

А.М.Онищенко, М.П. Кузьмінець, В.С.Прикладовський, О.С.Різніченко, С.Ю.Аксьонов
Національний транспортний університет
ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ З АСФАЛЬТОБЕТОНУ
ЛИТОГО ГУСАСФАЛЬТ ПІДВИЩЕНОЇ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ ТА КОЛІЄСТІЙКОСТІ
ДЛЯ МЕТАЛЕВОЇ ПРОГОНОВОЇ БУДОВИ ПІВДЕННОГО МОСТОВОГО ПЕРЕХОДУ
ЧЕРЕЗ Р. ДНІПРО В М. КИЄВІ

У статті наведено розроблені теоретичні аспекти з розрахунку конструкцій дорожнього одягу з асфальтобетону литого Гусасфальт на тріщиностійкість від дії транспорту і температури по сезонам року. Проведені натурні та експериментальні дослідження асфальтобетону литого Гусасфальт дозволили обгрунтувати вибір товщини дорожнього одягу із заданою довговічністю.

Ключові слова: асфальтобетон литий «Гусасфальт»; гідроізоляція «Елімінатор»; тріщиностійкість, колієстійкість, асфальтобетонне покриття.

Рис 14. Табл 4. Літ 10

А.Н.Онищенко Н.П.Кузьминец, В.С.Прикладовский, А.С.Ризниченко, С.Ю.Аксенов
ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ИЗ АСФАЛЬТОБЕТОНА
ЛИТОГО ГУСАСФАЛЬТ ПОВЫШЕННОЙ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ И
КОЛЕЕСТОЙКОСТИ ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ ЮЖНОГО
МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ Р. ДНЕПР В Г. КИЕВЕ

В статье приведены разработанные теоретические аспекты по расчету конструкций дорожной одежды из асфальтобетона литого Гусасфальт на трещиностойкость от воздействия транспорта и температуры по сезонам года. Проведенные натурные и экспериментальные исследования асфальтобетона литого Гусасфальт позволили обосновать выбор толщины дорожной одежды с заданной долговечностью

Ключевые слова: асфальтобетон литой «Гусасфальт»; гидроизоляция «Элиминатор»; трещиностойкость, колеестойкость, асфальтобетонное покрытие

A.Onishchenko, M.Kuzminets, V.Prykladovsky, O.Riznichenko, S.Aksenov
RATIONALE FOR CONSTRUCTION OF ROAD PAVEMENT OF ASPHALT CONCRETE
CAST HUSASFALT OF HIGH CRACK RESISTANCE AND RUT RESISTANCE FOR METAL
SPANS OF SOUTH BRIDGE ACROSS THE RIVER DNIEPER IN KYIV

The article presents a literary analysis that allowed developing theoretical aspects of the analysis of structures of pavement with asphalt concrete cast Husasfalt to crack from the effects of transport and temperature on the season. Conducted field research on a review of existing defect coverage and to determine the strain arising from the bridge spans and experimental studies of molten asphalt Husasfalt, including the determination of durability, tensile strength in bending, rut resistance, shear resistance and indentation depth term-rheology establish its characteristics and determine the stress road to the pavement on the bridge using the "Ansys". These studies showed that the motion of the vehicle on the bridge console pavement inertial forces acting on the fluctuations of the console, which increase the pressure axis at least 1.2 times. When comparing the results of research of rut resistance found that "Husasfalt" with a maximum particle size of 15 mm grains more resistant of rut resistance 1.3-1.4 times compared with "Husasfalt" with a maximum particle size of grains of 10 mm. Results indication of durability of asphalt cast " Husasfalt " showed that the durability of asphalt concrete cast "Husasfalt" with a maximum particle size of 15 mm larger grains in 1.03-1.04 times in comparison with cast asphalt "Husasfalt" with a maximum particle size of grains of 10 mm. These studies justify the thickness of the pavement with a given durability. These results allow us to recommend the use of asphalt concrete cast "Husasfalt" with a maximum particle size of grains of 15 mm in the bottom cover on the roadway South bridge, and at the top "Husasfalt" with a maximum particle size of grains of 10 mm.

Key words: asphalt concrete cast "Husasfalt"; waterproofing "eliminator"; crack resistance, rut resistance, asphalt pavement.

Постановка проблеми. Мостові споруди є важливою складовою транспортної мережі не тільки міст, але й цілої держави. Щорічно в Україні з'являються тисячі нових автомобілів, що призводить до зміни складу руху автомобільних потоків, збільшення вантажопідйомності та швидкості руху. В більшості Європейських країн введені обмеження щодо руху великовагових транспортних засобів по мостовим спорудам з метою забезпечення більшого терміну служби покриття і конструктивних елементів мостів, адже дорожній одяг на штучних спорудах працює в більш несприятливих умовах і відповідно до нього висувуються більші вимоги, ніж до нежорсткого дорожнього одягу. Дорожній одяг на мостових спорудах повинен бути стійкими до колієутворення при високих температурах, а також стійким до тріщиноутворення від дії

транспорту та коливання температури. У зв'язку з переліченими умовами виникає потреба в розробці і обґрунтуванні вибору конструкцій дорожніх одягів на мостових спорудах з підвищеною довговічністю при використанні якісних, нових, економічних матеріалів, що відповідають вимогам сучасних нормативних документів щодо експлуатації і проектування конструкцій дорожніх одягів.

Аналіз останніх досліджень. В Україні на автомобільних шляхах експлуатуються близько 16,1 тис. мостів і шляхопроводів. Які побудовані за нормами 1962 р. (63 %) та 1986 р. [1]. Найбільш розповсюдженим покриттям (більше 90 %) на мостах та шляхопроводах, як і на самих автомобільних дорогах є асфальтобетон. Досвід експлуатації мостів показує, що забезпечити стійку роботу захисної-зчпної системи дорожнього одягу мостів – асфальтобетонного покриття - можливо тільки при умові забезпечення спільної роботи матеріалів дорожньої конструкції, яка має різні деформативні властивості. Обстеження і аналіз конструкцій дорожнього одягу мостів свідчить, що традиційно застосовуючи склади захисних шарів асфальтобетонного покриття не в повній мірі відповідають умовам експлуатації мостів. При цьому відсутнє зчеплення асфальтобетону з епоксидно-гудронним шаром гідроізоляції, що відповідно призводить до появи різних видів деформацій: зсувів, колій, тріщин, а також до того, що термін служби дорожнього одягу не перевищує двох років.

Метою роботи є обґрунтування дорожнього одягу підвищеної тріщиностійкості та колістійкості для металеві прогону будови південного мостового переходу через р. Дніпро (далі – ПМП) за рахунок теоретичних та експериментальних досліджень.

З метою оцінки сучасного стану ПМП було проведено огляд дефектів асфальтобетонного покриття по кожній смузї руху, а також спільно з д.т.н., проф. Редченко В. П. були виконані дослідження деформацій, які виникають в прогонів будові мосту під час руху транспорту (рис. 1.1, 1.2).

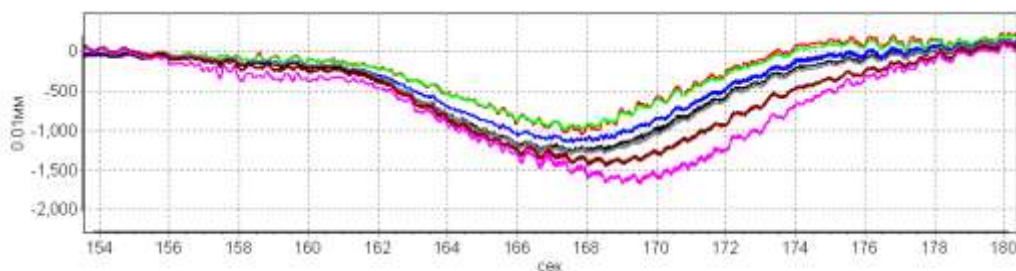


Рис. 1.1. Проїзд поїзда метрополітену, картина деформації поперечника

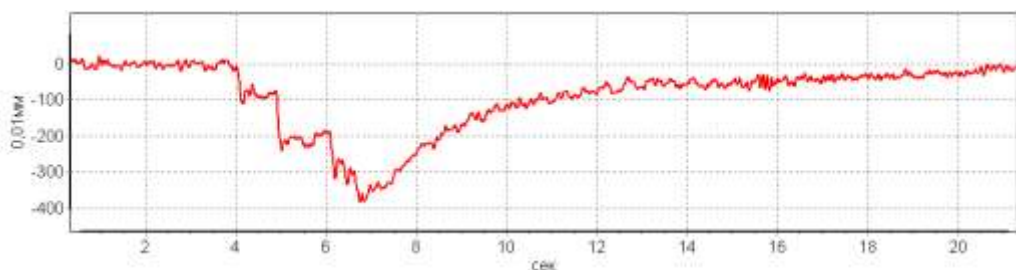


Рис. 1.2. Проїзд одиночної вантажівки (5 осей) Добре видно різке навантаження від кожної осі та поступове зменшення прогину при віддаленні вантажівки

Було встановлено, що власна частота коливань консолі близька до 7,4 Гц (за формою без викривлення фасадної лінії). Коливання консолі завантаженої автомобілем відбуваються за різними формами викривлення фасадної лінії в діапазоні частот від 4,5 Гц до 13,0 Гц. При цьому під час проїзду поїзда метро явно відбуваються підсилення амплітуд коливань консолі на частотах близьких до 8,5 Гц.

Отримані дослідження показали, що при русі транспортного засобу по консолі мостового полотна ПМП діють сили інерції від коливань консолі, які збільшують тиск осі як мінімум в 1,2 рази. Це свідчить про те, що необхідно проводити розрахунок дорожнього одягу не на вісь вагою 115 кН як згідно [2] табл. 3.1, а на вісь вагою 140 кН, а з врахуванням можливих перевантажень на вісь 150-160 кН табл. 3.2 для забезпечення необхідної тріщиностійкості асфальтобетонного покриття на ПМП.

Внаслідок чого були розроблені концептуальні положення з підвищення тріщиностійкості дорожнього одягу на ортотропній плиті ПМП.

Методика розрахунку асфальтобетонного покриття на мостах з підвищеною тріщиностійкістю та колістійкістю

Для оцінки температурної тріщиностійкості асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті мосту необхідно отримати аналітичні залежності, що дозволяють прогнозувати температурні напруження в покритті при коливанні температур в добовому та річному циклах. Крім того, оцінка температурної тріщиностійкості повинна базуватися на умові граничного стану, що прогнозує утворення температурних тріщин в покритті при дії температурних напружень. З метою вирішення цих задач в даному розділі розглядаються основні розрахункові схеми роботи асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті мосту при коливанні температури та встановлюються аналітичні залежності для прогнозування температурних напружень і оцінки температурної тріщиностійкості асфальтобетонного покриття.

При виборі розрахункової схеми роботи асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті мосту з точки зору його температурної тріщиностійкості виходили з найбільш несприятливих для нього умов появи горизонтальних нормальних розтягуючих температурних напружень при зміні температури. Приймали до уваги дані багатьох дослідників про те, що основною причиною утворення температурних тріщин в асфальтобетонному покритті є температурні розтягуючі напруження, що виникають в результаті невірного скорочення розмірів покриття при його охолодженні. Для асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті мосту причиною невірного скорочення його поздовжніх розмірів є різниця коефіцієнтів лінійного температурного розширення (температурного деформування) асфальтобетону ($\alpha_{аб}$) покриття та металу ($\alpha_{осн}$) ортотропної плити. Як відомо, вони відрізняються у декілька разів, причому $\alpha_{аб} > \alpha_{осн}$. Згідно з даними науковців, вважається, що так або інакше проблеми роботи асфальтобетонного покриття в зоні деформаційного шва вирішуються. В той же час одним із найбільш поширених питань на практиці є таке, коли асфальтобетонне покриття працює сумісно із ортотропною плитою мосту і між деформаційними швами та на його поверхні з'являються поперечні тріщини. Враховуючи, що на практиці можуть зустрічатись різні випадки зв'язку між асфальтобетонним покриттям і ортотропною плитою мосту, розглядається найбільш вірогідні варіанти такої роботи: - асфальтобетонне покриття за рахунок надійної адгезії жорстко зчеплене із ортотропною плитою мосту (рис. 1.3) і при зміні температури вони температурно деформуються спільно. Горизонтальні нормальні напруження від дії транспорту можуть бути представлені схемою, що наведена на рис. .1.4.

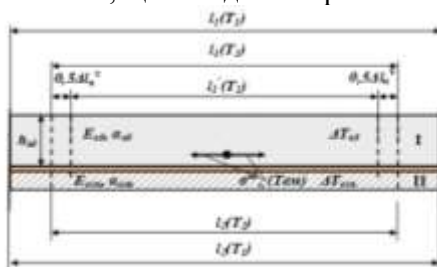


Рисунок 1.3 – Розрахункова схема асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті мосту при зниженні температури: $h_{аб}$ – товщина асфальтобетонного покриття; $E_{аб}$, $E_{осн}$ – модуль пружності відповідно асфальтобетонного покриття та ортотропної плити мосту; $\alpha_{аб}$, $\alpha_{осн}$ – коефіцієнтів лінійного температурного розширення, відповідно асфальтобетонного покриття та металу; $\sigma_{y,r,(Tem)}(t)$ – розтягуючі напруження від дії температури; $\Delta T_{аб}$, $\Delta T_{осн}$ – середня температура відповідно асфальтобетонного покриття та ортотропної плити $l_1(T_1)$, $l_2(T_1)$ – довжина відповідно асфальтобетонного покриття та ортотропної плити до початку температурного скорочення ($l_1(T_1) = l_2(T_1)$); $l_1(T_2)$, $l_2(T_2)$ – довжина відповідно асфальтобетонного покриття та ортотропної плити після температурного скорочення ($l_1(T_2) = l_2(T_2)$); $l_1'(T_2)$ – довжина асфальтобетонного покриття, яка була б при вільному температурному скороченні

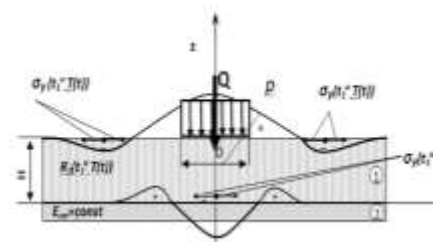


Рисунок 1.4 – Епюри горизонтальних нормальних напружень на поверхні і підшві асфальтобетонного покриття («Гусасфальту») при дії навантаження 1- асфальтобетонне покриття «Гусасфальт» (складається з двох шарів: нижнього ГА-15 товщиною від 40 до 50 мм та верхнього ГА-15 від 30 до 40 мм) та гідроізоляційний матеріал «Елімінатор»; 2 – ортотропна плита.

Знаючи приведений час та застосовуючи функцію релаксації, а також інтегральне рівняння лінійної в'язко-пружності спадкоємного типу Больцмана-Вольтера, знайдемо температурні напруження в асфальтобетонному покритті на ортотропній плиті ПМП для розробленої розрахункової схеми отримаємо

$$\sigma(t) = \int_0^t \dot{\epsilon}(\tau) R(t, \tau) d\tau, \quad (1)$$

де $\dot{\epsilon}(\tau) = k \alpha g \dot{t}$.

Нормальні розтягуючі напруження в асфальтобетонному покритті від дії транспорту можуть бути визначені використовуючи формулу:

$$\sigma = \frac{M}{B} \quad (2)$$

Для визначення горизонтальних нормальних напружень при коливанні температури доцільно для граничного стану асфальтобетону використати критерій Бейлі [3, 4] для міри пошкодженості:

$$M_{Tem} = \int_0^{t_p} \frac{\sigma^{a_b}(t)^{b(t,T)}}{B_t(t,T)} dt \quad (3)$$

де B , b_t - постійні, в різній степені залежні від температури (наприклад, B_t значно сильніше залежить від температури T , ніж b_t).

Для визначення горизонтальних нормальних напружень при дії транспортного навантаження можна використати міру пошкодженості асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті мосту, від дії транспорту, що буде мати вигляд:

$$M_{TP} = \sum N_P \quad (4)$$

де K_y - коефіцієнт умови роботи, що відображає матеріалоемні, експлуатаційні та конструктивні фактори; $K_{від}$ - коефіцієнт відновлення асфальтобетонного покриття за даними робіт В.В. Смолянця та В.В.Мозгового [3, 5], що рівний 0,85; B , b - параметри функції довговічності; $[C_{TP}]$ - гранично допустиме значення міри пошкодженості асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті, приймається рівним добутку коефіцієнтів: коефіцієнту довготривалої водостійкості, морозостійкості і агресивної водостійкості ($C_{TP} = K_{вд}^1 \times K_{мрз} \times K_a$); $\sum N_P$ - сумарна кількість проїздів розрахункового навантаження за термін служби асфальтобетонного покриття на ортотропній плиті ПМП [2].

Загальну міру пошкодженості асфальтобетонного покриття на штучних спорудах можна представити у вигляді:

$$M_{total} = \dots \quad (5)$$

У даному випадку міра пошкодження від зміни напружень з урахуванням сезонних добових і річних температурних коливань, а також від дії транспортних засобів (3) визначається за наступною залежністю:

$$\dots \quad (6)$$

де $n_{i(l)}$, $n_{i(o,e)}$, $n_{i(s)}$ - період сезону: літній, осінньо-весняний та зимовий відповідно; B_l , $B_{o,e}$, B_s , $b\tau_l$, $b\tau_{o,e}$, $b\tau_s$ - параметри функції довговічності асфальтобетону; $\sigma^{ab} = \sigma_{l,o,e,s}^p + \sigma_{l,o,e,s}^d$ - температурні

напруження в асфальтобетонному покритті, що залежать як від річних так і добових коливань в залежності від сезону.

З урахуванням представлених залежностей пропонується визначити розрахунковий термін служби T_p (в роках) асфальтобетонного покриття, за аналітичною залежністю:

$$T_p = \frac{[M] \cdot [K] \cdot [L]}{[N] \cdot [O] \cdot [E] \cdot [S]} \cdot [T] \quad (7)$$

де $T_{роз}$ - проектний строк служби асфальтобетонного покриття проїзної частини мостових споруд, що становить 15 років згідно з п.7.2.5 [6].

Експериментальні дослідження. В якості дорожнього одягу на ортотропній плиті ПМП у відповідності вимог [6] необхідно застосовувати водонепроникне покриття з мастикасфальту, Гусасфальту, епоксидасфальту або інші з проектним строком служби 15 років і більше. Досліди проводились з використанням литого Гусасфальту, оскільки він найчастіше використовується в якості асфальтобетонного покриття на мостах. Для визначення стандартних фізико-механічних та розрахункових характеристик асфальтобетону литого «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 10 мм і 15 мм було запроєктовано зерновий склад суміші асфальтобетонної литої у відповідності до [7]. При виготовленні асфальтобетону литого «Гусасфальт» використовували бітум, модифікований полімером, який відповідав вимогам [8].

Були встановлені коефіцієнти температурно-часового зміщення литого асфальтобетону «Гусасфальт» (табл. 2, 3), а також параметри функції довговічності (табл. 4).

Таблиця 2

Експериментально встановлено коефіцієнти температурно-часового зміщення $\alpha_T(T)$ асфальтобетону литого «Гусасфальт» і температурної чутливості p при $Q=20^\circ\text{C}$

Позначення складу	$\ln \alpha_T(T)$ при (v $^\circ\text{C}$)					p , град $^{-1}$
	45	30	10	0	-10	
Гусасфальт -15	6,25	2,5	-2,5	-5	-7,5	0,25
Гусасфальт -10	6,0	2,4	-2,4	-4,8	-7,2	0,24

Таблиця 3

Термореологічні характеристики асфальтобетону литого

Позначення складу	Параметри функції температурно-часового зсуву		Параметри функції релаксації			
	T_s , $^\circ\text{C}$	P , град $^{-1}$	H , МПа	B , МПа	r , с	m
Гусасфальт -15	20	0,25	31	30800	$0,6 \cdot 10^{-5}$	0,35
Гусасфальт -10	20	0,24	29	29985	$0,6 \cdot 10^{-5}$	0,35

Таблиця 4

Визначення показника довговічності асфальтобетону литого «Гусасфальт»

Показники функції довговічності		m	Температура, $^\circ\text{C}$	Асфальтобетон литий
b	B			
2,67	3,076	0,37	20 $^\circ\text{C}$	ЛАБ-10
2,78	3,195	0,36	20 $^\circ\text{C}$	ЛАБ-15
5,20	6,351	0,19	0 $^\circ\text{C}$	ЛАБ-10
5,38	6,451	0,19	0 $^\circ\text{C}$	ЛАБ-15

Для визначення розрахункового опору розтягу при вигині, скористаємося отриманими результати границі міцності на розтяг при вигині асфальтобетону литого «Гусасфальт» наведені в таблиці 5.

Таблиця 5

Визначення міцності на розтяг при згині асфальтобетонних зразків - балочок

Шифр	T, °C	V, мм/хв	l, см	R зг., МПа Середнє значення	Сер. квадратичне відхилення, σ	Коефіцієнт варіації, Кв%
ГА-10	20	128	12	4,87	0,26	5,38
		100	14	4,43	0,70	15,84
	0	128	12	15,22	0,77	5,07
		100	14	14,97	0,43	2,88
ГА-15	20	128	12	6,10	0,62	10,21
		100	14	4,76	0,41	8,63
	0	128	12	15,38	1,29	8,39
		100	14	16,07	1,30	8,09

Дані результати показують суттєву зміну границі міцності на розтяг при згині «Гусасфальт» від швидкості випробувань і температури. Така асфальтобетон литий «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 15 мм при температурі 20 °C та 0 °C і швидкості випробування 128 мм/хв та 100 мм/хв. більша міцність на розтяг при згині в 1,1-1,25 рази у порівнянні з «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 10 мм, а «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 15 мм при температурі 0 °C і швидкості випробування 128 мм/хв та 100 мм/хв. більша міцність на розтяг при згині в 1,1-1,25 рази у порівнянні з «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 10 мм.

Результати показника довговічності асфальтобетону литого «Гусасфальт» (табл. 6) показали, що довговічність в асфальтобетоні литому «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 15 мм більший в 1,03-1,04 рази у порівнянні з асфальтобетоном литим «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 10 мм.

Проведені випробування по визначенню глибини вдавлювання штамп, відповідно до [8], на зразках-кубах розміром 7,07×7,07×7,07 (см), вдавлювання штамп площею 5 см² за температури 40 °C після 30 хв, 60 хв дії навантаження 525 Н показав, що асфальтобетон литий «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 15 мм та 10 відповідає вимогам згідно [8, 9]. Отримані результати показали, що «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 15 мм більш стійкий до вдавлювання штамп в 1,2 рази у порівнянні з Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 10 мм.

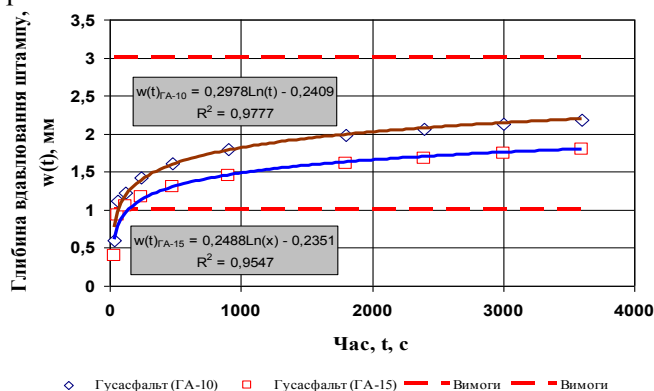


Рисунок 1.5. Залежність глибини вдавлювання штамп в асфальтобетоні литому «Гусасфальт» від часу дії навантаження.

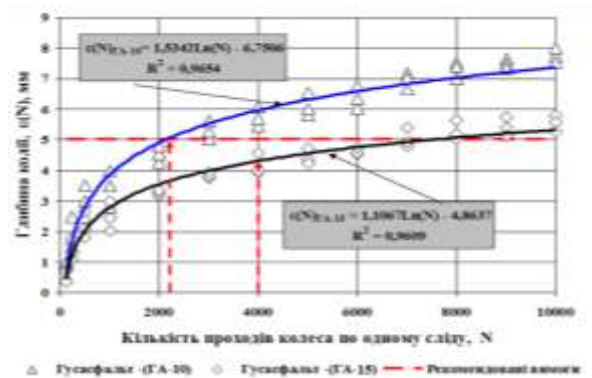


Рисунок 1.6. Залежність глибини колії асфальтобетону литого «Гусасфальт» від кількості проходів огуленого колеса по одному сліду

В той же час, аналіз отриманих результатів глибини колії асфальтобетону литого «Гусасфальт» перевіряли відповідність вимогам (рис. 1.6). Так наприклад «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 15 мм (ГА-15), після двох тисяч проходів колеса глибина колії від

нормативного значення 5 мм менше на 0,65 рази для «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 10 мм (ГА-10) менше на 0,91 рази, після чотирьох тисяч для ГА-15 менше на 0,83 рази, а для ГА-10 більше 1,2 рази, після шести тисяч для ГА-15 менше на 0,92 рази, а для ГА-10 більше 1,28 рази, після восьми тисяч для ГА-15 більше на 1,1 рази, а для ГА-10 більше 1,46 рази, після десяти тисяч для ГА-15 більше на 1,11 рази, а для ГА-10 більше 1,55 рази. Результати показали, що «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 15 мм відповідає нормативним вимогам після проходу колеса по одному сліду 4000 тисячі. Порівняння результатів показали, що «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 15 мм більш стійкий до колієутворення в 1,3-1,4 рази у порівнянні з Гусасфальт з максимальною крупністю зерен 10 мм.

Отримані результати дозволяють нам рекомендувати застосування асфальтобетону литого «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 15 мм в низу покриття на проїзній частині Південного мостового переходу, а у верху «Гусасфальт» з максимальною крупністю зерен 10 мм.

Для комплексного дослідження характеристик литого асфальтобетону «Гусасфальт», були виконані випробування по визначенню міцності зчеплення між асфальтобетоном литим «Гусасфальт» з гідроізоляцією та основою при зсуві (рис. 1.7, 1.8), деякі з результатів випробувань представлені в табл. 5.



Рис. 1.7. Зразки-композити термостатуються в сушильній шафі при температурі 50 °С



Рис. 1.8. Перевірка міцності зчеплення між Гусасфальтом і гідроізоляцією «Елімінатор», яка знаходиться на металевому диску

Таблиця 6

Розрахункове граничне напруження при зсуві

Напруження на контакті шарів при гальмуванні	Параметри режиму випробувань		Зсувне дотичне зусилля, кгс			Коефіцієнт тертя, f	Питоме зчеплення С, МПа	Розрахункове дотичне напруження, МПа для розрахункових автомобілів /коэф. запасу			Примітка
	Тиск на зразок σ , МПа	Швидкість ходу плити пресу, мм/хв	Середнє значення, $T_{(ср)}$	Коефіцієнт варіації, Кв, %	Експериментальне значення дотичного напруження $T_{(МПа)}$			А1	А2	Б	
повільному	0,3	3	503	10,20	0,30	0,61	0,12	<u>0,61</u>	<u>0,48</u>	<u>0,42</u>	Асфальтобетон литий Гусасфальт ГА-15+гідроізоляція Елімінатор+металева основа
	0,7		909	8,93	0,54			1,36	1,50	1,68	
екстремальному	0,3	100	697	8,77	0,42	0,74	0,20	<u>0,79</u>	<u>0,64</u>	<u>0,56</u>	
	0,7		1190	12,55	0,71			1,41	1,52	1,60	

Із отриманих даних (табл. 6) видно, що коефіцієнти запасу міцності по розрахунковому граничному напруженні при зсуві між асфальтобетоном литим «Гусасфальт» ГА-15 і гідроізоляцією «Елімінатор» та металевою основою складають для розрахункових автомобілів групи А1 від 1,31 (1,30), для розрахункових автомобілів групи А2 – від 1,47 (1,54), для розрахункових автомобілів групи Б – від 1,60 (1,78), значення коефіцієнтів запасу міцності по розрахунковому граничному напруженні при зсуві в дужках відповідають випробуванням при екстремальному гальмуванні, а в не дужках при повільному гальмуванні відповідно до [10].

Результати експериментального та розрахункового визначення граничних температурних напружень та часу до руйнування зразків литого асфальтобетону після десяти циклів охолодження наведені в табл. 7. Вони свідчать, що результати експериментальних випробувань підтверджують теоретичні розрахунки.

Таблиця 7

Результати дослідження тріщиностійкості асфальтобетону литого Гусасфальт ГА - 15

Кількість циклів	Час до руйнування експер., $t_p^{експ}$, с	Граничне напруження експер., $\sigma^{експ}$, (при $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V\sigma=0,039\text{ МПа/с}$), МПа	Час до руйнування теор. t_p^m , с	Граничне напруження теор., $\sigma^{теор}$, (при $T=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $V\sigma=0,039\text{ МПа/с}$), МПа	δ_{σ} , %
0	108	4,227	103	4,409	4,13
10	2497,2	3,804	2493,322	3,950	3,69

Із даних результатів (табл. 7) випливає, що вплив попередньо створених температурних напружень при десяти циклах охолодження – нагрівання на зменшення механічної втоми асфальтобетону литого показав, що міцність його зменшилась в 1,1 рази. Це свідчить про те, що асфальтобетон литий «Гусасфальт» володіє високою еластичністю (деформативністю) при низьких температурах, це дозволяє йому не пошкоджувати свою структуру при коливанні температур. Тому ці результати, ще раз підтверджують про доцільність застосування асфальтобетону литого «Гусасфальт» на ортотропній плиті ПМП. Отримані результати свідчать, що теоретичні розрахунки задовільно узгоджуються з експериментальними даними. Це вказує на можливість застосування аналогічних залежностей, отриманих на основі положень кінетичної теорії міцності твердих тіл для розрахунку на тріщиностійкість асфальтобетонного покриття «Гусасфальт» на ПМП.

Оцінка впливу транспортних засобів на дорожнє покриття ПМП

Застосування чисельного моделювання обумовлюється тим, що схеми навантаження ускладнюються і потребують просторового вирішення задачі з метою підвищення якості проектування покриття мостового переходу. Тривимірне моделювання має за основну мету усунути недоліки дослідження силового навантаження та міцнісних характеристик покриття під навантаженням від транспорту у плоскій постановці. Це дає можливість більш об'єктивно оцінити ефективність взаємодії ходового обладнання транспорту з покриттям мостового переходу з огляду на мінімальну зміну покриття.

Для цього широко застосовують інженерно-розрахункові комплекси типу Ansys, SolidWorks, Inventor та ін., які дозволяють, використовувати встановлені особливості поведінки покриття під навантаженням.

Використання таких комплексів дозволяє зменшити терміни виконання технічних розрахункових операцій суттєво скоротити термін отримання результатів досліджень та строки проектування. Крім кількісних показників, використання таких комплексів дозволяє отримати візуально якісну картину отриманих результатів.

Модель частини мостового переходу виконана в середовищі Mechanical Desktop.

На покриття мостового переходу діє тиск P від коліс транспортних засобів, що рухаються в три ряди по мостовому переходу. Тиск P рівномірно по відбитку контакту. Відстань між колесами прийнята 2100 мм. Покриття розглядається при виконанні розрахунків як пружне тіло та статично не визначена конструкція мостового переходу.

В якості змінних факторів, які на нашу думку чинитимуть найбільш суттєвий вплив на зміну напруженого стану покриття (розтягуючи напружень), при інших незмінних умовах, прийнято наступні: X_1 – товщина покриття, h , мм; X_2 – тиск від транспортних засобів на покриття, P , МПа; X_3 – модуль пружності покриття, E , МПа; X_4 – діаметр відбитку контакту, D , мм.

Рівні змінних факторів та інтервали їх варіювання вибрані на основі аналізу типів покриття, його властивостей, навантажень та відбитку контакту від транспортних засобів/

При зміні значень будь яких вихідних факторів є можливість отримання функціональної залежності напружень в характерних точках від зміни цього фактору. Визначення напруженого стану в точках масиву покриття від зміни декількох факторів потребує проведення факторних експериментів з об'єктивним вибором комбінацій значень необхідних параметрів. У результаті можна отримати математичну модель (ММ) напружень в характерних точках ґрунтового масиву від зміни виду зовнішніх факторів.

Типовий приклад результату розподілу полів деформацій частині мостового переходу, при навантаженні його ходовим обладнанням транспорту наведено на рис. 1.9.

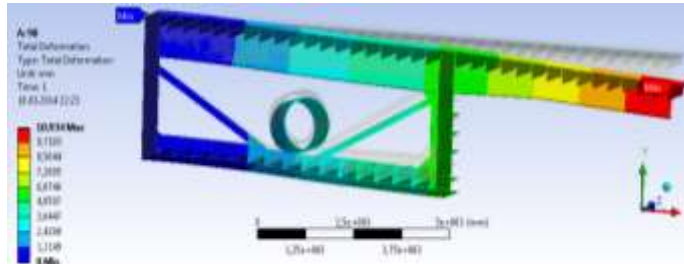


Рис. 1.9 . Поля деформацій мостового переходу від дії транспорту

На основі отриманих результатів можна зробити висновок про те, що максимальні поля деформацій розповсюджуються в консольній частині споруди. Максимальні деформації складають 10,9 мм. Такі результати збігаються з даними, що отримані у результаті експериментальної перевірки деформацій у консольній частині моста від дії транспорту. Отримані дані складають 10мм. Різниця не перевищує 9%, що може свідчити про достатньо високу збіжність результатів отриманих експериментально та на моделі.

Аналіз ступеню впливу вихідних факторів $X_1...X_4$ та їх комбінацій на зміну значень нормальних розтягуючих напружень по осі OX в верхньому шарі покриття дозволяє зробити висновки про те, що серйозний вплив чинять: зменшення товщини покриття та модуля пружності покриття, а також зростання тиску від транспортних засобів та діаметра відбитку контакту.

Нашим завданням стоїть визначити раціональні значення товщини покриття, аби значення нормальних розтягуючих напружень по осі OX в верхньому шарі покриття були допустимими так мінімальними.

За результатами виконаних чисельних досліджень наведемо графічні залежності зміни нормальних розтягуючих напружень в покритті при зміні товщини шару h . На рис. 1.10. побудовано залежність приведену зміна нормальних розтягуючих напружень в покритті при зміні товщини шару h при тиску на покриття 0,8 МПа, та діаметрі контакту 300 мм.

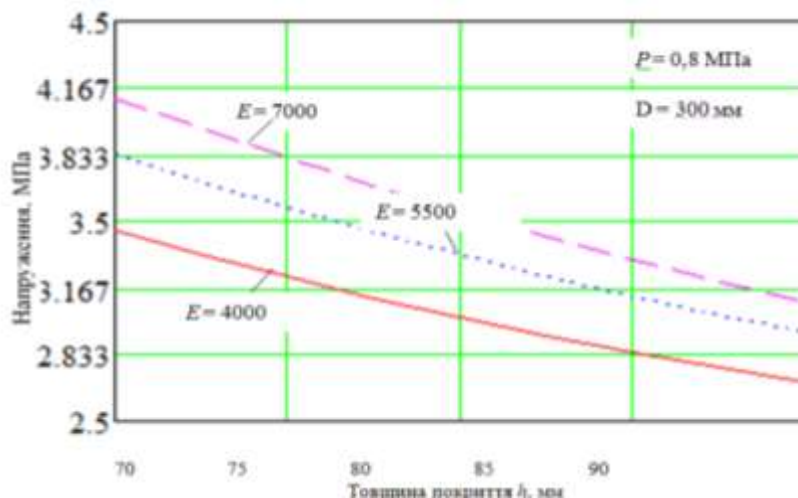


Рис. 1.10. Зміна нормальних розтягуючих напружень в покритті при зміні товщини шару h

Аналіз таких залежностей підтверджує прогноз про те, що збільшення товщини шару покриття призводить до зменшення розтягуючи напружень в ньому (рис. 1.11), вплив товщини

покриття і модуля пружності матеріалу, а також тиску на покриття і діаметру штампу на нормальні розтягуючі напруження представлено на рис. 1.12 – 1.13.

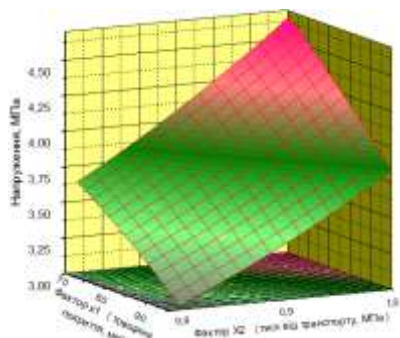


Рисунок 1.11 – Зміна нормальних розтягуючих напружень в покритті при зміні товщини шару h та тиску транспорту на поверхню

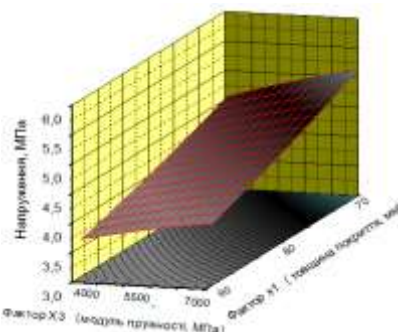


Рисунок 1.12 – Зміна нормальних розтягуючих напружень в покритті при зміні товщини покриття та модуля пружності матеріалу

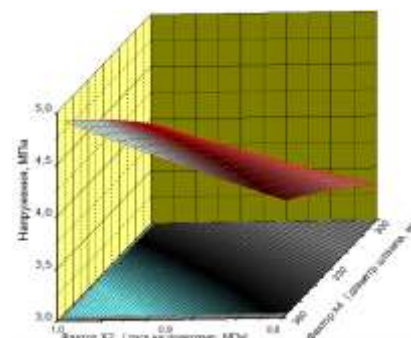


Рисунок 1.13 – Зміна нормальних розтягуючих напружень в покритті при зміні тиску на покриття та діаметра штампа

Аналіз результатів досліджень дозволяє зробити висновки, що найменші значення розтягуючих напружень в покритті буде спостерігатись при товщині покриття 90 мм та діаметрі штампа 300 мм. При цьому напруження в покритті не перевищуватимуть 3,7 МПа.

У відповідності до розрахунків та експериментальних досліджень можна рекомендувати варіанти товщини асфальтобетонного покриття литого системи «Гусасфальт» та гідроізоляції «Елімінатор» для застосування на Південному мостовому переході відповідно до рисунку 1.14, наведено в таблиці 7.

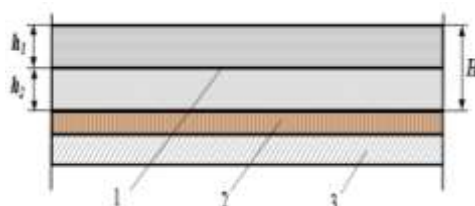


Рис. 1.14. Схема асфальтобетонного покриття: 1 – шари литого асфальтобетону «Гусасфальт»; 2- мембрана Eliminator ®; 3 – ортотропна плита; h_1 – товщина верхнього шару покриття; h_2 – товщина нижнього шару покриття; H – товщина литого асфальтобетонного покриття «Гусасфальт».

Таблиця 7

Рекомендовані товщини покриття з «Гусасфальта»

Загальна товщина покриття з «Гусасфальта», H , мм	Товщина нижнього шару ГА-15 h_1 , мм	Товщина нижнього шару ГА-10 h_2 , мм	Розрахунковий експлуатаційний термін служби покриття, t^* років	
			При розрахунковому тиску	
			0,8 МПа	1,0 МПа
70	40	30	18,9	16,0
80	40	40	25,2	18,9
90	50	40	30,0	21,4

Висновки. Встановлено існуючі деформації, які виникають на ПМП, здійснено моделювання напружено-деформативного стану конструкції проїзної частини мосту за допомогою відповідних програм. Розроблено і обґрунтовано вибір конструкції асфальтобетонного покриття на мостах з використанням Гусасфальту різної гранулометрії, визначені його фізико-механічні характеристики, встановлено, що зі збільшенням товщини дорожнього одягу термін експлуатації асфальтобетонного покриття на мостах суттєво підвищується.

1. Коваль П. М. Характеристика технічного стану існуючих мостів України // Дороги і мости. Збірник наукових статей. Вип.1. – Київ, 2003. – с.15 – 22.
2. ВБН В.2.3-218-186-2004. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу
3. Мозговой В.В. Научные основы обеспечения температурной трещиностойкости асфальтобетонных покрытий: Дис. ... докт. техн. наук: 05.22.11 - К., 1996 – 406 с.
4. Іщенко О.М. Розробка методики розрахунку на температурну тріщиностійкість асфальтобетонного покриття штучних споруд автомобільних доріг: Дис. ... канд. техн. наук: 05.22.11 – К., 2003.– 136 с.
5. Смолянець В. В. Дослідження тріщиностійкості асфальтобетонних шарів міських вулиць і доріг // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, 2004, випуск№70. – Київ, Національний транспортний університет. – С. 22-31.
6. ДБН В.2.3-22:2009 Мости та труби. Основні вимоги проектування
7. ТУ У В.2.7-23.9-37566239-001:2012. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон литі “Гусасфальт”
8. ДСТУ Б В.2.7-135:2007. Будівельні матеріали. Бітуми дорожні, модифіковані полімерами. Технічні умови
9. СОУ 42.1-37641918-106:2013. Будівельні матеріали. Суміші асфальтобетонні та асфальтобетон литі. Технічні умови.
10. СОУ 45.2-00018112-046:2009. Асфальтобетон дорожній. Методика оцінки зчеплення між асфальтобетонними шарами при зсуві.

Стаття надійшла до редакції 06.04.2014