

УДК 625.85

ЗАЛЕЖНІСТЬ ДОВГОВІЧНОСТІ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ ШАРІВ ПІДСИЛЕННЯ ВІД РЕЖИМУ РУХУ ТРАНСПОРТУ

С.А. Баран, асист., О.М. Куцман, ст. викл.,
Національний транспортний університет, м. Київ

Анотація. Показано ступінь впливу тривалості дії транспортних навантажень на довговічність асфальтобетонного покриття нежорстких дорожніх одягів; запропоновано підходи до розрахунку асфальтобетонного покриття підвищеної довговічності на міцність, з урахуванням багаторазової дії транспортних навантажень різної тривалості.

Ключові слова: асфальтобетон, шари підсилення, режим руху транспорту, довговічність, міцність.

ЗАВИСИМОСТЬ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СЛОЕВ УСИЛЕНИЯ ОТ РЕЖИМА ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА

С.А. Баран, ассист., А.М. Куцман, ст. преп.,
Национальный транспортный университет, г. Киев

Аннотация. Показана степень влияния продолжительности действия транспортных нагрузок на долговечность асфальтобетонного покрытия нежестких дорожных одежд; предложены подходы по расчету асфальтобетонного покрытия повышенной долговечности на прочность, с учетом многократного действия транспортных нагрузок различной продолжительности.

Ключевые слова: асфальтобетон, слои усиления, режим движения транспорта, долговечность, прочность.

DEPENDENCE OF ASPHALT REINFORCING LAYERS DURABILITY ON TRAFFIC CONDITION

S. Baran, T. Asst., O. Kutsman, Sr. Lecturer,
National Transport University, Kyiv

Abstract. The degree of influence of the duration of transport loads on the durability of asphalt concrete coating of non-rigid road clothing is shown; approaches to calculate the asphalt concrete coating of increased operational life for durability, taking into account the multiple effects of transport loads of different duration are offered.

Key words: asphalt concrete, reinforcing layers, traffic condition, durability, strength.

Вступ

На сьогодні найбільш поширеним матеріалом для влаштування шарів підсилення покриття вулиць і доріг є асфальтобетон. Відповідно до нормативної методики розрахунку асфальтобетонних покриттів, згідно з ВБН В.2.3-218-186 [1], розрахунковою тривалістю

дії навантаження є значення 0,1 секунди (далі с), що відповідає середній швидкості руху вантажних автомобілів 60 км/год. Реальний режим руху транспорту на дорогах не однорідний, адже, залежно від рівня завантаження дороги, швидкість руху транспорту може змінюватись в межах від 0 до 60–90 км/год. За зниження швидкості виникають

ризика заторів, що призводить до збільшення середньої тривалості дії навантаження, яка перевищує 0,1 с, особливо на ділянках доріг із перетинами в одному рівні, на підходах до перетину із залізничними коліями та на зупинках.

Аналіз публікацій

Аналіз відомих досліджень [2, 3] показує, що на певних ділянках доріг тривалість дії навантаження може збільшуватися до 20–50 с. Для з'ясування особливостей впливу тривалості дії навантаження, що перевищує 0,1 с, на підставі роботи [4] було виконано аналіз розрахункових характеристик асфальтобетону на напружено-деформований стан і довговічність покриття дорожнього одягу при багаторазовому статичному і короткочасному навантаженнях. У результаті з'ясувалося, що зі збільшенням тривалості дії навантаження зменшується модуль пружності асфальтобетону (табл. 1) та інших матеріалів, що призводить до зменшення максимальних горизонтальних розтягуючих напружень у верхньому шарі основи з асфальтобетону.

Таблиця 1 Характеристики високопористого асфальтобетону на бітумі БНД марки 60/90 за різної тривалості дії навантаження

Розрахункові характеристики	Тривалість дії навантаження, с			
	0,1	1,0	10,0	600,0
Модуль пружності, E , МПа	2100	1510	1050	510
Міцність на розтяг при згині, $R_{зг}$, МПа	5,65	3,18	1,79	0,64

При цьому зменшуються значення міцності на розтяг при згині $R_{зг}$ матеріалу (табл. 1), в якому виникають σ_{\max} .

Слід також враховувати те, що міцність на розтяг при згині $R_{зг}$ за збільшення тривалості дії навантаження зменшується набагато швидше, ніж максимальні горизонтальні напруження розтягу σ_{\max} . Саме з цієї причини відбувається передчасна поява втомних тріщин на ділянках, де уповільнюється рух транспортних засобів.

Мета і постановка завдання

Метою роботи є експериментально-аналітичне визначення впливу часу навантаження на довговічність дорожнього одягу. Відпо-

відно до цього були виконані порівняльні розрахунки нежорсткого дорожнього одягу, що містить в основі чорний щебінь, і рівномічного дорожнього одягу, який має в основі укріплений цементом щебінь.

Результати аналітичних та експериментальних досліджень

Результати визначення кількості прикладання розрахункового навантаження до моменту руйнування дорожнього одягу (відносна довговічність) від часу дії навантаження наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 Відносна довговічність дорожнього одягу

Тип основи дорожнього одягу	Час дії навантаження, t , с	Відносна довговічність, $N(t)/N(t=0,1с)$
Неукріплена (чорний щебінь)	0,1	1
	1	0,305
	10	0,170
Укріплена (щебінь, укріплений цементом)	100	0,108
	0,1	1
	1	0,314
	10	0,175
	100	0,138

З табл. 2 видно, що кількості прикладання розрахункового навантаження до моменту руйнування покриття зменшується зі збільшенням тривалості дії навантаження. Крім того, можна зробити висновок, що зміцнення основи дещо збільшує її довговічність за більшої тривалості дії навантаження. Таким чином, проведені дослідження свідчать, що довговічність асфальтобетонного покриття нежорстких дорожніх одягів зменшується зі збільшенням тривалості навантаження. При цьому довговічність асфальтобетонного покриття суттєво залежить від термореологічної чутливості матеріалів основи.

Розглянемо більш детально вплив цих факторів на довговічність асфальтобетонного покриття нежорстких дорожніх одягів з основами, що мають різну термореологічну чутливість, на прикладах режимів навантаження, характерних для ділянок, де можливі повільний рух і зупинки транспортних засобів. Беручи до уваги загальновідомий факт, який свідчить про те, що час дії навантаження, температура і вологість по-різному впливають на деформаційні й міцнісні характеристики дорожньо-будівельних матеріалів

дорожного одягу залежно від їх складу і структури, автори запропонували класифікацію матеріалів за їх термореологічною чутливістю. При цьому як показник термореологічної чутливості взяли відношення значень миттєвого і тривалого модулів пружності. Дорожньо-будівельні матеріали розділили на чотири групи (табл. 3).

Таблиця 3 Групи дорожньо-будівельних матеріалів за термореологічною чутливістю

Види дорожньо-будівельних матеріалів за групами			
I (високо чутливі)	II (чутливі)	III (помірно чутливі)	IV (слабо чутливі)
Асфальтобетони, органічно-мінеральні суміші тощо	Матеріали, оброблені органічними в'язучими	Матеріали, не оброблені або оброблені мінеральними в'язучими в кількості менше ніж 5 %	Матеріали, оброблені мінеральними в'язучими в кількості більш ніж 5 %, пісний цементобетон тощо

За методикою, описаною в роботах [8, 9], було проведено дослідження довговічності нежорстких дорожніх одягів з асфальтобетонним покриттям, які мають різні моделі основи за їх термореологічною чутливістю й однакові критерії міцності за методикою [1] (рис. 1).

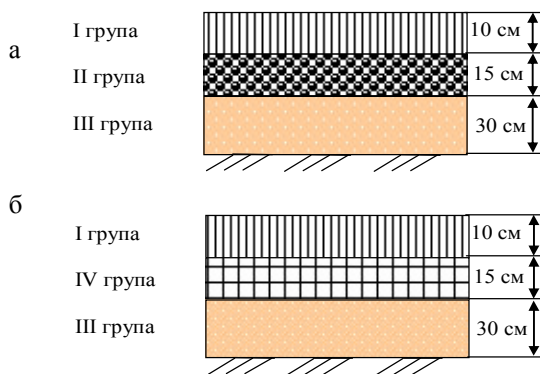


Рис. 1. Рівноцінні за традиційними критеріями граничного стану варіанти дорожніх одягів: а – з основою з матеріалів підвищеної термореологічної чутливості (1-й варіант); б – те саме, зниженої термореологічної чутливості (2-й варіант)

Отримані результати (рис. 2) свідчать, що вказані дорожні одяги мають різну довговічність за збільшення тривалості дії навантаження.

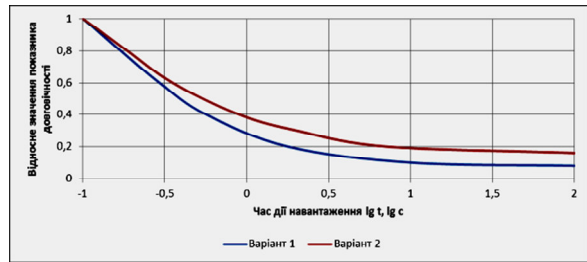


Рис. 2 Залежність довговічності асфальтобетонного покриття від часу дії навантаження за температури 0 °С

Проведені дослідження свідчать, що для автомобільних доріг, де можливий повільний рух транспорту і зупинки, застосування в основі дорожніх одягів матеріалів із меншою термореологічною чутливістю сприяє суттєвому збільшенню довговічності дорожнього одягу (в 2 і більше рази). Таким чином, проведені дослідження дозволяють запропонувати більш досконалі моделі асфальтобетонних покриттів з урахуванням різної тривалості навантаження на різних моделях основи, що містять матеріали різної термореологічної чутливості.

У зв'язку із зазначеним вище пропонується таке. Розрахунок асфальтобетонних шарів підсилення в місцях, де тривалість дії навантаження перевищує 0,1 с, доцільно проводити на комплексний багаторазовий вплив як короткочасних навантажень ($t_n = 0,1$ с), так і довготривалих навантажень ($t_n > 0,1$ с). Для такої комбінації навантаження скористаємося фундаментальними положеннями кінетичної теорії міцності твердих тіл [4–7] при розгляді питання довговічності асфальтобетонного покриття. У цьому випадку, використовуючи закон Майнера, зміна відносної довговічності, вираженої через міру пошкоджуваності M від кожного циклу бінарного навантаження, може бути записана в такому вигляді залежності (1)

$$M = M_1(\sigma_1(t_n = 0,1 \text{ с}) + M_2(\sigma_2(t_n > 0,1 \text{ с}) < 1, \tag{1}$$

де

$$M_1 = \frac{n(t_n = 0,1 \text{ с})}{\Sigma N_{p1}(t_n = 0,1 \text{ с})};$$

$$M_2 = \frac{n(t_n > 0,1 \text{ с})}{\Sigma N_{p2}(t_n > 0,1 \text{ с})}. \tag{2}$$

При спільному впливі бінарного циклу на втомне руйнування асфальтобетонного пок-

риття за відомих значень ΣN_p одиниць навантаження і частки δ_2 в сумарній кількості навантажень ΣN_p від транспортних засобів, що створюють тривалість дії навантаження $t_n > 0,1$ с і визначаються на підставі техніко-економічних досліджень, будуть справедливими вирази (3)

$$N_1 + N_2 = \Sigma N; N_1 = (1 - \delta_2) \cdot \Sigma N; \delta_2 = \frac{N_2}{\Sigma N}. \quad (3)$$

Вищенаведені викладки свідчать, що для відповідних режимів навантаження можна встановити граничну кількість прикладання навантаження на асфальтобетонне покриття нежорсткого дорожнього одягу для бінарного циклу навантаження при $t_{n1} = 0,1$ с і $t_{n2} > 0,1$ с. За допомогою даної методики були виконані розрахунки конструкції дорожнього одягу з асфальтобетонним покриттям.

Конструкція складається з таких шарів: асфальтобетон щільний на БНД марки 60/90, товщиною 40 мм; асфальтобетон пористий на БНД марки 60/90, товщиною 80 мм; асфальтобетон високопористий на БНД марки 60/90, товщиною 220 мм; щебенево-піщана суміш, оброблена цементом М20, товщиною 260 мм; ґрунт земляного полотна – супісок пилюватий.

Попередній розрахунок конструкції на міцність, відповідно [1], для розрахункової тривалості дії навантаження 0,1 с показав, що обрана конструкція задовольняє всім критеріям міцності. Однак за збільшення тривалості дії навантаження на дорожній одяг з 0,1 с до 1 с, відповідно до запропонованої методики, результати розрахунку показали – обрана конструкція не відповідає критерію міцності на розтяг при згині, що вимагає внесення відповідних коректив. Внаслідок внесення коректив виявилось, що для компенсації зменшення коефіцієнта міцності, за збільшення тривалості дії навантаження на дорожній одяг з 0,1 с до 1 с, ефективною виявилася заміна високопористого асфальтобетону на щільний, що має підвищену міцність і стійкість до повторних навантажень. Аналогічні результати отримали при розрахунку конструкції із застосуванням у шарах основи матеріалів, оброблених цементом.

Висновок

Для забезпечення необхідної міцності й підвищеної довговічності при розрахунку асфальтобетонних шарів підсилення слід враховувати тривалість дії навантаження та відповідні йому розрахункові характеристики матеріалів.

Література

1. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу: ВБН В.2.3-218-186-2004. – [Чинний від 2005-01-01]. – К.: Укравтодор, 2004. – 152 с. – (Стандарт Укравтодор).
2. Бесараб О.М. Підвищення тріщиностійкості асфальтобетонних шарів з врахуванням часу дії навантаження: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.11 / О.М. Бесараб. – К., 2003. – 253 с.
3. 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 / В.В. Рудюк. – К., 1998. – 271 с.
4. Мозговой В.В. Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий: дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.11 / В.В. Мозговой. – К., 1996. – 406 с.
5. Ильюшин А.А. Об одной теории длительной прочности / А.А. Ильюшин // Изв. АН СССР. Механика твердого тела. – 1967. – № 4. – С. 21–35.
6. Ильюшин А.А. Основы математической теории термовязкоупругости / А.А. Ильюшин, Б.Е. Победря. – М.: Наука, 1970. – 280 с.
7. Москвитин В.В. Сопротивление вязкоупругих материалов / В.В. Москвитин. – М.: Наука, 1972. – 327 с.
8. Смолянець В.В. Удосконалення проектування асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу в умовах міст: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.11 / В.В. Смолянець. – К., 2005. – 195 с.
9. Мозговая Л.А. Прогрессивные технологии капитального ремонта дорожных одежд / Л.А. Мозговая, А.В. Мозговой, В.В. Мозговой и др. // Дорожная техника. – 2007. – С. 126–139.

Рецензент: В.О. Золотарьов, професор, д.т.н., ХНАДУ.