

Онищенко А. М., д.т.н. (Національний транспортний університет, м. Київ), **Ковальчук В. В., д.т.н.** (Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів), **Вєсіч І. В., аспірант**, **Лісневській Р. С., аспірант** (Національний транспортний університет, м. Київ)

МЕТОД ОЦІНКИ МІЦНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ НА АВТОДОРОЖНІХ МОСТАХ ВІД РІЗНОГО ЧАСУ ДІЇ НАВАНТАЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Встановлено, що причиною виникнення тріщин в асфальтобетонному покритті на ортотропній плиті автодорожніх мостів є неможливість скорочення його розмірів під час охолодження, при різкому зниженні температури навколишнього середовища, а також у результаті виникнення розтягуючих напружень, внаслідок дії пневматичних коліс транспортних засобів, що призводить до появи поперечних тріщин.

Встановлено, що модуль пружності асфальтобетону суттєво залежить як від температури, так і від тривалості дії навантаження. Причому в діапазоні реальних значень їх зміни, значення модуля пружності може змінюватись на декілька порядків. Водночас, міцність на розтяг змінюється всього в межах одного порядку. Характерно, що міцність на розтяг має максимум залежно від температури: зі збільшенням швидкості навантаження або деформування він зміщується в сторону плюсових температур.

Встановлено, що при розрахунку асфальтобетонного покриття з часом дії навантаження 10,0 с за критерієм міцності на розтяг при згині виникаючі горизонтальні розтягуючі нормальні напруження під дією повторних короткочасних навантажень не повинні перевищувати граничних напружень впродовж запроєктованого строку експлуатації при відповідному запасі коефіцієнта міцності з урахуванням нормованого коефіцієнта надійності.

Ключові слова: міст; асфальтобетонне покриття; довговічність; транспортні засоби.

Вступ. Найбільш розповсюдженими на ортотропній плиті автодорожніх мостів є асфальтобетонні покриття. Недоліком такого покриття є виникнення як поздовжніх, так і поперечних тріщин.

Причина виникнення тріщин в асфальтобетонному покритті полягає у неможливості скорочення його розмірів під час охолодження, при різкому зниженні температури навколишнього середовища, а також у результаті виникнення розтягуючих напружень внаслідок дії пневматичних коліс транспортних засобів, що призводить до появи поперечних тріщин. Відмінністю роботи асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті металевих транспортних споруд, порівняно із таким покриттям на транспортних спорудах із залізобетонною основою, є значна її деформативність. Вертикальні переміщення ортотропної плити під час руху транспортних засобів викликають в асфальтобетонному покритті знакоперемінні напруження, унаслідок чого відбувається поява характерних поздовжніх та поперечних тріщин, особливо в зоні над ребрами жорсткості ортотропної плити.

Із виникненням тріщин, що утворилися внаслідок коливання ортотропної плити від дії пневматичних коліс транспортних засобів, поступово погіршується рівність покриття, з'являються вибоїни, що призводить до зниження безпеки руху та створення аварійно-небезпечних ситуацій. З урахуванням цього, збільшуються витрати на утримання асфальтобетонних покриттів металевих транспортних споруд, що піддаються завчасним руйнуванням. Частково або повністю зруйноване покриття призводить до пошкодження гідроізоляції. Це негативно впливає на міцність і довговічність несучих елементів транспортних споруд, що призводить до збільшення вартості та трудоемкості ремонтно-відновлювальних робіт.

Таким чином, актуальність роботи обумовлена необхідністю вирішення важливої науково-практичної задачі – підвищення міцності і довговічності асфальтобетонного покриття на металевих транспортних спорудах автомобільних доріг, від різного часу дії навантаження пневматичних коліс транспортних засобів.

Аналіз літератури. Проблемам та вивченню методик оцінки довговічності з позиції тріщиностійкості асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах з ортотропною плитою присвячено роботи багатьох вітчизняних та зарубіжних дослідників, таких як: А. Г. Батракова, О. І. Безбабичева, І. П. Гамеляк, В. К. Жданюк, В. Г. Кваша, П. М. Коваль, М. М. Корнєєв, М. П. Лукін, Й. Й. Лучко, В. В. Мозговий, В. Б. Назаренко, В. Г. Піскунов, В. П. Снітко, Н. Є. Страхова, Г. К. Сюньї, Г. Б. Фукс, Л. Редер, Ж. Юдрон та ін. [1–6].

На основі проведених досліджень різними авторами в роботах [1–6] встановлено, що температурні тріщини виникають від діючих в асфальтобетонному покритті розтягуючих напружень, які зумовлені зміною температури. Це призводить до температурного розтріскування.

Одночасно, на базі сучасних уявлень про міцність та довговічність в'язкопружних матеріалів, у деяких роботах були одержані експериментальні дані про характер процесів руйнування асфальтобетону та теоретичні залежності для оцінки їх довговічності з урахуванням температури та режиму навантаження [5; 6].

На основі таких досліджень встановлено, що модуль пружності асфальтобетону суттєво залежить як від температури, так і від тривалості дії навантаження. Причому в діапазоні реальних значень їх зміни, значення модуля пружності може змінюватись на декілька порядків. Водночас міцність на розтяг змінюється всього в межах одного порядку. Характерно, що міцність на розтяг має максимум залежно від температури: зі збільшенням швидкості навантаження або деформування він зміщується в сторону плюсових температур. Отримані експериментальні результати свідчать про суттєву релаксацію напружень в асфальтобетоні навіть при низьких температурах. Так, при $T = -20^{\circ}\text{C}$ напруження за одну хвилину може відрелаксувати до 50% залежно від якості в'язучого та його характеристик. При дослідженні термов'язкопружних властивостей асфальтобетону було встановлено, що в діапазоні низьких температур ($T < 20^{\circ}\text{C}$), характерних для відчутного термонапруженого стану, асфальтобетон проявляє властивості лінійного термореологічно простого тіла. До нього можна застосувати принцип температурно-часової аналогії, а також характерний лінійний зв'язок між напруженнями та деформаціями. Також встановлено, що для асфальтобетону характерним є часовий характер руйнування. Тривалість руйнування в досліді на статичну втому залежить від рівня розтягуючих напружень та температури, і може змінюватись на декілька порядків [1–6].

Виклад основного матеріалу. При проектуванні покриття на мостах необхідно дотримуватись усіх вимог і правил чинних будівельних норм та стандартів, а також положень методики. Покриття проїзду на сталевій плиті не дозволяється виконувати із застосуванням звичайного асфальтобетону. Для покриття завтовшки від 4 см слід застосовувати водонепроникні конструкції з

мастикасфальту, гусасфальту, епоксифальту або інші з проєктним строком служби 15 років і більше згідно з [8].

Метод розрахунку тріщиностійкості покриття від дії транспорту на мостах з ортотропною плитою спрямовано на підвищення його довговічності за рахунок удосконалення проєктування [1–9]. Таке проєктування полягає в конструюванні і методиці розрахунку з урахуванням багаторазового прикладання короточасних динамічних навантажень.

Асфальтобетонне покриття (далі – покриття) підвищеної довговічності на металевих автодорожніх мостах складається з одного, двох або трьох шарів асфальтобетону, зчепленого з гідроізоляційним матеріалом та ортотропною плитою проїзної частини.

Розрахунок покриття виконують за допустимим напруженням на розтяг при згині між асфальтобетонним покриттям, гідроізоляційним матеріалом і ортотропною плитою проїзної частини мосту та оцінюють його строк служби.

Основним завданням розрахунку є визначення товщини шарів покриття для вибору варіантів конструкцій, які прийняті при розрахунку або вибір матеріалів з відповідними деформаційними та міцнісними характеристиками при заданих товщинах шарів. Рекомендовані конструкції покриття наведено в [10].

При розрахунку покриття враховують багаторазову дію короточасних і статистичних навантажень, час дії навантаження для розрахунків призначають згідно з [11]. Значення розрахункового діаметра відбитку колеса приймають згідно з [12]. При дії навантаження 0,1 с для розрахунку використовується динамічне значення діаметра відбитку колеса D_d , а з часом дії навантаження 1,0 с і 10,0 с необхідно використовувати статичне значення діаметра відбитку колеса D_n згідно з [12].

Дослідження напружено-деформованого стану системи «асфальтобетонне покриття – гідроізоляційний матеріал – ортотропна плита проїзної частини» проводиться шляхом чисельного моделювання із залученням методу скінченних елементів та (або) з використанням аналітичних рішень теорії пружності.

Кліматичні дані – географічні межі дорожньо-кліматичних зон України і дорожнє районування України за умовами роботи асфальтобетону визначають згідно з [12; 7]. Середньомісячні, середні

максимальні і мінімальні місячні температури повітря призначають згідно з [7].

Асфальтобетонне покриття металевих автодорожніх мостів на дорогах загального користування необхідно додатково розраховувати на температурну тріщиностійкість згідно з [13]. Цей метод розрахунку не розповсюджується на тонкі покриття на основі епоксидів, поліуретанів, метакрилатів, поліестерів (10–20 мм) для мостів із розвідними прогонами.

Конструювання асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах з ортотропною плитою. Загальні положення при конструюванні покриття:

а) конструкція покриття на автодорожніх мостах з ортотропною плитою повинна задовольняти транспортно-експлуатаційні вимоги до автомобільної дороги, інтенсивності руху та складу транспортного потоку згідно з [12];

б) для покриття застосовуються матеріали, що відповідають ДБН В.2.3-4 та інші матеріали, що апробовані на мостах України та мають позитивний досвід впровадження;

в) вибір матеріалів покриття та гідроізоляційного матеріалу виконують на основі відповідного техніко-економічного обґрунтування.

При виборі матеріалів для різних варіантів покриття потрібно використовувати положення стандартів і норм на дорожньо-будівельні матеріали.

Вимоги до асфальтобетонної суміші та асфальтобетону:

а) покриття проїзду на сталевій плиті не дозволяється виконувати із застосуванням звичайного асфальтобетону. Для покриття завтовшки від 4 см слід застосовувати водонепроникні конструкції з мастикасфальту, гуссасфальту, епоксидасфальту або інші з проєктним строком служби 15 років і більше;

б) покриття з мастикасфальту, гуссасфальту, епоксидасфальту залежно від категорії автомобільної дороги і кліматичних умов (зони) потрібно вибирати відповідно до вимог [5–7; 14];

в) асфальтобетони з проєктним строком служби 15 років можна застосовувати типів А, Б та щебенево-мастикові асфальтобетони ЩМА для покриття на ортотропній плиті залежно від категорії автомобільної дороги і кліматичних умов (зони) при умові забезпечення вимог до зернового складу та механічних властивостей згідно з [5–7; 14], а показник водонасичення повинен

бути не більше 1% згідно з [5–7; 14] при відповідному техніко-економічному обґрунтуванні;

г) зерновий (гранулометричний) склад мінеральної частини асфальтобетонних сумішей зазначених видів рекомендується призначати з урахуванням дорожньо-кліматичного районування території України за умовами роботи асфальтобетонних покриттів та категорії автомобільних доріг та вимог [5–7; 14];

д) під час проєктування складу асфальтобетону необхідно передбачати різні варіанти покриття з мастикасфальту, гусасфальту, епоксiasфальту і вибирати з них такий, який найкраще відповідає вимогам стандартних фізико-механічних властивостей, а також має найвище значення показника стійкості асфальтобетону до накопичення залишкових деформацій згідно з [5–7; 14; 15];

ж) для підвищення довговічності асфальтобетонного покриття доцільно використовувати полімерні і полімерно-армуючі та мікроармуючі добавки при виготовленні асфальтобетонної суміші згідно з [5–7].

Вимоги до бітумного в'язучого:

а) бітумне в'язуче рекомендується застосовувати з урахуванням категорії автомобільної дороги та дорожньо-кліматичного районування згідно з [5–7; 14; 15];

б) для асфальтобетонного покриття автомобільних доріг I–V категорій необхідно обов'язково застосовувати бітуми, модифіковані полімерами марок БМП 40/60-56, БМП 60/90-52, згідно з [7], бітуми, модифіковані полімерами та адгезивами марок БМКА 40/60-59, БМКА 60/90-55, згідно з [7], які повинні відповідати вимогам [7; 17]; або використання бітумів з іншими добавками, які відповідають чинним нормативним документам. Доцільно застосовувати марку БМП 40/60-65.

в) для забезпечення високих показників зчеплення бітумного в'язучого з поверхнею мінеральних матеріалів, рекомендується використовувати адгезійні добавки – катіонні поверхнево-активні речовини (ПАР) та (або) інші технологічні заходи, що підвищують зчеплюваність бітумного в'язучого з поверхнею мінеральних матеріалів. Бітуми, модифіковані адгезійними добавками, повинні відповідати вимогам [17].

Вимоги до гідроізоляційного матеріалу:

а) при виборі гідроізоляційного матеріалу слід опиратися на експлуатаційні і технологічні властивості та технологію укладання матеріалів у відповідні шари, з метою одночасної оптимізації конструкції асфальтобетонного покриття та забезпечення довговічності гідроізоляційного матеріалу згідно з [5–8];

б) конструкція і гідроізоляційний матеріал для захисту металевої плити проїзної частини залежать від конструкції покриття при умові збереження водонепроникності та міцності протягом проєктного строку служби згідно з [5–8]. Влаштування гідроізоляції на основі метилметакрилату та покриття на металевій плиті виконується згідно з [5–10];

в) гідроізоляційний матеріал приймають для застосування за окремими рекомендаціями (індивідуальні для об'єкта будівництва) та згідно з цією методикою;

г) проєктний строк служби гідроізоляційного матеріалу має бути не меншим ніж прийнятий проєктний строк служби асфальтобетонного покриття;

е) рекомендується застосовувати гідроізоляційний матеріал, в основі якого використовуються смоли метилметакрилату та інші матеріали, які повинні відповідати вимогам згідно з [5–18]. Призначення і вибір конструкції покриття проїзної частини проводиться на основі вихідних даних, що встановлюються завданням на проєктування чи визначаються у процесі проєктування металевого мосту згідно з [5–18].

Розрахункові параметри навантаження приймаються відповідно до Додатка Б [12] та інших чинних нормативних та методичних документів.

Основне завдання конструювання покриття на мостах з ортотропною плитою полягає у забезпеченні його міцності за рахунок раціонального розташування в конструкції покриття.

Вибір конструкції проїзної частини на мостах з ортотропною плитою здійснюється за результатами техніко-економічного обґрунтування, врахування наявності місцевих дорожньо-будівельних матеріалів, забезпеченості матеріальними та трудовими ресурсами. При виконанні порівняння варіантів конструкцій повинні враховуватися: терміни служби дорожнього одягу, матеріалоємність, трудомісткість і енергоємність будівництва. Приклад розрахунку асфальтобетонного покриття металевих автодорожніх мостів на тріщиностійкість від дії транспорту.

Розрахунок асфальтобетонного покриття на розтяг при згині. Коефіцієнт нормованої надійності згідно з [12] та коефіцієнт запасу міцності запроєктованого асфальтобетону за критерієм міцності на розтяг при згині повинні відповідати вимогам табл. 1.

Таблиця 1
Розрахункові значення коефіцієнта надійності та коефіцієнта запасу міцності за критерієм згину асфальтобетонного покриття

Категорія дороги	Тип дорожнього одягу	Коефіцієнт надійності, K_n	Коефіцієнт запасу міцності, $K_{мц}$, за критерієм граничного стану міцність при згині асфальтобетону	Коефіцієнт нормованого відхилення, t
1	2	3	4	5
I-а	Капітальний	0,97	1,50	2,19
I-б - II	Капітальний	0,95	1,43	1,71
III - V	Капітальний	0,90	1,33	1,32

Потрібний рівень проектної надійності і строк служби асфальтобетонного покриття повинен бути в кожному конкретному випадку зазначений в завданні на проектування, проте строк служби не може бути нижче за норми строків експлуатації дорожніх одягів між капітальними ремонтами згідно з [8; 12].

Розрахункові значення міцнісних характеристик (міцність на розтяг при згині) конструктивних шарів визначають через нормативні значення цих характеристик, використовуючи залежність

$$M_p = \overline{M_p} \cdot (1 - \nu_t \times t) , \quad (1)$$

де M_p – розрахункове значення міцнісної характеристики; $\overline{M_p}$ – нормативне значення даної характеристики; ν_t – коефіцієнт варіативного відхилення; t – коефіцієнт нормованого відхилення M_p при допустимому рівні надійності згідно з табл. 1.

Розрахункові значення деформаційних характеристик (модуль пружності) міцності на розтяг при згині залежно від різного часу дії навантаження при температурі 0°С наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Характеристики асфальтобетонів при розрахунку на розтяг при згині

Вид асфальтобетону	Марка бітуму	Розрахункові значення модуля пружності, Е, МПа, з часом дії навантаження t_i , с			$-m$	k_{np}	Нормативні значення при згині R_i , МПа, з часом дії навантаження t_i		
		0,1	1,0	10,0			0,1	1,0	10,0
АЛГ-10	БМПА 40/60-57	5610	3260	1890	6,5	3,7	6,16	4,74	3,24
	БМПА 60/90-53	5500	3140	1830	6,0	4,0	5,63	4,33	2,96
АЛГ-15	БМПА 40/60-57	5490	3210	1880	6,5	3,7	5,96	4,58	3,14
	БМПА 60/90-53	5390	3150	1840	6,0	4,0	5,01	3,85	2,64
РМА-10	БМПА 40/60-57	3670	2140	3680	6,5	2,9	8,66	6,66	4,56
	БМПА 60/90-53	3500	2034	1180	6,0	3,7	8,22	6,32	4,33
РМА-15	БМПА 40/60-57	3270	1900	1110	6,5	2,9	8,39	6,45	4,42
	БМПА 60/90-53	3200	1860	1080	6,0	3,7	8,01	6,16	4,22
РМА-20	БМПА 40/60-57	3060	1800	1060	6,5	2,9	8,13	6,25	4,28
	БМПА 60/90-53	3000	1750	1030	6,0	3,7	7,48	5,75	3,94
ЕПА-10	БНД 40/60	3090	2600	2070	7,0	2,6	8,1	6,23	4,26

Примітка 1. Розрахункові характеристики АЛГ, РМА на основі бітуму, модифікованого термоеластопластом, марки БМП 40/60-56, слід збільшити на 10% порівняно з АЛГ, РМА на основі бітуму, модифікованого термоеластопластом, марки БМП 60/90-52.

Примітка 2. Для АЛГ, РМА на основі бітумів, модифікованих структуруючими добавками (синтетичними восками типу Licomont BS 100, ССBit 113 AD, Sasobit та їх аналогами), розрахункові характеристики слід приймати аналогічними модулям пружності АЛГ, РМА на основі бітумів, модифікованих термоеластопластами.

Примітка 3. Значення розрахункових характеристик подані в таблиці для АЛГ, РМА на основі БМП, які модифіковані 3% термоеластопласту або структуруючої добавки. При збільшенні в бітумі концентрації термоеластопласту або структуруючої добавки на 1% розрахункові характеристики і АЛГ, РМА слід збільшити на 10%. При зменшенні в бітумі концентрації термоеластопласту або структуруючої добавки на 1% розрахункові характеристики АЛГ, РМА слід зменшити на 5%.

Примітка 4. Розрахункові значення деформаційних характеристик (модуль пружності) міцності на розтяг при згині залежно від різного часу дії навантаження при температурі 0°С для асфальтобетонів литих згідно з СОУ 42.1-37641918-106 приймаються аналогічно АЛГ для розрахунку умови міцності (3).

При визначенні модуля пружності багат шарового асфальтобетонного покриття без урахування гідроізоляційного матеріалу можна приводити до двох шарової розрахункової моделі

$$E_{сер} = \sum_{i=1}^n E_i h_i \div \sum_{i=1}^n h_i, \quad (2)$$

де n – кількість шарів дорожнього одягу; E_i – модуль пружності i -го шару; h_i – товщина i -го шару.

При розрахунку покриття при рівні завантаженості рухом не більше ніж 0,7 та часу дії навантаження за критерієм міцності на розтяг при згині виникаючі горизонтальні розтягуючі нормальні напруження під дією повторних короткочасних навантажень не повинні перевищувати граничних напружень впродовж запроєктованого терміну служби при відповідному запасі коефіцієнта міцності, з урахуванням нормованого коефіцієнта надійності згідно з табл. Б [11; 12]:

$$K_{мц} < \frac{R_N^{0,1}}{\sigma_r^{0,1}}, \quad (3)$$

де $K_{мц}$ – мінімальний необхідний коефіцієнт міцності з урахуванням нормативного коефіцієнта надійності (табл. 1), то конструкцію вважають такою, що відповідає вимогам міцності на розтяг при згині. В іншому випадку потрібно коригувати товщину асфальтобетонного покриття; $R_N^{0,1}$ – міцність матеріалу шару на розтяг при згині, з часом дії навантаження 0,1 с МПа, згідно з табл. 2; $\sigma_r^{0,1}$ – найбільше розтягуюче напруження в асфальтобетонному шарі з часом дії навантаження 0,1 с МПа, згідно з рисунком.

Розрахункові розтягуючі напруження визначають за формулою

$$\sigma_r^{0,1} = \overline{\sigma_r^{0,1}} \times p \times K_\delta, \quad (4)$$

де $\overline{\sigma_r^{0,1}}$ – розтягуюче напруження з часом дії навантаження 0,1 с від одиничного навантаження, при розрахунковому відбитку колеса (табл. Б [12]), яке передає навантаження. Розтягуюче напруження визначається за номограмою (рисунок) і чисельного моделювання з залученням методу скінчених елементів; p – питомий тиск колеса на покриття, МПа, приймають згідно з табл. Б [7; 12]; K_δ – коефіцієнт, що враховує особливості напруженого стану покриття під колесом автомобіля (колесо зі спареними балонами, $K_\delta = 0,85$, колесо з одним балоном $K_\delta=1,0$).

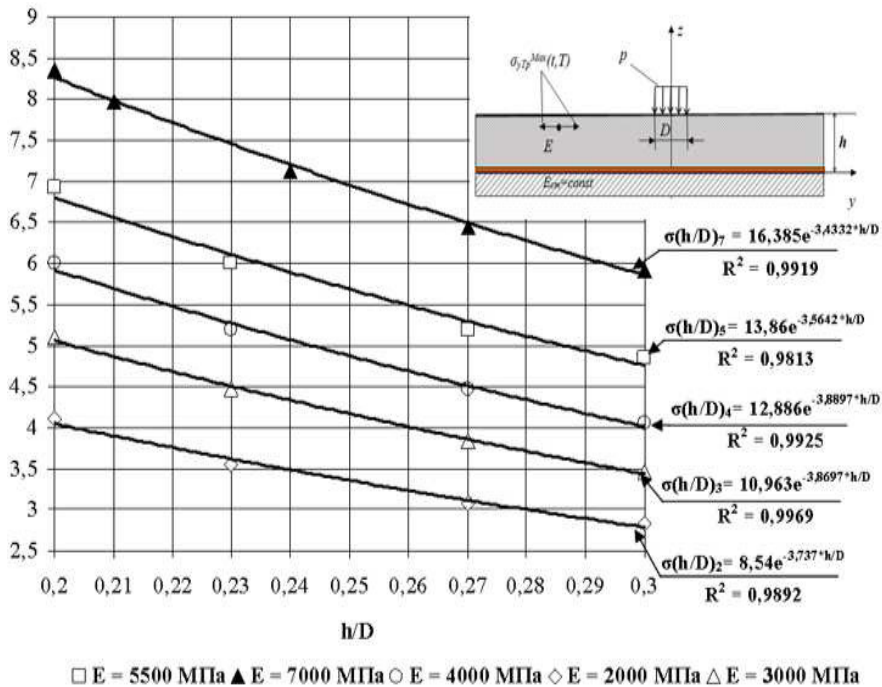


Рисунок. Номограма для визначення розтягуючого напруження σ_r при згині від одиничного навантаження у верхній частині асфальтобетонного покриття

Для визначення розтягуючого напруження $\overline{\sigma_r^{0,1}}$ за формулою (4) визначають середній модуль пружності з часом дії навантаження 0,1 с, з урахуванням розрахункових характеристик модуля пружності для асфальтобетону (табл. 2).

Міцність асфальтобетону на розтяг при згині при багаторазовому прикладанні навантаження визначають за формулою

$$R_{зг} = R_T^i \times k_T \times k_{mp} \times k_{kn} \cdot (1 - v_R \times t), \quad (5)$$

де R_T^i – нормативне значення міцності на розтяг при згині при розрахунковій температурі, МПа, приймають за даними табл. 2; k_T – коефіцієнт, який враховує зниження міцності матеріалу в конструкції в результаті температурно-усадкових впливів ($k_T=0,90$); k_{mp} – коефіцієнт, який враховує температурну тріщиностійкість матеріалу; k_{kn} – коефіцієнт, який враховує зниження міцності внаслідок короткочасності та повторюваності навантаження на дорозі [7]; v_R –

коефіцієнт варіативного відхилення міцності на розтяг при згині, приймається за табл. 3.

Таблиця 3

Розрахункові значення коефіцієнта варіації міцності на розтяг при згині і коефіцієнта, який враховує температурну тріщиностійкість матеріалу

Вид асфальтобетону	Коефіцієнт варіативного відхилення, ν_R	Коефіцієнт температурної тріщиностійкості, k_{TP}
АЛГ-10	0,10	0,90
АЛГ-15	0,13	0,95
РМА-10	0,10	0,85
РМА-15	0,10	0,89
РМА-20	0,11	0,92
ЕПА-10	0,10	0,88

Коефіцієнт $k_{кп}$, який враховує зниження міцності внаслідок короткочасних та повторюваних навантажень на асфальтобетонне покриття, визначається за формулою

$$k_{кп} = k_{np} \times \sum N_p^{-\left(\frac{1}{m}\right)}, \quad (6)$$

де k_{np} – коефіцієнт, що враховує вплив повторних навантажень при температурі 0° С (приймається за табл. 2); m – показник втоми, який залежить від властивостей матеріалу розрахункового монолітного шару згідно з (приймається за табл. 2); $\sum N_p$ – розрахункова еквівалентна сумарна кількість прикладань розрахункового навантаження згідно з ВБН В.2.3-218-186, визначається за формулою

$$\sum N_p = f_{смуз} \sum_{m=1}^n (N_{1m} K_c \cdot T_{pdp} \cdot 0,7) S_{m сум} \cdot K_n \quad (7)$$

або за формулою

$$\sum N_p = 0,7 \times N_p \frac{K_c}{q^{(T_{ст}-1)}} T_{pdp} \cdot K_n, \quad (8)$$

де n – кількість транспортних засобів за типами згідно з [12]; N_{1m} – середньодобова інтенсивність руху в обох напрямках автомобілів i -го типу в перший рік служби, один./д.; N_p – приведена розрахункова інтенсивність, один./д.; $S_{т сум}$ – сумарний коефіцієнт приведення дії на

дорожній одяг транспортного засобу i -го типу до розрахункового навантаження ($Q_{розр}$); $T_{рдр}$ – кількість розрахункових діб за рік, відповідно до стану деформативності конструкції, згідно з [7]; K_n – коефіцієнт, що враховує ймовірність відхилення сумарного руху від середнього, що очікується, визначається згідно з [7]; K_c – коефіцієнт суми, що визначається за формулою

$$K_c = \frac{q^{T_{сл}} - 1}{q - 1}, \quad (9)$$

де $T_{сл}$ – розрахунковий строк служби, для покриття проїзної частини автодорожніх мостів приймають рівним нормам строків експлуатації дорожніх одягів між капітальними ремонтами згідно з [8; 12]; q – показник змін інтенсивності руху даного типу автомобіля за роками; встановлюється за результатами техніко-економічних вишукувань або за іншими даними (може змінюватися від 0,8 до 1,1).

При розрахунку асфальтобетонного покриття за критерієм міцності на розтяг при згині, при рівні завантаження більше ніж 0,7 і часу дії навантаження 1,0 с, виникаючі горизонтальні розтягуючі нормальні напруження під дією повторних короточасних навантажень не повинні перевищувати граничних напружень впродовж запроєктованого терміну служби при відповідному запасі коефіцієнта міцності, з урахуванням нормованого коефіцієнта надійності згідно з [12]

$$K_{мц} < \frac{R_N^1}{\sigma_r^1}, \quad (10)$$

де R_N^1 – міцність матеріалу шару на розтяг при згині, з часом дії навантаження 1,0 с, МПа, згідно з табл. 3; σ_r^1 – найбільше розтягуюче напруження в асфальтобетонному шарі з часом дії навантаження 1,0 с, МПа.

Розрахункові розтягуючі напруження визначають за формулою

$$\sigma_r^1 = \overline{\sigma_r^1} \times p \times K_\sigma, \quad (11)$$

де $\overline{\sigma_r^1}$ – розтягуюче напруження з часом дії навантаження 1,0 с від одиничного навантаження, при розрахунковому відбитку колеса (табл. Б ДБН В.2.3-4), яке передає навантаження, визначається за допомогою номограми рисунка.

Для визначення розтягуючого напруження $\overline{\sigma_r^1}$ за формулою (4) визначають середній модуль пружності з часом дії навантаження 1,0 с, з урахуванням розрахункових характеристик модуля пружності для асфальтобетону (табл. 2).

Міцність асфальтобетону на розтяг при згині при багаторазовому прикладанні навантаження визначають за формулою

$$R_N^1 = R_0^1 \times k_T \times k_{mp} \times k_{kn} \cdot (1 - \nu_R \times t), \quad (12)$$

де R_0^1 – міцність на розтяг при згині, при розрахунковій температурі 0° С і одноразовому прикладанні навантаження з часом дії 1,0 с, яке призначають за табл. 2.

При розрахунку асфальтобетонного покриття підвищеної довговічності за критерієм міцності на розтяг при згині, при коефіцієнті завантаження понад 0,7 з часом дії навантаження 1,0 с і 10,0 с виникаючі горизонтальні розтягуючі нормальні напруження під дією повторних короткочасних навантажень не повинні перевищувати граничних напружень впродовж запроєктованого строку служби при відповідному запасі коефіцієнта міцності з врахуванням нормованого коефіцієнта надійності згідно з [7; 12]

$$K_{мц} < \frac{R_N^{1+10}}{\sigma_r^1}, \quad (13)$$

де $K_{мц}$ – мінімальний необхідний коефіцієнт міцності з урахуванням нормативного коефіцієнту надійності, табл. 2, то конструкцію вважають такою, що відповідає вимогам міцності на розтяг при згині. В іншому випадку потрібно коригувати товщину асфальтобетонного покриття; R_N^{1+10} – міцність матеріалу шару на розтяг при згині з урахуванням коефіцієнту втоми згідно з табл. 2, від дії розрахункових циклічних навантажень з часом дії 1,0 і 10,0 с, МПа; σ_r^1 – найбільше розтягуюче напруження в асфальтобетонному шарі з часом дії навантаження 1,0 с, МПа.

Міцність асфальтобетону R_N^{1+10} на розтяг при згині з урахуванням коефіцієнта втоми від дії розрахункових циклічних навантажень з часом дії 1,0 с і 10,0 с визначають за формулою

$$R_N^{1+10} = R_0^1 \times k_T \times k_{mp} \times k_{kn}^{1+10} \cdot (1 - \nu_R \times t), \quad (14)$$

де k_{kn}^{1+10} – коефіцієнт, що враховує вплив повторних навантажень у не розрахунковий період при багаторазовому прикладанні розрахункових циклічних навантажень і часу дії навантаження 1,0 с і 10,0 с.

Коефіцієнт k_{kn}^{1+10} , який відображає вплив на міцність різних процесів втоми, визначається за формулою:

$$k_{kn}^{1+10} = k_{np} \times \sum N_{1\pm 10}^{-\left(\frac{1}{m}\right)}, \quad (15)$$

де $\sum N_p^{1+10}$ – розрахункова еквівалентна сумарна кількість прикладань розрахункового навантаження, як з часом дії навантаження 1,0 с, так і 10,0 с, за строк експлуатації асфальтобетонного покриття, визначається за формулою

$$\sum N_{1\pm 10} = \delta_{10} \times \sum N \times \beta_{1+10} + (1 - \delta_{10}) \times \sum N, \quad (16)$$

де δ_{10} – частка автомобілів від загальної кількості автомобілів в потоці, які затримуються (визначається на етапі техніко-економічних вишукувань при визначенні інтенсивності руху і складу транспортного потоку); β_{1+10} – коефіцієнт, який відображає вплив розрахункового навантаження з часом дії 10,0 с на втому руйнування, визначається за формулою

$$\beta_{1+10} = \left(\frac{R_0^1 \times \sigma_r^{10}}{R_0^{10} \times \sigma_r^1} \right)^{-\frac{1}{m}}, \quad (17)$$

де R_0^{10} – нормативне значення граничного опору розтягу при згині при розрахунковій температурі 0° С та одноразовому прикладанні навантаження з часом дії 10,0 с, яке приймають за табл. 2, МПа; R_0^1 – теж саме, але з часом дії навантаження 1,0 с, МПа; σ_r^{10} – найбільше розтягуюче напруження в нижньому шарі асфальтобетонного покриття з часом дії навантаження 10,0 с, яке визначається за формулою

$$\sigma_r^{10} = \overline{\sigma_r^{10}} \times p \times K_\sigma, \quad (18)$$

де $\overline{\sigma_r^{10}}$ – розтягуюче напруження з часом дії навантаження 10,0 с від одиничного навантаження, при розрахунковому відбитку колеса

(згідно з [12]), яке передає навантаження, визначається за допомогою номограми рисунка.

Для визначення розтягуючого напруження $\overline{\sigma_r^{10}}$ за формулою (2) визначають середній модуль пружності з часом дії навантаження 10,0 с, з урахуванням розрахункових характеристик модуля пружності для асфальтобетону (табл. 2).

При розрахунку асфальтобетонного покриття з часом дії навантаження 10,0 с за критерієм міцності на розтяг при згині, виникаючі горизонтальні розтягуючі нормальні напруження під дією повторних короткочасних навантажень не повинні перевищувати граничних напружень впродовж запроєктованого строку експлуатації при відповідному запасі коефіцієнта міцності з урахуванням нормованого коефіцієнта надійності згідно з [7; 12]

$$K_{.мц} < \frac{R_N^{10}}{\sigma_r^{10}}, \quad (19)$$

де R_N^{10} – міцність матеріалу шару на розтяг при згині, з часом дії навантаження 10,0 с, МПа.

Міцність асфальтобетону на розтяг при згині при багаторазовому прикладанні розрахункового навантаження визначають за формулою

$$R_N^{10} = R_0^{10} \times k_T \times k_{mp} \times k_{кн} \cdot (1 - \nu_R \times t), \quad (20)$$

де R_0^{10} – нормативне значення граничного опору розтягу при згині при розрахунковій температурі 0° С та одноразовому прикладанні навантаження з часом дії 10,0 с, яке приймають за табл. 2, МПа.

Розрахунок строку служби асфальтобетонного покриття на металевих автодорожніх мостах. Розрахунок оцінки строку служби проводять не менший ніж строк експлуатації асфальтобетонного покриття на металевих мостах між капітальними ремонтами згідно з [11; 12].

Якщо умову (3) виконано, тоді проводять перевірку на відповідність розрахункового строку служби асфальтобетонного покриття (T_p), який визначається як відношення міцності асфальтобетону при багаторазовому прикладанні навантажень до найбільшого розтягуючого напруження в асфальтобетонному шарі з часом дії навантаження 0,1 с з мінімальний необхідний коефіцієнт міцності ($K_{мц}$) та заданим проектним строком служби (T_n), що в свою

чергу більше або рівне нормативному строку служби (T_H) покриття металевих автодорожніх мостів.

$$T_P = \frac{R_{32}}{\sigma_r^{0,1} \cdot K_{мц}} \cdot T_{II} \geq T_H, \quad (21)$$

де T_P – розрахунковий строк служби асфальтобетонного покриття, роки визначається за формулою; T_{II} – проєктний строк служби асфальтобетонного покриття (згідно проєкту на об'єкт будівництва), роки; R_{32} – розрахункове значення міцності асфальтобетону на розтяг при згині з часом дії навантаження 0,1 с, МПа, визначають за формулою (5); $\sigma_r^{0,1}$ – розрахункові розтягуючі напруження з часом дії навантаження 0,1 с, МПа, визначають за формулою (4); де $K_{мц}$ – мінімальний необхідний коефіцієнт міцності з урахуванням нормативного коефіцієнта надійності, табл. 1; T_H – нормативний строк служби асфальтобетонного покриття на металевих автодорожніх мостах, становить 15 років згідно з ДБН В.2.3-22.

При виконанні умови (21) асфальтобетонне покриття на металевих автодорожніх мостах задовольняє умову довговічності за критерієм забезпечення тріщиностійкості від дії транспорту; у разі невідповідності умови (21) призначають більшу товщину та (або) збільшують модуль пружності матеріалу шару покриття та (або) замінюють на інший вид асфальтобетону, який забезпечить умови (3), (21).

На основі вищенаведених теоретичних положень наводимо приклад проєктування асфальтобетонного покриття на металевих автодорожніх мостах на міцність та довговічність залежно від різного часу дії навантаження транспортних засобів.

Виконується розрахунок на довговічність покриття при умові завантаженості рухом не більше 0,7 і часу дії навантаження с за критерієм міцності на розтяг при згині.

Для цього необхідно запроєктувати асфальтобетонне покриття з автодорожнього мосту з ортотропною плитою з наступними вихідними даними:

- по транспортній споруді проходить автомобільна дорога державного значення, яка знаходиться у дорожньо-кліматичній зоні А-II;
- категорія автомобільної дороги – I-а (згідно з ДБН В.2.3-4);

- строк експлуатації дорожнього одягу – $T_{cl}=15$ років (згідно з [8]);
- за розрахункове навантаження: прийнятий автомобіль групи A_1 з розрахунковими параметрами: $p = 0,9$ МПа, $D = 34,6$ см; прийнято розрахункове навантаження групи A_2 з розрахунковими параметрами: $p = 0,8$ МПа, $D = 34,5$ см (згідно з [12]);
- приведена до навантаження групи A_1 (A_2) інтенсивність руху на кінець строку служби $N_p = 4900$ один./д (інтенсивність руху згідно з [7; 12]);
- показник зміни інтенсивності руху $q = 1,04$.

Визначають сумарну кількість прикладень розрахункового навантаження за строк служби за формулою (9)

$$\sum N_p = 0,7 \times N_p \frac{K_c}{q^{(T_{cl}-1)}} T_{pdp} \cdot K_n,$$

де $K_c = 13,6$, $T_{pdp} = 145$ днів (згідно з ВБН В 2.3-218-186) $K_n = 1,49$ (згідно з ВБН В 2.3-218-186).

$$\sum N_p = 0,7 \cdot 4900 \frac{13,6}{1,04^{(7-1)}} \cdot 145 \cdot 1,49 = 7965027 \text{ один.}$$

Попередньо призначають конструкцію та розрахункові значення розрахункових параметрів для розрахунку міцності на розтяг при згині (згідно з [7; 12]). Отримані дані зводяться у табл. 4.

Таблиця 4

Розрахункові значення конструкції асфальтобетонного покриття на автодорожньому металевому мосту

№ з/п	Матеріал шару	h шару, см	Розрахунок міцності на розтяг при згині			
			E, МПа,	m	k_{np}	$R_{\text{лаб}}$, МПа,
1	АЛГ-10 на бітумі БМПА 60/90-53	4	5500	6,0	4,0	5,63
2	АЛГ-15 на бітумі БМПА 60/90-53	4	5390	6,0	4,0	5,01
3	Мембрана	–	–	–	–	–

Розраховуємо середній модуль пружності багатшарової конструкції покриття з урахуванням еластичного прошарку з часом

дії навантаження 0,1 с з метою приведення до двошарової розрахункової моделі (2)

$$E_{сеп} = \sum_{i=1}^n E_i h_i \div \sum_{i=1}^n h_i = \frac{5500 \times 4 + 5390 \times 4}{4 + 4} = 5445, \text{ МПа.}$$

За співвідношенням $\frac{h}{D} = \frac{8,0}{34,5} = 0,23$ і середнім модулем

пружності $E_{сеп} = 5445$ МПа за допомогою номограми (рисунок) визначають $\overline{\sigma}_r^{0,1} = 0,66$.

Визначаємо розрахункові горизонтальні розтягуючі напруження при згині і часу дії навантаження 0,1 с:

- навантаження 115 кН за формулою (4):

$$\sigma_r^{0,1} = \overline{\sigma}_r^{0,1} \cdot p \cdot K_{\sigma} = 0,66 \cdot 0,8 \cdot 0,85 = 0,44, \text{ МПа}$$

- навантаження 130 кН за формулою (4):

$$\sigma_r^{0,1} = \overline{\sigma}_r^{0,1} \cdot p \cdot K_{\sigma} = 0,66 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 0,50, \text{ МПа.}$$

Розраховують коефіцієнт $k_{кн}$, який відображає вплив на міцність різних процесів втоми, він визначається за формулою (7)

$$k_{кн} = k_{np} \sum N_{1+10}^{-\left(\frac{1}{m}\right)} = 4,0 \cdot 7965027^{-\left(\frac{1}{6,0}\right)} = 0,28.$$

Визначають міцність асфальтобетону при багаторазовому розтягу при згині з часом дії навантаження 0,1 с за формулою (6)

$$R_N^{0,1} = R_0^{0,1} k_r k_{np} k_{кн} (1 - \nu_R t) = 5,63 \cdot 0,90 \cdot 0,90 \cdot 0,28 \cdot (1 - 0,10 \cdot 1,71) = 1,06, \text{ МПа.}$$

Визначають перевірку умови міцності при згині:

- навантаження 115 кН за формулою (3)

$$K_{мц} < \frac{R_N^{0,1}}{\sigma_r^{0,1}} = \frac{1,06}{0,44} = 2,40, \text{ що більше ніж } K_{мц}^H = 1,50,$$

- навантаження 130 кН за формулою (3)

$$K_{мц} < \frac{R_N^{0,1}}{\sigma_r^{0,1}} = \frac{1,06}{0,50} = 2,11, \text{ що більше ніж } K_{мц}^H = 1,50,$$

де $K_{мц}$ – необхідний коефіцієнт запасу міцності з урахуванням нормованого коефіцієнта надійності, табл. 2; $R_N^{0,1}$ – міцність матеріалу шару на розтяг при згині з врахуванням втоми від дії розрахункових циклічних навантажень з часом дії 0,1 с, МПа; $\sigma_r^{0,1}$ – найбільше розтягуюче напруження в асфальтобетонному шарі з часом дії навантаження 0,1 с, МПа.

Визначення розрахунок строку служби (довговічності) асфальтобетонного покриття на металевих автодорожніх мостах:

- навантаження 115 кН за формулою (11)

$$T_P = \frac{R_N^{0,1}}{\sigma_r^{0,1} \cdot K_{мц}} \cdot T_{II} = \frac{1,06}{0,44 \cdot 1,50} \times 15 = 24,15 \text{ років,}$$

- навантаження 130 кН за формулою (11)

$$T_P = \frac{R_N^{0,1}}{\sigma_r^{0,1} \cdot K_{мц}} \cdot T_{II} = \frac{1,06}{0,48 \cdot 1,50} \times 15 = 22,08 \text{ років.}$$

Відповідно призначена конструкція задовольняє умові міцності на розтяг при згині асфальтобетону.

Висновки. Виходячи з вищевикладеного, можна зробити наступні висновки: 1. В основі запропонованого методу знаходяться аналітичні залежності для розрахунку асфальтобетонного покриття на довговічність з позиції тріщиностійкості на металевих автодорожніх мостах. 2. Запропоновано умову граничного стану асфальтобетонного покриття за тріщиностійкістю, з урахуванням різного часу дії навантаження на розтяг при згині. 3. Даний метод оцінки міцності і довговічності асфальтобетонного покриття на автодорожніх мостах від різного часу дії навантаження транспортних засобів призначений при проектуванні асфальтобетонного покриття для металевих автодорожніх мостів з ортотропною плитою на автомобільних дорогах України.

1. Мости: конструкції та надійність : довідник / Лучко Й. Й., Коваль П. М., Корнієв М. М., Лантух-Лященко А. І., Хархаліс М. Р. ; за ред. В. В. Панасюка і Й. Й. Лучка. Львів : Каменяр, 2005. Нац. академія наук України. Фіз.-мех. Ін-т ім. Г. В. Карпенка. 989 с. **2.** Експлуатація і реконструкція мостів / Н. Є. Страхова, В. О. Голубєв, П. М. Ковальов, В. В. Тодіріка ; під ред. А. І. Лантуха-Лященко. 2-е видання. К. : ТАУ; НТУ, 2002. 408 с. **3.** Коваль П. М. Характеристика технічного стану існуючих мостів України. *Дороги і мости*. 2003. Вип. 1. С. 15–22. **4.** Онищенко А. М. Наукові основи підвищення стійкості асфальтобетонного покриття до утворення колії на автодорожніх мостах : дис. д-ра техн. наук : 05.22.11. К., 2017. 343 с. **5.** Теоретичні та експериментальні дослідження конструкції Південного мостового переходу через р. Дніпро в м. Києві : монографія / А. М. Онищенко, М. П. Кузьмінець, В. П. Редченко, Д. Й. Тарнопольський, С. Ю. Аксьонов. К. : НТУ, 2014. 341 с. **6.** Аксьонов С. Ю. Метод розрахунку довговічності асфальтобетонного покриття на металевих транспортних спорудах : дис. ... канд. техн. наук. К., 2016. 355 с. **7.** М 42.1-37641918-770:2018. Методика розрахунку

асфальтобетонного покриття металевих автодорожніх мостів на тріщиностійкість від дії транспорту. **8.** ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. **9.** ГБН В.2.3-37641918-557:2016. Автомобільні дороги. Дорожній одяг жорсткий. Проектування. **10.** А Д2.4-37641918-003:2015. Альбом типових конструкцій дорожнього одягу мостового полотна. **11.** М 02070915-750:2016. Методика проектування асфальтобетонного покриття залізобетонних автодорожніх мостів. **12.** ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. **13.** М 42.1-37641918-767:2017. Методика розрахунку асфальтобетонного покриття металевих автодорожніх мостів на довговічність. **14.** СОУ 42.1-37641918-106:2013. Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні та асфальтобетон литі. Технічні умови. **15.** СОУ 45.2-00018112-020:2009. Будівельні матеріали. Асфальтобетон дорожній. Методи випробування на стійкість до накопичення залишкових деформацій. **16.** СОУ 45.2-00018112-039:2008. Будівельні матеріали. Способи оцінки стійкості асфальтобетонних покриттів до утворення колії. Методи випробувань. **17.** СОУ 45.2-00018112-067:2011. Будівельні матеріали. Бітуми дорожні в'язкі, модифіковані добавками адгезійними. Технічні умови. **18.** ГБН В.2.3-218-003:2010. Споруди транспорту. Технологія улаштування гідроізоляції проїзної частини залізобетонних автодорожніх мостів і шляхопроводів із застосуванням полімерних матеріалів та водонепроникного бетону.

REFERENCES:

1. Mosty: konstruktsii ta nadiinist : dovidnyk / Luchko Y. Y., Koval P. M., Korniiiev M. M., Lantukh-Liashchenko A. I., Kharkhalis M. R. ; za red. V. V. Panasiuka i Y. Y. Luchka. Lviv : Kameniar, 2005. Nats. akademiia nauk Ukrainy. Fiz.-mekh. In-t im. H.V. Karpenka. 989 s. **2.** Ekspluatatsiia i rekonstruktsiia mostiv / N. Ye. Strakhova, V. O. Holubiev, P. M. Kovalov, V. V. Todirika ; pid red. A. I. Lantukha-Liashchenko. 2-e vydannia. K. : TAU; NTU, 2002. 408 s. **3.** Koval P. M. Kharakterystyka tekhnichnoho stanu isnuiuchykh mostiv Ukrainy. *Dorohy i mosty*. 2003. Vyp. 1. S. 15–22. **4.** Onyshchenko A. M. Naukovi osnovy pidvyshchennia stiikosti asfaltobetonnoho pokryttia do utvorennia kolii na avtodorozhnikh mostakh : dys. d-ra tekhn. nauk : 05.22.11. K., 2017. 343 s. **5.** Teoretychni ta eksperymentalni doslidzhennia konstruktsii Pivdennoho mostovoho perekhodu cherez r. Dnipro v m. Kyievi : monohrafiia / A. M. Onyshchenko, M. P. Kuzminets, V. P. Redchenko, D. Y. Tarnopolskyi, S. Yu. Aksonov. K. : NTU, 2014. 341 s. **6.** Aksonov S. Yu. Metod rozrakhunku dovhovichnosti asfaltobetonnoho pokryttia na metalevykh transportnykh sporudakh : dys. ... kand. tekhn. nauk. K., 2016. 355 s. **7.** М 42.1-37641918-770:2018. Metodyka rozrakhunku asfaltobetonnoho pokryttia metalevykh

avtodorozhnikh mostiv na trishchynostiikist vid dii transportu. **8.** DBN V.2.3-22:2009. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Osnovni vymohy proektuvannia. **9.** HBN V.2.3-37641918-557:2016. Avtomobilni dorohy. Dorozhnii odiah zhorstkyi. Proektuvannia. **10.** A D2.4-37641918-003:2015. Albom typovykh konstruksii dorozhnoho odiahu mostovoho polotna. **11.** M 02070915-750:2016. Metodyka proektuvannia asfaltobetonnoho pokryttia zalizobetonnykh avtodorozhnikh mostiv. **12.** DBN V.2.3-4:2015. Avtomobilni dorohy. Chastyna I. Proektuvannia. Chastyna II. Budivnytstvo. **13.** M 42.1-37641918-767:2017. Metodyka rozrakhunku asfaltobetonnoho pokryttia metalevykh avtodorozhnikh mostiv na dovhovichnist. **14.** SOU 42.1-37641918-106:2013. Budivelni materialy. Sumishi asfaltobetonni ta asfaltobeton lyti. Tekhnichni umovy. **15.** SOU 45.2-00018112-020:2009. Budivelni materialy. Asfaltobeton dorozhnii. Metody vyprobuvannia na stiikist do nakopychennia zalyshkovykh deformatsii. **16.** SOU 45.2-00018112-039:2008. Budivelni materialy. Sposoby otsinky stiikosti asfaltobetonnykh pokryttiv do utvorennia kolii. Metody vyprobuvan. **17.** SOU 45.2-00018112-067:2011. Budivelni materialy. Bitumy dorozhni viazki, modyfikovani dobavkamy adheziinymy. Tekhnichni umovy. **18.** HBN V.2.3-218-003:2010. Sporudy transportu. Tekhnolohiia ulashtuvannia hidroizoliatsii proiznoi chastyny zalizobetonnykh avtodorozhnikh mostiv i shliakhoprovodiv iz zastosuvanniam polimernykh materialiv ta vodonepronyknoho betonu.

Onyshchenko A. M., Doctor of Engineering (National Transport University, Kyiv), **Kovalchuk V. V., Doctor of Engineering** (Lviv Polytechnic National University), **Viesich I. V., Post-graduate Student**, **Lisnevskyi R. S., Post-graduate Student** (National Transport University, Kyiv)

METHOD OF ASSESSING THE STRENGTH AND DURABILITY OF ASPHALT CONCRETE COATINGS ON HIGHWAY BRIDGES FROM DIFFERENT TIMES OF VEHICLE LOADING

It was established that the reason for the appearance of cracks in the asphalt concrete coating on the orthotropic slab of road bridges is the impossibility of reducing its size during cooling, with a sharp decrease in the temperature of the surrounding environment, as well as as a result of the occurrence of tensile stresses due to the action of pneumatic transport wheels means that lead to the appearance of transverse cracks.

It was established that the modulus of elasticity of asphalt concrete significantly depends on both the temperature and the duration of the load. Moreover, in the range of real values of their change, the value of the modulus of elasticity can change by several orders of magnitude. At the same time, the tensile strength changes only within the limits of one order. It is characteristic that the tensile strength has a maximum depending on the temperature: with an increase in the rate of loading or deformation, it shifts towards positive temperatures.

It was established that when calculating the asphalt concrete pavement with a load action time of 10.0 s according to the criterion of tensile strength in bending, the resulting horizontal tensile normal stresses under the action of repeated short-term loads should not exceed the limit stresses throughout the designed service life with a corresponding margin of coefficient.

The asphalt concrete coating on metal road bridges meets the durability condition according to the criterion of ensuring crack resistance from the action of transport, in case of non-compliance with condition, a greater thickness is prescribed and (or) the modulus of elasticity of this material of the coating layer is increased and (or) it is replaced by another type of asphalt concrete that will provide conditions.

***Keywords:* bridge; asphalt pavement; durability; vehicles.**
