DBN V.2.3-4:2015 Avtomobilni dorohy. Chastyna I. Proektuvannia. Chastyna II. Budivnytstvo (State Building Norms (DBN V.2.3-4-2015) Highways. Part I. Design. Part II. Building). Kyiv, 2015. 104 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

2. HBN V.2.3-37641918-557:2016 Avtomobilni dorohy. Dorozhnii odiah zhorstkyi. Proektuvannia (Departmental Building Norms (HBN V.2.3-37641918-557:2016) Roads. Road Rigid Pavement. Design). Kyiv, 2016. 71 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

3. Solodkyy S.Y., Tolmachov S.M. Betonni dorozhni ta aerodromni pokryttia (Concrete Pavement Road and Airfield pavements) : manual. Lviv, 2016. 132 p. [in Ukrainian].

4. Levitsky E.F., Chernigov V.A. Betonnye pokrytyia avtomobylnykh doroh (Concrete road surfaces). Moscow, 1980. 288 p. [in Russian].

5. Koltunov M.A. Polzuchest i relakatsiya (Crawling and relaxation). Moscow, 1976. 277 p. [in Russian].

6. Mozgovoy V.V., Mozogoy A.V. Osnovy proyektirovaniya betonnykh sloyev dorozhnoy odezhdy s zadannoy temperaturnoy treshchinostoykostyu. Proyektirovaniye betonov s zadannymi svoystvami (Fundamentals of designing concrete layers of pavement with a given temperature crack resistance. Concrete design with given properties). *The V Scientific-practical seminar «Structure, properties and composition of concrete»*. Rivne, 2006. P. 136-144 [in Russian].

7. Besarab O.M. Pidvyshchennia trishchynostiikosti asfaltobetonnykh shariv z vrakhuvanniam chasu dii navantazhennia (Increasing of crack resistance of asphalt layers taking into account load time) : dys. ... kand. tekh. nauk. Kyiv, 2003. 142 p. [in Ukrainian].

8. Onyshchenko A.M. Pidvyshchennia dovhovichnosti asfaltobetonnykh shariv za rakhunok vykorystannia polimernykh lateksiv (Increasing the durability of asphalt layers due to the use of polymer latex) : dys. ... kand. tekh. nauk. Kyiv, 2008 [in Ukrainian].

9. Onyshchenko A.M., Lapchenko A.S., Chyzhenko N.P. Metodolohiia rozrakhunku tsementobetonnoho pokryttia avtomobilnykh dorih na dovhovichnist (Methodology for calculating cement concrete covering highways for durability). No. 97238. Kyiv, 2020 [in Ukrainian].

Artur Onishchenko, *D.Sc., Associate Prof., https://orcid.org/0000-0002-1040-4530*
Natalia Chyzhenko, *https://orcid.org/0000-0002-9152-2474*

National Transport University, Kyiv, Ukraine

ESTIMATION OF DURABILITY OF CEMENT CONCRETE PAVEMENT OF ROADS

Abstract

Introduction. In recent years, around the world on highways, there is a tendency to increase vehicle intensity and increase the share of heavy cars and multistage of trains with increased pressure in pneumatization. This causes premature destruction and invalid deformation on the roads, rapid withdrawal of their failure, a significant increase in the cost of transportation. The partial solution to this problem may be the use of cement concrete to cover the highways. In many countries, cement-concrete roads occupy a significant share. China, the world leader in the production of cement concrete, annually erected 20 thousand km^2. KM high-speed cement-concrete roads. In the United States the share of cement concrete roads is 60 %, Germany — 42%, Czech Republic — 22 %, but in Ukraine — only 1 %.

Problem Statement. To date, existing methods and criteria for assessing the durability of the cement-concrete covering are disparate and as in assessing crack resistance coverage is taken into account separately or only the action of vehicles or the effect of temperature changes. Consideration of the common impact of temperature changes and the action of pneumatic wheels of vehicles, as well as shrinkage of cement in the estimation of crack resistance coverage will allow more objectively assess durability. The formation of cracks in the cement concrete coating violate the integrity and monolithic road construction, sharing it to separate blocks, unrelated to each other, the number and length of the formed cracks, formed on the coating, almost do not affect the movement of cars until the resulting pothole and chipping, which leads to deteriorating coverage, lowering the level of traffic safety and creating emergency-hazardous situations. As a consequence, the cost of maintenance and repair of cement concrete covering of highways, which are subjected to premature destruction, increases.

Purpose. The purpose of this work is to develop a method estimation durability of cement concrete covering roads, taking into account the common influence of shrinkage, temperature changes and the actions of pneumatic wheels of vehicles.

Materials and methods. Analysis of scientific publications, technical and normative literature on estimation of durability of cement concrete covering of roads.

Results and conclusions. Received dependencies that allow to calculate the service life of the projected cement-concrete pavement on highways crack resistance taking into account the common effects of shrinkage, temperature changes and the actions of pneumatic wheels of vehicles.

Keywords: motor road, cement concrete pavement, durability, tension, shrinkage, temperature, transport, crack resistance.