

Мозговий В.В., д.т.н., **Бесараб О.М.**, к.т.н., **Каськів В.І.**, к.т.н.,
Мозговий О.В.

ПРОЕКТУВАННЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ ДОРОЖНІХ ОДЯГІВ

Анотація. Розглянуті питання формування умов граничного стану конструкції дорожнього одягу при проектуванні його капітального ремонту.

Ключові слова: автомобільна дорога; дорожній одяг; капітальний ремонт; граничний стан.

Аннотация. Рассмотрены вопросы формирования условий предельного состояния конструкции дорожной одежды при проектировании его капитального ремонта.

Ключевые слова: автомобильная дорога; дорожную одежду; капитальный ремонт; предельное состояние.

Abstract. The formation conditions limit state design of pavement in the design of its overhaul.

Keywords: highway, road wear, repair, limiting state.

Капітальний ремонт – один з найпоширеніших матеріало- і капіталомістких видів ремонтно-відновлювальних робіт. Причому, із формуванням мережі автомобільних доріг, цей вид робіт стає домінуючим.

Із позицій механіки дорожнього одягу [2–4] до капітального ремонту дорожніх одягів відносять комплекс заходів і робіт, направлених на відновлення міцності, жорсткості і розподільної здатності кожного елемента дорожнього одягу або всієї конструкції в цілому. Тобто, усунення причин несправного стану дорожнього одягу або на зменшення їх впливу.

У більшості країн на автомобільних дорогах, де необхідно проводити капітальний ремонт дорожнього одягу, за міжремонтний строк зростає не тільки інтенсивність руху, але і збільшуються транспортні навантаження. Це відбувається, як правило, за рахунок збільшення частки важких транспортних засобів, збільшення їх вантажопідйомності, навантажень на осі, тиску на

контакті колеса з дорогою тощо. Все це призводить до підвищення вимог до міцності дорожнього одягу автомобільних доріг на стадії виконання чергового капітального ремонту.

Характерною особливістю для країн колишнього Радянського Союзу є та обставина, що більшість доріг, яким потрібен капітальний ремонт, розраховані на навантаження групи Б (60 кН на вісь) або групи А (100 кН на вісь). Проте, у багатьох із цих країн, щоб сприяти зменшенню собівартості автомобільних перевезень, нормативними документами вже дозволені збільшені навантаження розрахункових автомобілів з параметрами 115 кН на вісь і навіть 130 кН на вісь. Безумовно, тим самим відкривається “зелена вулиця” перевізникам з використання транспортних засобів підвищеної вантажопідйомності, з метою підвищення продуктивності перевезень. Проте цей процес відбувається із значним відставанням належного посилення конструкцій дорожнього одягу існуючих автомобільних доріг до необхідних параметрів за міцністю. Як показують розрахунки, таке збільшення автомобільних навантажень на дорожній одяг викликає скорочення їх строку служби у 2–4 рази і більше [4].

Отже, виникла серйозна загроза повного руйнування автомобільних доріг, якщо не будуть терміново вжиті заходи з виконання капітального ремонту на дорогах, де конструкції дорожнього одягу не розраховані на збільшені існуючі навантаження.

Конструкції дорожнього одягу на момент виконання капітального ремонту в більшості випадків мають низку різних видів руйнувань і деформацій, що порушують їх суцільність, розподільну здатність та утруднюють нормальну і безпечну експлуатацію автомобільних доріг. До найпоширеніших видів руйнувань і деформацій, які вже не можна виправити методами поточного ремонту відносять: часті поперечні і поздовжні тріщини, сітку тріщин, просідання, уступи, зсуви, хвилі, напливи тощо.

Руйнування і деформації є наслідком основних причин – недотримання критеріїв граничного стану конструкції дорожнього одягу.

Як й інші будівельні конструкції, дорожній одяг потрібно розраховувати за двома групами граничних станів: за несучою здатністю і за деформаціями, що утруднюють експлуатацію.

При розрахунках за несучою здатністю потрібно забезпечити збереження міцності конструкції (здатності протистояти руйнуванню). Як критерій

граничного стану слід приймати той, що є самим небезпечним для даного елемента конструкції.

Наприклад, для зернистих матеріалів, що мають між собою зв'язки, і, які працюють на розтягування, руйнуванням є розділення їх на частини. Тому шари з асфальтобетону, цементобетону, цементогрунту тощо розраховують на розтяг при згині.

Критерієм граничного стану приймають горизонтальне нормальне розтягуюче напруження σ_r або горизонтальну відносну деформацію подовження ε_r поблизу підшви шару при його згині:

$$\sigma_r < \overline{\sigma_r} \text{ або } \varepsilon_r < \overline{\varepsilon_r}, \quad (1)$$

де $\overline{\sigma_r}$, $\overline{\varepsilon_r}$ – допустимі значення відповідно напруження і деформації.

При невиконанні цих умов виникне тріщина, що буде розвиватися вгору.

Для елемента дорожнього одягу з незв'язного матеріалу, а також для ґрунту земляного полотна руйнуванням вважають необоротний зсув. Тому їх у багатьох країнах розраховують на стійкість проти зсуву.

Критерієм граничного стану є напруження зсуву по найнебезпечнішій площині:

$$\tau_a \leq \overline{\tau_a}, \quad (2)$$

де τ_a – активне напруження зсуву;

$\overline{\tau_a}$ – допустиме значення активного напруження зсуву.

При невиконанні цієї умови після кожного проїзду відбувається необоротний зсув і на рівні поверхні слабозв'язного шару або земляного полотна утворюються залишкові деформації (колії, просідання).

У деяких країнах віддають перевагу більш простим критеріям:

$$\sigma_z \leq \overline{\sigma_z}, \quad (3)$$

де σ_z – вертикальне нормальне напруження на поверхні шару із незв'язного матеріалу або ґрунту земляного полотна;

$\overline{\sigma_z}$ – допустиме вертикальне нормальне напруження.

Або аналогічно за відносною вертикальною деформацією стиснення:

$$\varepsilon_z \leq \overline{\varepsilon_z}, \quad (4)$$

де $\varepsilon_z, \overline{\varepsilon_z}$ – відповідно відносна і допустима відносна вертикальні деформації стиснення.

При розрахунку за деформаціями, що утруднюють експлуатацію конструкції дорожнього одягу нежорсткого типу (глибина колії, висота і глибина поздовжніх нерівностей), накопичення залишкового переміщення поверхні покриття достовірно прогнозувати складно, тому доцільно нормувати його оборотне переміщення – пружній прогин w .

Цей підхід ґрунтується на таких міркуваннях:

- чим менший пружній прогин, тим для даного ґрунту і дорожньо-будівельного матеріалу менше залишковий прогин;
- пружній прогин поверхні дорожнього покриття під колесом автомобіля легко виміряти, а залишковий прогин від одного проїзду виміряти практично неможливо.

У цьому випадку при проектуванні дорожнього одягу нежорсткого типу обмежують пружній прогин покриття в момент введення дороги в експлуатацію:

$$w \leq \overline{w(N)}, \quad (5)$$

де w – пружній прогин поверхні покриття під дією нормативного навантаження в період перезволоження ґрунту земляного полотна (весна, осінь);

$\overline{w(N)}$ – допустиме значення, яке залежить від перспективної інтенсивності руху (останній рік служби перед ремонтом).

Значення $\overline{w(N)}$ встановлені на основі масового обстеження дорожнього одягу, що знаходився у задовільному стані тривалий час при різній добовій інтенсивності руху. Цей розрахунок називають розрахунком за критерієм пружного прогину. Оскільки пружній прогин w і загальний модуль пружності дорожнього одягу $E_{заг}$ взаємопов'язані, відповідно, взаємопов'язані і допустимий пружній прогин $\overline{w(N)}$ з потрібним модулем пружності $E_{номп(N)}$, то

критерій за допустимими деформаціями набуде вигляду умови забезпечення необхідної жорсткості конструкції дорожнього одягу:

$$E_{заг} \geq E_{номр}(N). \quad (6)$$

Для жорсткого дорожнього одягу при розрахунку за деформаціями, що утруднюють експлуатацію конструкції, за основу приймають величину уступу між суміжними цементобетонними плитами.

Таким чином, обґрунтуванням призначення капітального ремонту є оцінка дотримання всіх умов граничного стану конструкції дорожнього одягу.

У разі недотримання цих умов, потрібно приймати рішення про виконання капітального ремонту. Після прийняття такого рішення, здійснюють проектування дорожнього одягу, що складається з наступних основних етапів:

- конструювання варіантів дорожнього одягу;
- виконання розрахунків для визначення товщини шарів, виходячи з умов забезпечення всіх критеріїв граничного стану конструкції дорожнього одягу;
- вибір раціонального варіанту конструкції дорожнього одягу для виконання капітального ремонту.

Конструювання дорожнього одягу є найважливішим і відповідальним етапом проектування та, головним чином, базується на досвіді інженерів, наявності сучасних матеріалів і техніки. Крім того, при конструюванні дорожнього одягу необхідно враховувати загальні принципи конструювання і забезпечувати виконання функцій для кожного елемента дорожнього одягу: покриття, основи, додаткової основи.

Конструювання дорожнього одягу при капітальному ремонті повинне забезпечувати раціональне використання дорожньо-будівельних матеріалів існуючого дорожнього одягу, шарів і матеріалів посилення з урахуванням їх доступності і технологічності. При цьому, як правило, існуюча конструкція дорожнього одягу використовується як додаткова основа або як основа.

Б.С. Радовським виділено **три групи принципів конструювання дорожнього одягу** [3]: раціональний розподіл матеріалів по глибині проїзної частини, раціональний розподіл матеріалів по ширині проїзної частини, раціональне конструювання відповідно до змін умов роботи дорожнього одягу в часі.

Раціональний розподіл матеріалів по глибині повинен передбачати розміщення найбільш міцних дорожньо-будівельних матеріалів у самих напружених зонах конструкції.

Загальний принцип конструювання дорожнього одягу по товщині полягає в тому, що раціональний розподіл матеріалів по глибині конструкції повинен встановлюватися, виходячи із закономірностей її напружено-деформованого стану. Лише таким чином можна одержати раціональні, з точки зору будівельної механіки, конструкції. Як правило, такі конструкції характеризуються зниженою матеріалоемністю порівняно з іншими дорожніми одягами або при тій же матеріалоемності – підвищеною міцністю.

Матеріали і в'язучі традиційно розподіляють таким чином, щоб вартість одиниці об'єму шару знижувалася із глибиною від поверхні дорожнього одягу, на яку впливає зовнішнє навантаження. Цей принцип вперше запропонував О.К. Біруля [1], згідно якого оптимальний вид епюри зміни модулів пружності шарів по глибині Z аналогічний зміні вертикального нормального напруження у дорожньому одязі:

$$E(z) = E_{\max} \cdot \exp\left(\frac{-z}{H} \cdot \frac{\ln E_{\max}}{E_{\min}}\right), \quad (7)$$

де E_{\max} , E_{\min} – модулі пружності відповідно дорожнього покриття і земляного полотна;

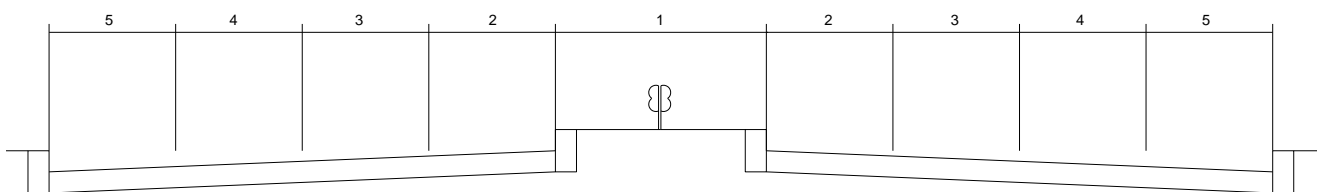
H – товщина дорожнього одягу.

Надалі цей принцип був удосконалений з урахуванням того, що більш небезпечними для укріплених в'язучими шарів дорожнього одягу є горизонтальні розтягуючі напруження, а не вертикальні стискаючі. Тому при конструюванні дорожнього одягу з таких шарів, багатьма дослідниками було доведено, що потрібно так розподіляти в'язуче, щоб найкращим чином використати здатність матеріалів чинити опір розтягуванню при згині дорожнього одягу [4, 5]. У цьому випадку епюра зміни модуля пружності по глибині набуде форму двотаврового перерізу.

Раціональний розподіл матеріалів по ширині проїзної частини пов'язаний із врахуванням нерівномірності впливу навантажень по ширині проїзної частини.

Наприклад, на автомагістралях з великою кількістю смуг руху умови роботи шарів дорожнього одягу в межах різних смуг нерівноцінні, оскільки вантажні автомобілі великої вантажопідйомності займають дві перші смуги руху, а

легкові автомобілі здебільшого розподіляються лівіше. У таких випадках доцільно проектувати дорожні одяги різної товщини для різних смуг руху. Проте, різка відмінність у товщині шарів дорожнього одягу суміжних смуг може призвести до стрибкоподібної зміни міцності конструкції і стати причиною утворення поздовжніх тріщин на границі цих смуг. Крім того, влаштування шарів із стрибкоподібною зміною товщини по ширині проїзної частини призводить до технологічних труднощів. Подібних недоліків можна уникнути при поступовій зміні товщини дорожнього одягу по ширині проїзної частини. Для цього досить надати поверхні ґрунту земляного полотна і шарам основи поперечного похилу, що перевищує похил поверхні покриття (рис. 1).



- 1 - розділювальна смуга;
- 2 - смуга руху для легкового транспорту;
- 3, 4 - смуги руху змішаного потоку;
- 5 - смуга руху для вантажних автомобілів та автомобілів, що рухаються з малою швидкістю

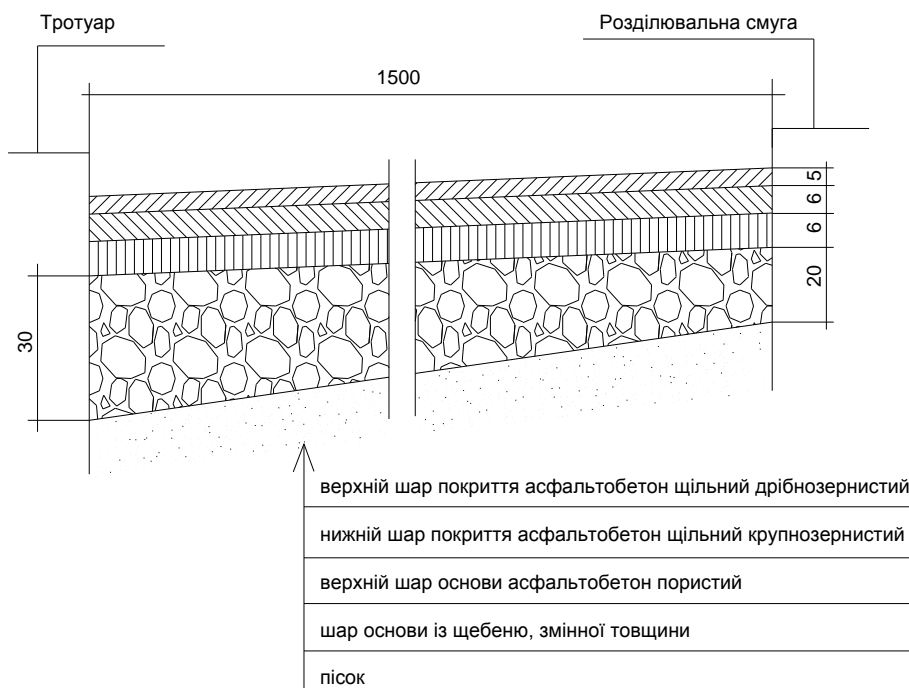


Рис. 1. Конструкція дорожнього одягу автомобільної дороги із вісьмома смугами руху

Раціональне конструювання дорожнього одягу відповідно до зміни умов роботи в часі ґрунтується на врахуванні умов роботи дорожнього одягу в річному циклі й у процесі служби. Найбільш несприятливі умови в районах із континентальним кліматом при зв'язних ґрунтах земляного полотна створюються навесні або восени, коли внаслідок перезволоження знижуються твердість і міцність ґрунту. Навпаки, при піщаних ґрунтах найнебезпечнішим може виявитися літо, коли міцність асфальтобетонного покриття й ґрунту є найменшою. У зв'язку із сезонною нерівноцінністю умов роботи вважається, що раціональною є така конструкція дорожнього одягу, для якої запас міцності за всіма критеріями граничного стану мало коливається протягом року.

Із цього погляду близькими до раціональних є дорожні одяги із асфальтобетонним покриттям. У жарку пору року, коли модуль пружності і показники міцності асфальтобетону зменшуються, зростають модуль та опір зсуву зв'язного ґрунту земляного полотна. І навпаки, восени та навесні, коли зв'язний ґрунт земляного полотна має понижену несучу здатність, асфальтобетон характеризується підвищеною міцністю й твердістю.

Неоднорідність умов роботи дорожнього одягу протягом строку служби обумовлена поступовим підвищенням інтенсивності руху й осьових навантажень. У цих випадках доцільне навмисне введення в дорожній одяг шару з матеріалу, що підвищує свою міцність протягом тривалого часу з темпом, що приблизно відповідає темпу зростання інтенсивності руху (наприклад, шари основи із сумішей на основі гранульованих доменних шлаків або матеріали, укріплені цементом).

Слід зазначити, що існуючі нормативні методи проектування дорожнього одягу при їх конструюванні і розрахунку, в основному були спочатку орієнтовані на нове будівництво. Тому, вони недостатньо враховують реальну різноманітність варіантів розрахункових схем, можливостей нових технологій, матеріалів і механізмів. У зв'язку з цим, при вирішенні питань капітального ремонту доцільно для важливих, відповідальних об'єктів, як на стадії проектування, так і на стадії ремонту організувати науковий супровід. З його допомогою є можливість знайти відповідь на питання, які не відображають або не достатньо повно відображають діючі нормативні документи.

Одним з невирішених до кінця питань є врахування діючих температурних розтягуючих напружень, у шарах з монолітних матеріалів, що виникають при коливаннях температури. У теперішній час, на підставі проведених досліджень [4–8], є можливість для кожного конкретного об'єкта індивідуально виконувати такі розрахунки для різних розрахункових схем. Це дозволяє обґрунтовано вибирати прогресивні матеріали і технології для виконання капітального ремонту дорожнього одягу з підвищеною його стійкістю до температурного розтріскування.

Також потрібно звернути увагу, що при конструюванні дорожнього одягу для капітального ремонту і прагненні максимально використати існуючий дорожній одяг викликають значні проблеми у зв'язку з його неоднорідністю, внаслідок наявності різного роду руйнувань і деформацій, нерівномірно розташованих у плані і по товщині конструкції. Дослідження показують, що із збільшенням неоднорідності основи значно збільшується товщина і вартість шарів посилення [4, 9]. Тому при конструюванні дорожнього одягу для капітального ремонту потрібно прагнути підвищити однорідність існуючого дорожнього одягу залежно від ступеню його пошкодження. При цьому процедура підготовки існуючого дорожнього одягу до виконання капітального ремонту може містити наступні конструктивно-технологічні прийоми:

- окремі локальні ремонти з відновлення несучої і розподільної здатності;
- зняття одного або декількох самих пошкоджених шарів нежорсткого дорожнього одягу;
- ресайклінг одного або декількох шарів нежорсткого дорожнього одягу;
- фрагментація жорсткого дорожнього одягу на окремі блоки “безпечних” розмірів;
- повне зняття всіх шарів із подальшою переробкою і повторним повним або частковим використанням регенованих матеріалів.

Важливим питанням є більш об'єктивне врахування температури і тривалості дії навантаження при проектуванні асфальтобетонних шарів посилення на шарах основи із матеріалів різної термореологічної чутливості.

Тобто для тих випадків, коли властивості матеріалів, що визначають рівень напружень і деформацій та впливають на виконання умов граничного стану, залежать від температури і тривалості дії навантаження [2–4, 11, 12].

Як показали дослідження, дорожній одяг має тим більший обсяг руйнувань, чим більша тривалість дії навантаження. Це особливо характерно для ділянок доріг де можливе сповільнення руху транспорту та його зупинки (перехрестя, затяжні підйоми, міські умови) (рис. 2). Тут можна виділити чотири характерних зони з різними закономірностями поєднання тривалості дії навантаження:

- ділянка безперервного руху (ДБ);
- ділянка гальмування (ДГ);
- ділянка зупинки (ДЗ);
- ділянка розгону (ДР).

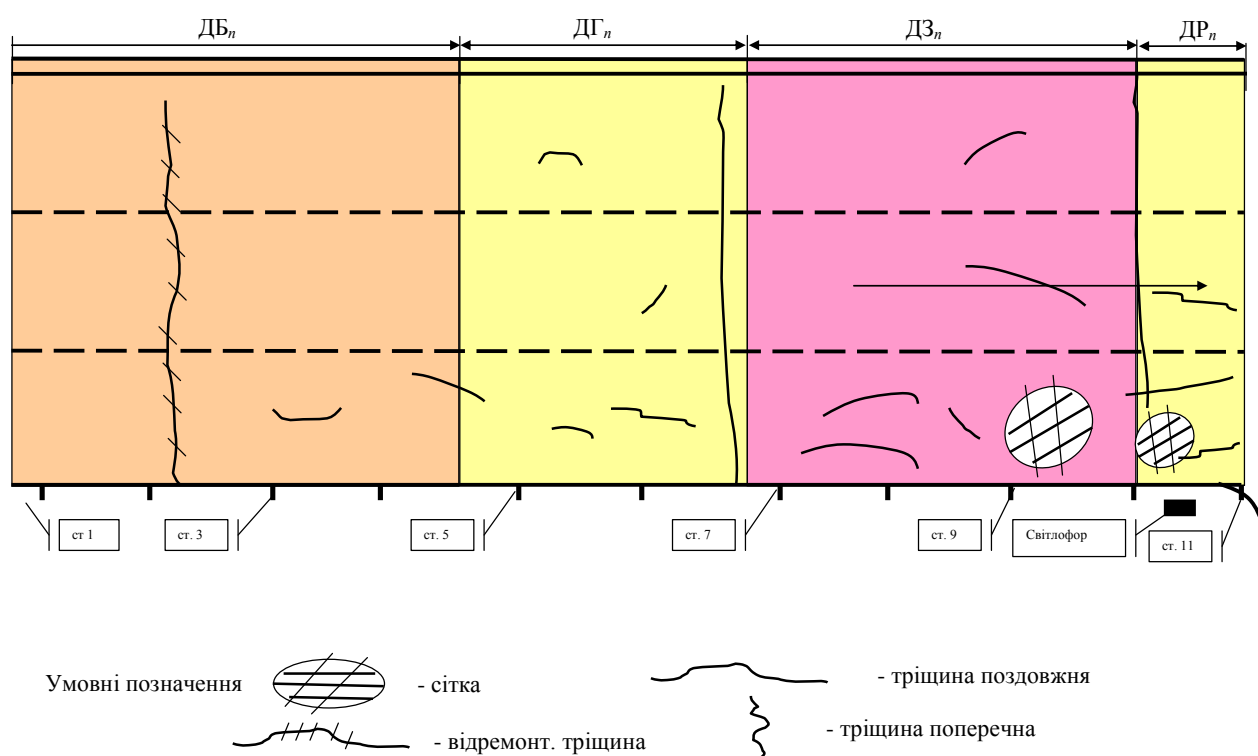


Рис. 2. Види і схема розташування руйнувань на характерних ділянках смуг руху

У **табл. 1** наведені результати натурних досліджень характеру навантаження дорожнього одягу у період з 2000 року по 2003 рік.

Таблиця 1

Середній час дії навантаження на асфальтобетонне покриття на характерних ділянках, с			
Ділянка безперервного руху (ДБ)	Ділянка гальмування (ДГ)	Ділянка зупинки (ДЗ)	Ділянка розгону (ДР)
$t_o^H = 0,10-0,05$	$t_o^H = 0,10-0,05$ $t_z^H = 0,5-0,2$	$t_o^H = 0,10-0,05$ $t_z^H = 0,5-0,2$ $t_3^H = 20-50; t_p^H = 0,1-3,0$	$t_o^H = 0,10-0,05$ $t_p^H = 0,1-3,0$
Частка автомобілів з різним часом дії навантаження на характерних ділянках			
ДБ	ДГ	ДЗ	ДР
$\delta(t_o^H) = 1,00$	$\delta(t_o^H) = 0,85$ $\delta(t_z^H) = 0,15$	$\delta(t_o^H) = 0,50;$ $\delta(t_z^H) = 0,06$ $\delta(t_3^H) = 0,37;$ $\delta(t_p^H) = 0,07$	$\delta(t_o^H) = 0,95$ $\delta(t_p^H) = 0,05$
Примітка. t_o^H – час дії навантаження при безперервному русі транспортних засобів; t_z^H – час дії навантаження від транспортних засобів, що гальмують, але не зупиняються; t_3^H – час дії навантаження при зупинці руху транспортних засобів; t_p^H – час дії навантаження від транспортних засобів, що набирають розгін.			

Такий характер комбінацій навантажень свідчить, що із збільшенням тривалості дії навантаження збільшується обсяг руйнувань.

У табл. 2 наведено відносний обсяг тріщиноутворення на правій крайній смузі руху шестисмугових вулиць і доріг в зоні світлофора у Києві.

Таблиця 2

Вид пошкодження	Показник тріщиноутворення на характерних ділянках			
	ДБ	ДГ	ДЗ	ДР
Сітка тріщин				
Відносна площа пошкодження	0,12–0,22	0,33–0,42	0,57–0,78	0,40–0,49
Тріщини поздовжні				
Відносна довжина розтріскування	0,08–0,16	0,24–0,32	0,55–0,74	0,38–0,45
Відносний сумарний обсяг розкритих поздовжніх тріщин	0,10–0,16	0,31–0,37	0,55–0,72	0,34–0,41

Відомо, що час дії навантаження впливає на термореологічні характеристики дорожньо-будівельних матеріалів конструкції дорожнього одягу залежно від їх складу і структури. Приймаючи відношення значень миттєвого і тривалого модуля пружності E_0/E_∞ , як показник термореологічної чутливості, дорожньо-будівельні матеріали можна розділити на чотири групи (табл. 3).

Групи дорожньо-будівельних матеріалів за термореологічною чутливістю (ТРЧ)

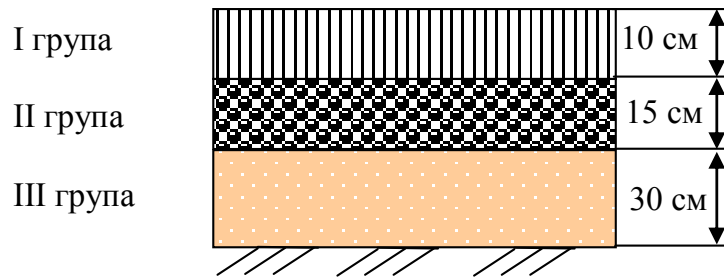
Види дорожньо-будівельних матеріалів за групами ТРЧ			
I (високочутливі)	II (чутливі)	III (помірночутливі)	IV (слабо чутливі)
Асфальтобетони всіх типів і видів, органомінеральні суміші тощо	Глинисті і пилуваті ґрунти земляного полотна, щебінь і гравій оброблені органічними в'язучими тощо	Щебінь, гравій, пісок необроблений або оброблений неорганічними в'язучими в кількості менше 5 %; піщані і супіщані ґрунти земляного полотна; крупноуламкові ґрунти і гравійно-піщані суміші, ґрунти земляного полотна, оброблені неорганічними в'язучими тощо	Щебінь, гравій, пісок, крупноуламкові ґрунти і гравійно-піщані суміші оброблені неорганічними в'язучими в кількості більше 5 %; пісний цементобетон тощо

Проведені дослідження свідчать, що для автомобільних доріг, де можливий сповільнений рух транспорту і зупинки, при використанні в основі дорожнього одягу матеріалів з меншою ТРЧ сприяє істотному збільшенню довговічності конструкції дорожнього одягу (у 2–5 і більше раз). Так, рівноцінні, традиційні за критеріями граничного стану конструкції дорожнього одягу (рис. 3) мають різну довговічність із збільшенням тривалості дії навантаження для різних за ТРЧ основ (рис. 4).

Висновок

При проектуванні конструкції дорожніх одягів, особливо для умов капітального ремонту, необхідно більш ретельно призначати критерії її граничного стану за якими потрібно виконувати розрахунок та враховувати термореологічну чутливість прийнятих дорожньо-будівельних матеріалів. Для автомобільних доріг і вулиць з важким та інтенсивним рухом, де є вірогідність заторів, повільного руху і зупинок, доцільно використовувати у шарах основи матеріали, що містять неорганічні в'язучі (цемент, металургійні шлаки тощо). Реалізація цієї концепції можлива при використанні сучасної технології холодної регенерації існуючого дорожнього одягу.

а)



б)

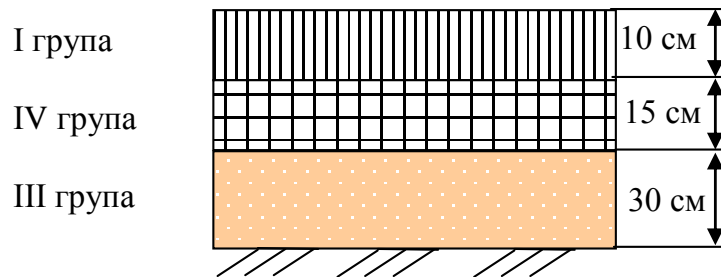


Рис. 3. Рівноцінні за традиційними критеріями граничного стану варіанти конструкцій дорожнього одягу: а – з основою з матеріалів підвищеної ТРЧ (1-й варіант); б – теж із зниженою ТРЧ (2-й варіант)

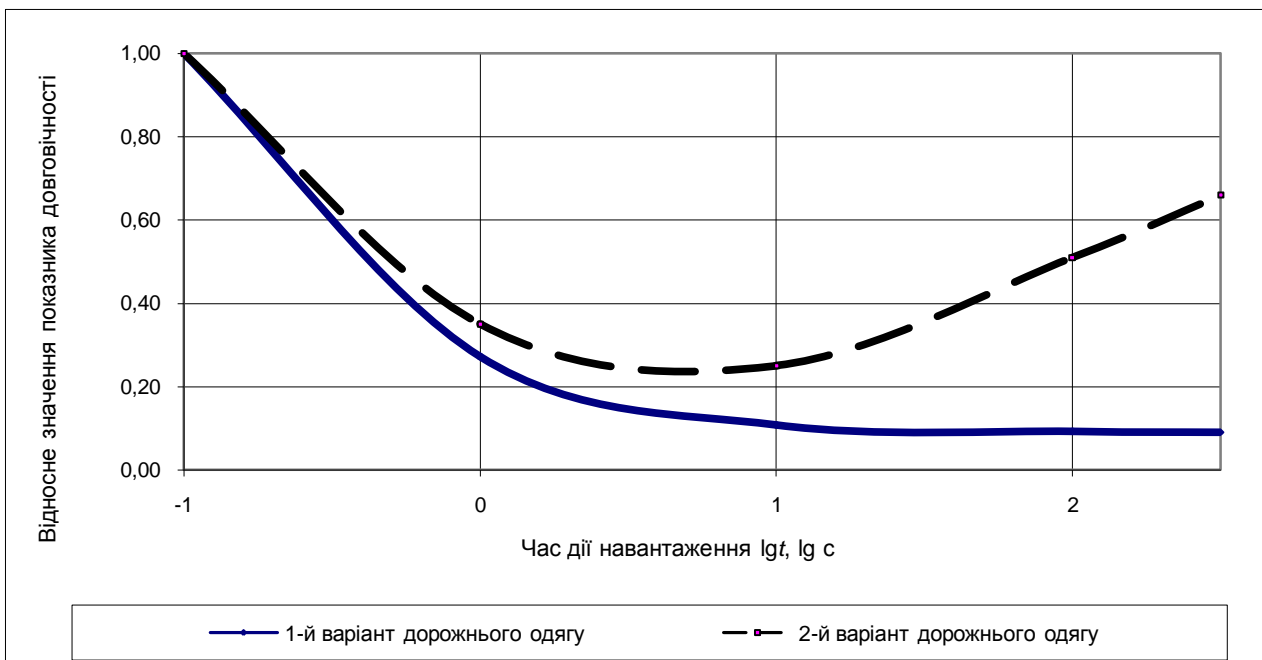


Рис. 4. Залежність довговічності асфальтобетонного покриття від часу дії навантаження при температурі 0 °С

ЛІТЕРАТУРА

1. *Бируля А.К.* Конструирование и расчет нежестких одежд автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 1964.
2. *Радовский Б.С.* Теоретические основы конструирования и расчёта нежестких дорожных одежд на воздействие подвижных нагрузок: Дис... докт. техн. наук. – К., 1983. – 552 с.
3. *Радовский Б.С., Супрун А.С., Козаков И.И.* Проектирование дорожных одежд для движения большегрузных автомобилей. – К.: Будівельник. – 1989. – 168 с.
4. *Радовский Б.С.* Проблемы механики дорожно-строительных материалов и дорожных одежд. – К.: Полиграфконсалтинг, 2003. – 260с.
5. *Мерзликін А.Е.* Разработка и исследование методики рационального конструирования дорожных одежд (на примере цементогрунтового основания): Дис... канд. техн. наук: 05.23.14. – М., 1982. – 186 с.
6. *Мозговой В.В.* Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий: Дис... докт. техн. наук. – К., 1996. – 343 с.
7. *Ищенко А.М.* Разработка методики расчета на температурную трещиностойкость асфальтобетонного покрытия искусственных сооружений автомобильных дорог: Дис... канд. техн. наук. – К., 2003. – 180 с.
8. *Ладжінський І.С.* Підвищення температурної тріщиностійкості асфальтобетонних шарів за рахунок використання синтетичних сіток: Дис... канд. техн. наук. – К., 2005. – 185 с.
9. *Гамеляк І.П.* Основы обеспечения надежности конструкций дорожной одежды: Дис... докт. техн. наук. – К., 2005. – 550 с.
10. *Рудюк В.В.* Проектирование дорожных одежд многополосных городских улиц и дорог с учетом распределения транспортных нагрузок по проезжей части: Дис... канд. техн. наук: 05.23.14. – К., 1998. – 271 с.
11. *Бесараб О.М.* Підвищення тріщиностійкості асфальтобетонних шарів з врахуванням часу дії навантаження: Дис... канд. техн. наук: 05.23.05. – К., 2003. – 252 с.
12. *Смолянець В.В.* Удосконалення проектування асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу в умовах міст: Дис... канд. техн. наук. – К., 2005. – 195 с.