

УДК 625.032.32  
UDC 625.032.32

## ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОЦІНКА ЗАЛИШКОВИХ ДЕФОРМАЦІЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРИТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДУ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

*Онищенко А.М.*, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

*Худолій С.М.*, кандидат технічних наук, Національний транспортний університет, Київ, Україна

*Гаркуша М.В.*, Національний транспортний університет, Київ, Україна

*Лежук О.М.*, Національний транспортний університет, Київ, Україна

## PREDICTION AND ASSESSMENT OF RESIDUAL STRAIN OF ASPHALT PAVEMENT USING FINITE ELEMENT METHOD

*Onischenko A.M.*, Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

*Khudolii S.M.*, Ph.D., National Transport University, Kyiv, Ukraine

*Garkusha M.V.*, National Transport University, Kyiv, Ukraine

*Leshchuk O.M.*, National Transport University, Kyiv, Ukraine

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

*Онищенко А.Н.*, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

*Худолій С.Н.*, кандидат технических наук, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

*Гаркуша Н.В.*, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

*Лежук О.Н.*, Национальный транспортный университет, Киев, Украина

### Постановка проблеми.

В останні роки одними із найпоширеніших дефектів, що виникають в асфальтобетонному покритті і зменшують його термін служби є колійність.

Недостатня стійкість асфальтобетонного покриття автомобільних доріг і вулиць до колійності з утворенням зсувів, напливів, колій суттєво знижує як міцність всієї конструкції дорожнього одягу, так і особливо рівень безпеки руху за рахунок створення ефекту аквапланування в місцях застою води та зимової слизькості.

Утворення колійності значно погіршує рівність покриття, комфортність руху та негативно впливає на безпеку руху, призводить до швидкого зносу транспортних засобів, підвищення витрат пального, погіршення екологічної обстановки та збільшення собівартості перевезень.

При експлуатації автомобільних доріг колія є одним із найбільш небезпечних видів деформацій і руйнувань, що суттєво погіршують безпеку дорожнього руху [1]. Згідно існуючих правил ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України поява колії на проїзній частині доріг, що експлуатуються, недопустима, а та, що виникла, підлягає терміновій ліквідації [2].

Ремонт колійності та інших видів руйнувань, що виникли із-за їх появи, вимагають додаткового збільшення витрат у середньому на 200%. Тому у зв'язку з широким поширенням і великим обсягом будівництва асфальтобетонних покриттів, а також через значні невиправдані витрати в результаті передчасного утворення колії питання забезпечення колієстійкості є досить актуальним.

Таким чином, проведення моделювання методом скінчених елементів напружено-деформованого стану нежорсткого дорожнього одягу під дією одиничного навантаження є актуальним для прогнозування колійності покриття, з урахуванням спільного впливу високої температури та дії транспортних засобів.

**Аналіз досліджень і публікацій.**

Результати досліджень [3, 4] вказують, що пластичні деформації асфальтобетонного покриття пов'язані із числом циклів впливу навантаження, тривалістю навантаження, величиною навантаження на вісь, властивостями асфальтобетону й природньо-кліматичними умовами.

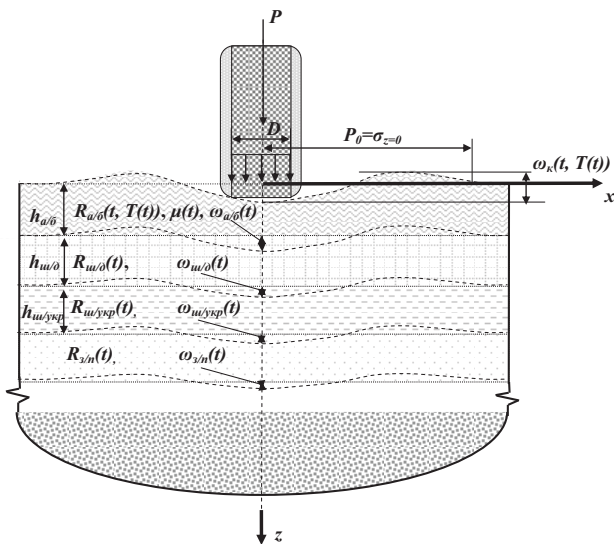
Конструкція нежорсткого дорожнього одягу сприймає різні види статичного й динамічного впливу від навантаження коліс автомобільного транспорту, що призводить до зворотних та незворотних деформацій, від характеру й величини яких залежить термін служби [26, 40] автомобільної дороги.

В дослідженнях авторів [3, 5] було детально розглянуті питання виникнення прогинів дорожньої конструкції під автомобільним транспортом. Вертикальні деформації приводять до виникнення напруження, які проникають на значну глибину дорожньої конструкції. Результати дослідження свідчать, що напруження, які виникли на поверхні покриття, визначаються за інших рівних умов сумою нормальних сил, переданих на горизонтальну поверхню покриття пневматичними колесами нерухомого автотранспортного засобу.

**Мета** даної роботи полягає в проведенні моделювання методом скінчених елементів напружено-деформованого стану нежорсткого дорожнього одягу для прогнозування залишкових деформацій.

**Основна частина.**

Для визначення переміщень в асфальтобетонному покритті, відповідно до розрахункової схеми (рис. 1) та конструкції нежорсткого дорожнього одягу (табл. 1, 2) було виконано дослідження асфальтобетонного покриття методом скінчених елементів, за методологією наведеною в залежностях [6, 7], із застосуванням програмного комплексу Ansys.



$p$  – рівномірний нормальний тиск, розподілений на площі круга діаметром  $D$ ;  $V_p$  – швидкість транспортного засобу 0-60 (80) км/год;  $\mu(t)$  – коефіцієнт Пуассона, який залежать від часу дії навантаження, температури і виду матеріалу;  $T(t)$  – температура, яка залежить від часу,  $R_{a/b}(t)$ ,  $R_{ук/ш}(t)$ ,  $R_{осн}(t)$  – функція релаксації асфальтобетонного покриття, укріплених шарів, основи;  $h_{a/b}$ ,  $h_{ук/ш}$ ,  $h_{д/ш}$  – товщина асфальтобетонного покриття, укріпленого шару, дискретні шари;  $\omega_k(t, T(t))$  – залишкова деформація конструкції нежорсткого дорожнього одягу

Рисунок 1 – Розрахункова модель нежорсткого дорожнього одягу при утворенні колії

Проведено моделювання напружено-деформованого стану цих конструкцій, спричиненого дією штампю (коло радіусом 16 см) під тиском 1 МПа, методом скінчених елементів в осесиметричній та тривимірній постанові при різних граничних умовах.

Конструкції нежорсткого дорожнього одягу з товщинами шарів (для розрахунку обрано конструкції, що випробовувалися на кільцевому стенді ДП «Дорцентр»), при різних значеннях модулів пружності при температурах: +10 °С; +40°С; +50°С; +60°С наведено в табл. 1, 2.

Таблиця 1 - Товщини шарів конструкції № 1 та їх механічні властивості в залежності від температури

Шар конструкції	Назва	Товщина, h, см	Модуль пружності / Коеф. Пуасона			
			+10	+40	+50	+60
1	Асфальтобетон щільний, дрібнозернистий тип Б, марки І на бітумі модифікованому полімером БМП 60/90-52	5	4500 / 0,3	690 / 0,35	380 / 0,41	360 / 0,43
2	Асфальтобетон щільний, крупнозернистий тип Б, марки І на бітумі БНД 60/90	10	3200 / 0,3	550 / 0,35	350 / 0,41	320 / 0,43
3	Асфальтобетон пористий, крупнозернистий, марки І	10	2000 / 0,3	460 / 0,35	410 / 0,41	340 / 0,43
4	Щебінь фр. 20-40 мм	20	350 / 0,27	350 / 0,27	350 / 0,27	350 / 0,27
5	Пісок	20	100 / 0,3	100 / 0,3	100 / 0,3	100 / 0,3
6	Ґрунт земляного полотна – суглинок пілуватий	235	77 / 0,35	77 / 0,35	77 / 0,35	77 / 0,35

Таблиця 2 - Товщини шарів конструкції № 2 та їх механічні властивості в залежності від температури

Шар конструкції	Назва	Товщина, h, см	Модуль пружності / Коеф. Пуасона			
			+10	+40	+50	+60
1	Щебенево-мастиковий асфальтобетон ЩМА-20 на бітумі модифікованому полімером БМП 60/90-52	5	3500 / 0,3	600 / 0,35	360 / 0,41	330 / 0,43
2	Асфальтобетон щільний, крупнозернистий (максимальна крупність мінеральних зерен до 20 мм), тип А, марки І на бітумі БНД 60/90	8	3200 / 0,3	550 / 0,35	350 / 0,41	320 / 0,43
3	Асфальтобетон пористий, дрібнозернистий (максимальна крупність мінеральних зерен до 40 мм) марки І	8	2000 / 0,3	460 / 0,35	410 / 0,41	340 / 0,43
4	Щебенево-піщана суміш С7, укріплена цементом марки М 60	15	800 / 0,28	800 / 0,28	800 / 0,28	800 / 0,28
5	Щебенево-піщана суміш С5	18	260 / 0,3	260 / 0,3	260 / 0,3	260 / 0,3
6	Пісок	20	100 / 0,3	100 / 0,3	100 / 0,3	100 / 0,3
7	Ґрунт земляного полотна – суглинок	226	77 / 0,35	77 / 0,35	77 / 0,35	77 / 0,35

## Осесиметрична постановка

Припущення про симетричність навантаження та граничних умов дозволяє розглянути цю задачу в осесиметричній постанові. Для цього із конструкції виділяється круговий циліндр діаметром 3 м, в центрі верхньої грані якого діє тиск 1 МПа розподілений в середині кола радіусом 16 см (рис. 2, 3). Така постановка дозволяє спростити моделювання та зменшити кількість скінчених елементів.

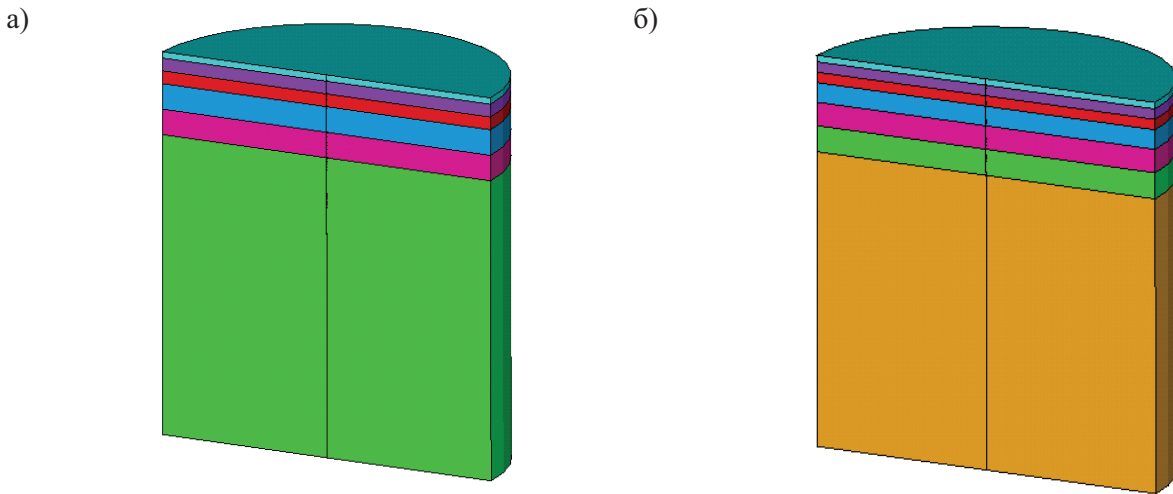


Рисунок 2 - Схема половини моделі. (а – конструкція №1, б - конструкція №2)

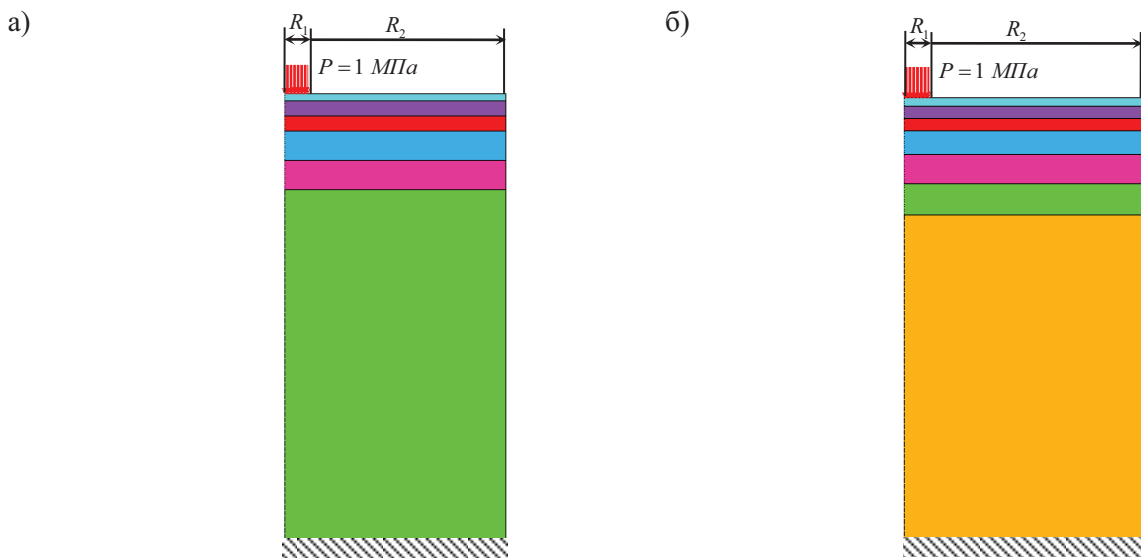


Рисунок 3 - Поперечні перетини тіл обертання що відповідають моделям (а – конструкція №1, б - конструкція №2) при осесиметричному розгляді

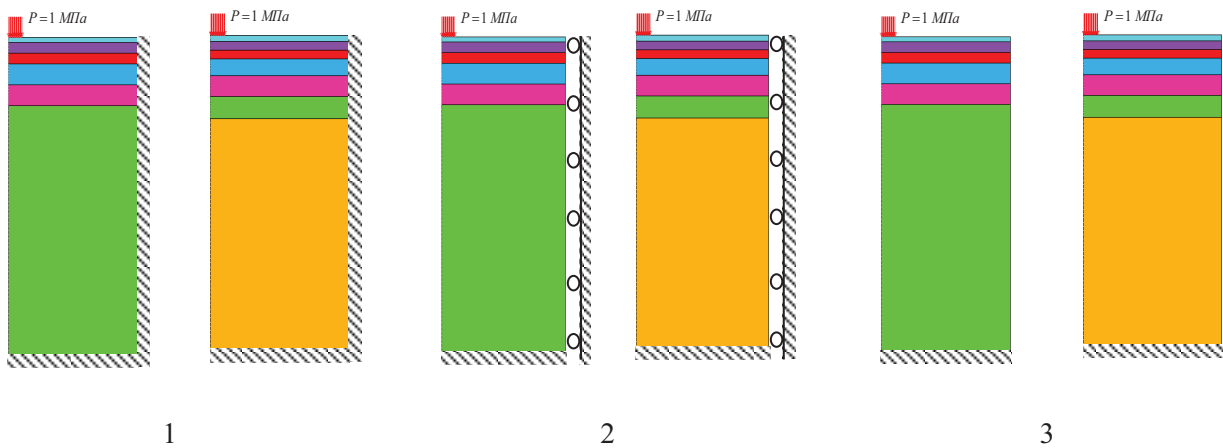


Рисунок 4 - Варіанти граничних умов

Результати максимальних переміщення під штампом для приведених конструкцій в залежності від температури та граничних умов при осесиметричному розгляді задачі наведено в табл. 3, 4.

Таблиця 3 - Максимальні переміщення під штапом для конструкції №1 в залежності від температури та граничних умов при осесиметричному розгляді задачі, мм.

Варіант граничних умов	Температура, °С			
	10	40	50	60
1) Повна заборона переміщень на бічній поверхні	0,3674	0,8066	0,9369	0,9778
2) Дозволено проковзування вздовж бічної поверхні	0,511	0,9184	1,044	1,084
3) Дозволено переміщення точок бічної поверхні	0,6992	1,103	1,226	1,265

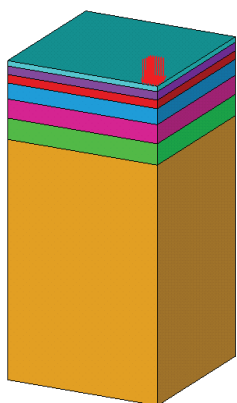
Таблиця 4 - Максимальні переміщення під штапом для конструкції №2 в залежності від температури та граничних умов при осесиметричному розгляді задачі, мм.

Варіант граничних умов	Температура, °С			
	10	40	50	60
1) Повна заборона переміщень на бічній поверхні	0,3472	0,7017	0,7936	0,8265
2) Дозволено проковзування вздовж бічної поверхні	0,4938	0,8213	0,9091	0,9409
3) Дозволено переміщення точок бічної поверхні	0,6739	1,001	1,087	1,118

Тривимірна постановка. Симетричні навантаження та граничні умови

Припущення про симетричність навантаження та граничних умов дозволяє розглянути цю задачу в тривимірній постанові. Для цього із конструкції виділяється призма, в центрі верхньої грані якого діє тиск 1 МПа розподілений в середині кола радіусом 16 см. Для розглядання такої моделі скористаємося чвертю моделі (рис. 5).

а)



б)

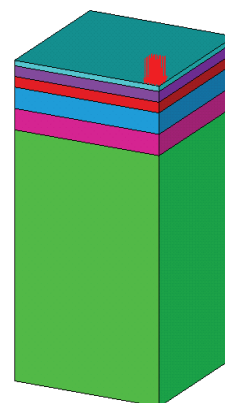


Рисунок 5 - Схема чверті моделі (а – конструкція №1, б - конструкція №2)

Для даної моделі розглянемо варіанти граничних умов: повна заборона переміщень на бічній поверхні; дозволено проковзування вздовж бічної поверхні; дозволено переміщення точок зовнішньої бічної поверхні.

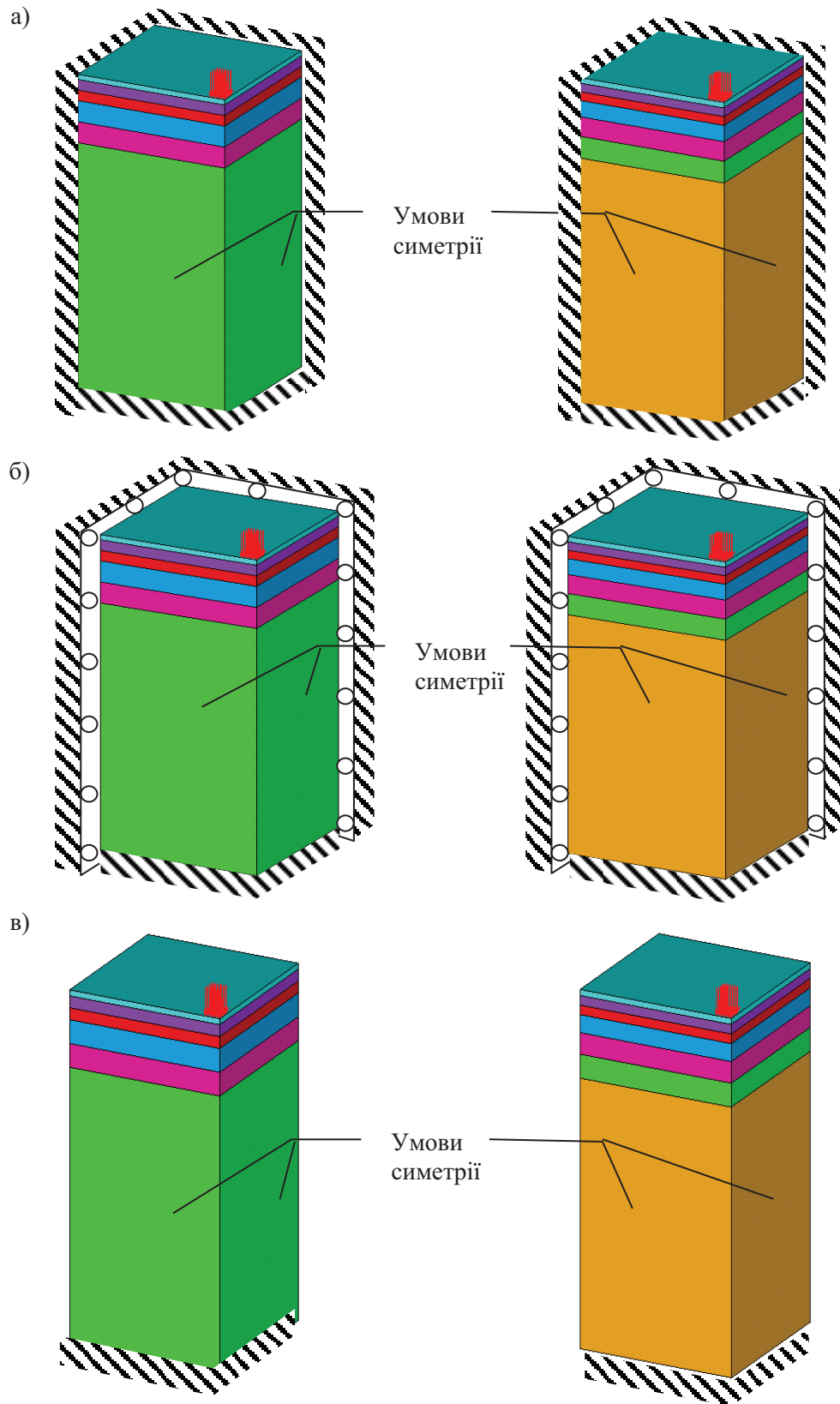


Рисунок 6 - Варіанти граничних умов: а) повна заборона переміщень на бічній поверхні; б) дозволено проковзування вздовж бічної поверхні; в) дозволено переміщення точок зовнішньої бічної поверхні.

Результати максимальних переміщення під штампом для приведених конструкцій в залежності від температури та граничних умов при тривимірній постановці задачі наведено в табл. 5, 6.

Таблиця 5 - Максимальні переміщення під штампом для конструкції №1 в залежності від температури та граничних умов, мм. Тривимірна постановка. Симетричні навантаження та граничні умови

Варіант граничних умов	Температура, °С			
	10	40	50	60
1) Повна заборона переміщень на бічній поверхні	0,3798	0,8145	0,9433	0,9831
2) Дозволено проковзування вздовж бічної поверхні	0,4860	0,8942	1,0190	1,0580
3) Дозволено переміщення точок зовнішньої бічної поверхні	0,6427	1,0440	1,1660	1,2050

Таблиця 6 - Максимальні переміщення під штампом для конструкції №2 в залежності від температури та граничних умов, мм. Тривимірна постановка. Симетричні навантаження та граничні умови

Варіант граничних умов	Температура, °С			
	10	40	50	60
1) Повна заборона переміщень на бічній поверхні	0,3589	0,7108	0,8022	0,8342
2) Дозволено проковзування вздовж бічної поверхні	0,4674	0,7969	0,8848	0,9160
3) Дозволено переміщення точок зовнішньої бічної поверхні	0,6184	0,9445	1,0310	1,0610

Тривимірна постановка. Несиметричні навантаження та граничні умови

Припущення про несиметричність навантаження та граничних умов дозволяє розглянути цю задачу в тривимірній постанові. Для цього із конструкції виділяється призма, на грань якого діє тиск 1 МПа розподілений в середині кола радіусом 16 см (рис. 7).

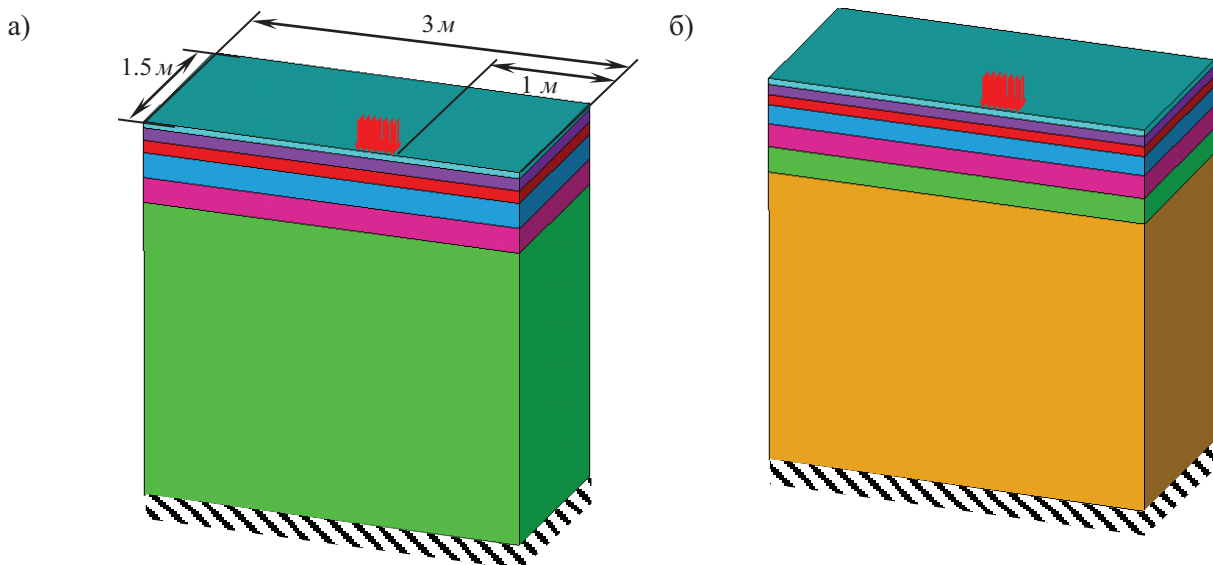


Рисунок 7 - Схема половини моделі (а – конструкція №1, б - конструкція №2)

Для даної моделі розглянемо варіанти граничних умов: повна заборона переміщень на бічній поверхні; дозволено проковзування вздовж бічної поверхні; дозволено проковзування вздовж внутрішньої бічної поверхні і переміщення точок зовнішньої бічної поверхні; на бічній поверхні немає обмежень (рис. 8).

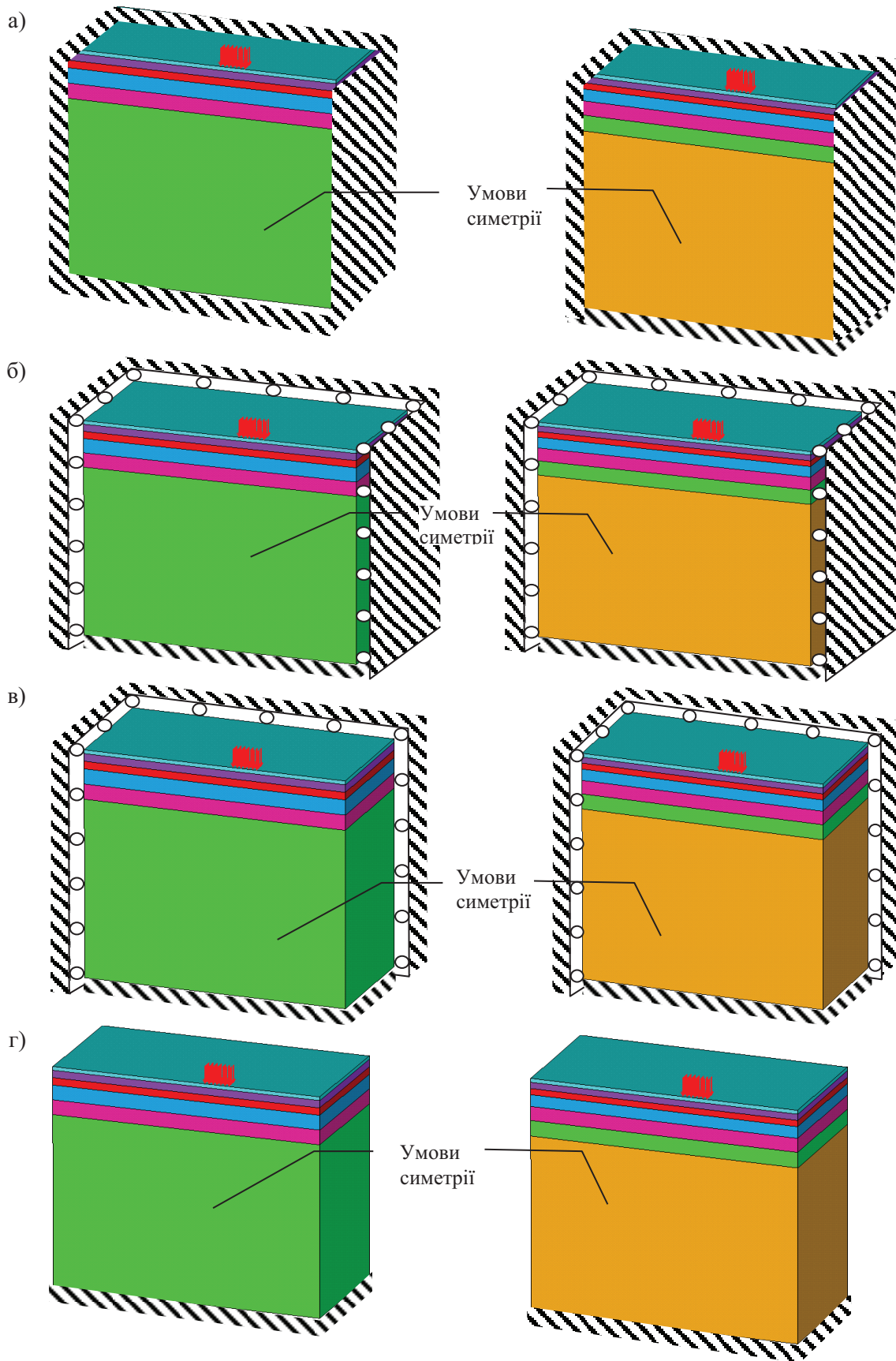


Рисунок 8 - Варіанти граничних умов (в усіх варіантах нижня грань жорстко зацемлена):  
 а) повна заборона переміщень на бічній поверхні; б) дозволено проковзування вздовж бічної поверхні;  
 в) дозволено проковзування вздовж внутрішньої бічної поверхні і переміщення точок зовнішньої  
 бічної поверхні; г) на бічній поверхні немає обмежень



Результати максимальних переміщення під штампом для приведених конструкцій в залежності від температури та граничних умов при несиметричному навантаженні задачі наведено в табл. 8, 9.

Таблиця 8 - Максимальні переміщення під штампом для конструкції №1 в залежності від температури та граничних умов, мм. Тривимірна постановка. Несиметричні навантаження та граничні умови

Варіант граничних умов	Температура, °С			
	10	40	50	60
1) Повна заборона переміщень на бічній поверхні	0,3609	0,7928	0,9214	0,9608
2) Дозволено проковзування вздовж бічної поверхні	0,4981	0,9012	1,0250	1,0630
3) Дозволено проковзування вздовж внутрішньої бічної поверхні і переміщення точок зовнішньої бічної поверхні	0,5480	0,9610	1,0880	1,1270
4) На бічній поверхні немає обмежень	0,6758	1,0700	1,1920	1,2290

Таблиця 9 - Максимальні переміщення під штампом для конструкції №2 в залежності від температури та граничних умов, мм. Тривимірна постановка. Несиметричні навантаження та граничні умови

Варіант граничних умов	Температура, °С			
	10	40	50	60
1) Повна заборона переміщень на бічній поверхні	0,3425	0,6908	0,7822	0,8139
2) Дозволено проковзування вздовж бічної поверхні	0,4798	0,8058	0,8935	0,9241
3) Дозволено проковзування вздовж внутрішньої бічної поверхні і переміщення точок зовнішньої бічної поверхні	0,5264	0,8606	0,9500	0,9810
4) На бічній поверхні немає обмежень	0,6514	0,9716	1,0570	1,0870

### Визначення залишкових деформацій асфальтобетонного покриття

Істотним недоліком українських нормативних документів з проектування дорожнього одягу, зокрема ВБН В.2.3-218-186 [8], є відсутність розділів з прогнозування стану дорожнього одягу в процесі її служби. Кінець розрахункового терміну служби ніяк не пов'язується з обсягом руйнувань. Простіше кажучи, невідомо, яка буде середня глибина колії.

Вертикальну залишкову деформацію стискання  $\varepsilon_p$  знаходять за емпіричною формулою (1), отриманої в лабораторії при випробуваннях асфальтобетонів, в залежності від температури  $T$  і число попередніх навантажень  $N$ . При цьому випробуванні проводили повторні навантаження без бокового обмеження, а після, уточнювали коефіцієнти за польовими даними [9]:

$$h_{a/c}(t, T(t)) = \frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_r} = \beta_{r1} \cdot a_1 \cdot T \cdot a_2 \cdot \beta_{r2} \cdot N \cdot a_2 \cdot \beta_{r3} \quad (1)$$

де  $\varepsilon_p$  - накопичена залишкова вертикальна деформація від  $N$  навантажень при температурі  $T(F)$ ;

$\varepsilon_r$  - вертикальна деформація в даній точці, вирахована по теорії пружності і залежна від параметрів осей пошарової системи.

В результаті лабораторного дослідження повторними навантаженнями асфальтобетону отримуємо вираз виду (2):

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_r} = 10^{-3,1555} \cdot \left( \frac{9}{5} \cdot T_c + 32 \right)^{1,734} \cdot N^{0,3994} \quad (2)$$

Приклад розрахунку накопичення залишкових деформацій асфальтобетонного покриття від кількості проїздів автомобіля наведено на рис. 9, 10.

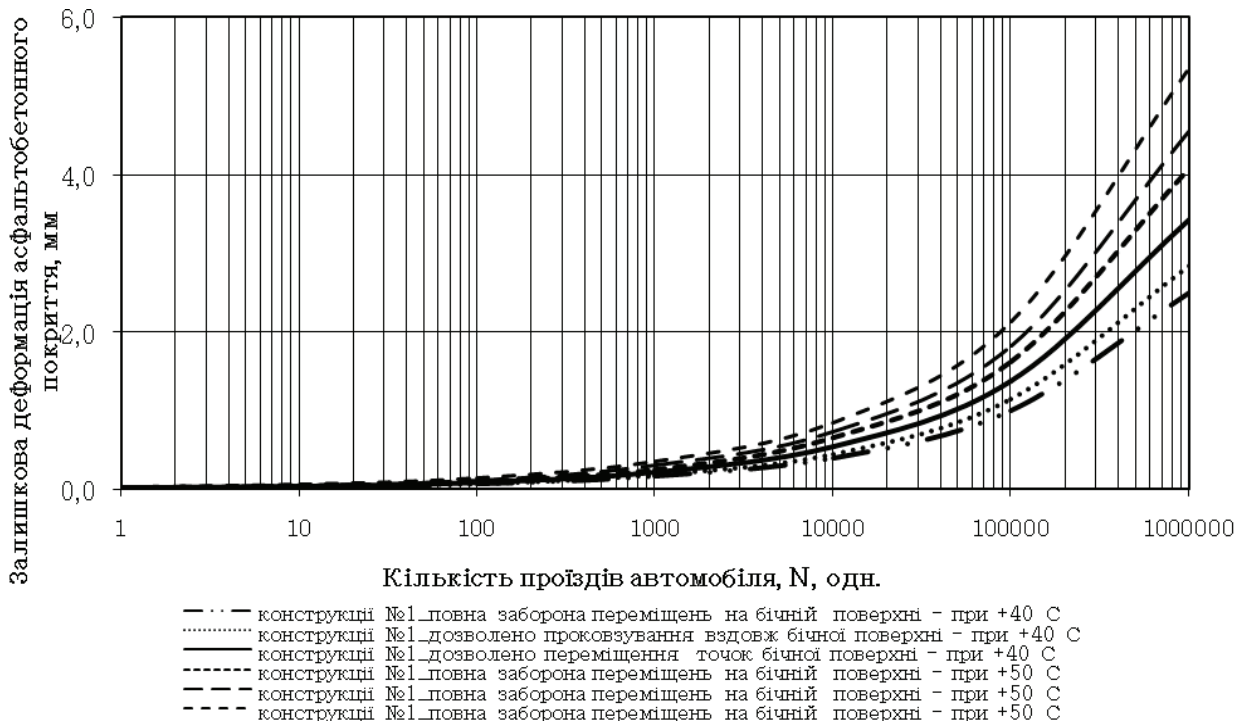


Рисунок 9 - Накопичення залишкових деформацій для конструкції №1 при середній температурі покриття +40°C та +50°C за граничних умов при осесиметричному розгляді задачі

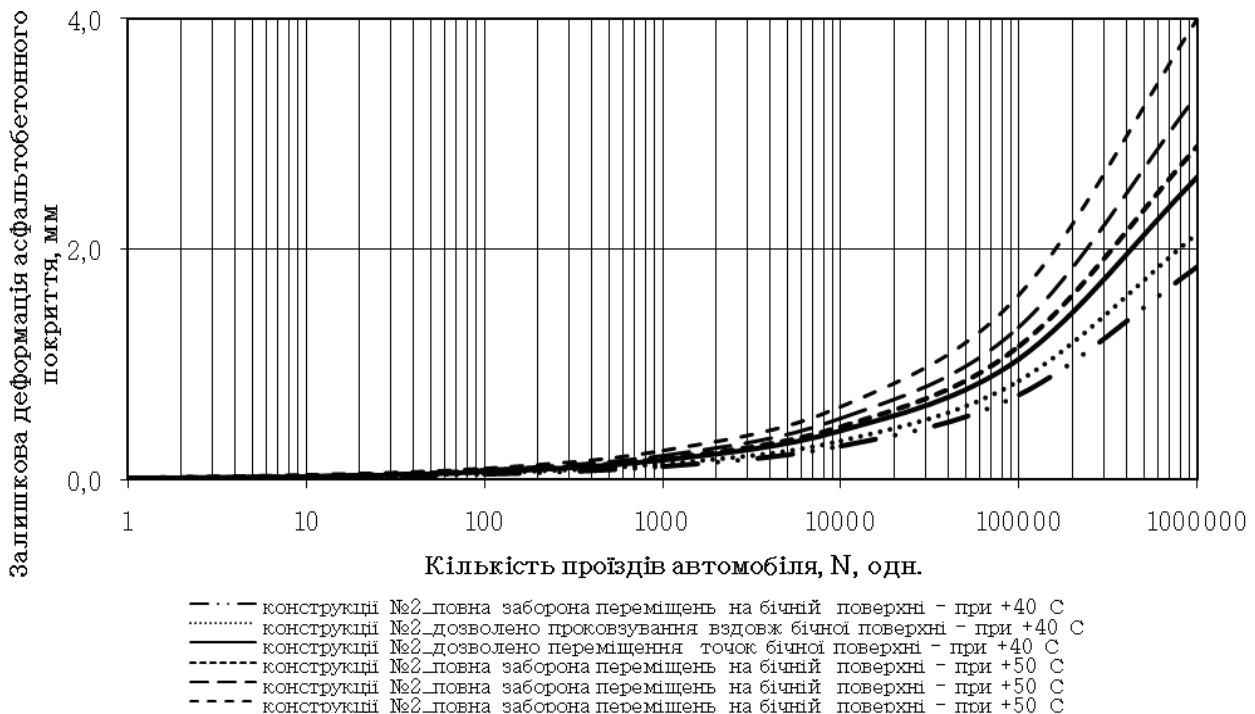


Рисунок 10 - Накопичення залишкових деформацій для конструкції №2 при середній температурі покриття +40°C та +50°C за граничних умов при осесиметричному розгляді задачі

Коректне завдання граничних умов для моделей таких конструкцій є непростю задачею. Верхньою межею деформацій реальної конструкції може слугувати деформація моделі з вільною від обмежень бічною поверхнею, а нижньою межею - деформація моделі з жорстко защемленою бічною

поверхнею. Як показали розрахунки, різниця між ними в деяких випадках може досягати 50 %, тому для оцінки деформації конструкції приймається деформація моделі з «проміжним станом» граничних умов.

При осесиметричній постановці чисельної збіжності деформацій вдалося досягти при згущенні сітки до 16080 елементів, тоді як для досягнення чисельної збіжності з відносною похибкою 1% в тривимірній постановці знадобилося 1006000 елементів, а подальше згущення сітки наштовхнулося на значні складнощі при обчисленні.

Аналіз результатів показав, що для оцінки пружних деформацій достатньо осесиметричної постановки, тоді як при розрахунку на міцність необхідно використовувати тривимірну постановку та граничні умови максимально наближені до реальних, оскільки граничні умови та положення навантаження суттєво впливають на перерозподіл зон розтягуючих напружень, і не так суттєво на величину деформацій.

На основі отриманих результатів можна зробити висновок про те, що максимальні переміщення, а отже і колійність асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу виникає в конструкції №1 в якій не були застосовані укріплені шари. Результати дослідження свідчать, що колія в асфальтобетонних шарах в конструкції з укріпленими матеріалами до 56 % менша в порівнянні з аналогічною, але без застосування укріплених матеріалів. В залежності від умов граничного стану колійність конструкції дорожнього одягу зростає до 28%.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво
2. Технічні правила ремонту та утримання автомобільних доріг загального користування України: П-Г. 1-218-113:2009 / Укравтодор. – Офіц. вид. – К.: Укравтодор, 2010. – 168 с. – (Нормативний документ Укравтодору).
3. Иванов, И.Н. Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд / И.Н. Иванов, А.М. Кривиский, М.Б. Корсунский.- М.: Транспорт, 1973. - 328 с.
4. Корсунский М.Б., Булавко А.Г. Напряжения и деформации многослойных упруго-изотропных систем при осесимметричной нагрузке. В кн.: Практические методы определения напряженно-деформированного состояния конструкций дорожных одежд. М., «Танспорт», 1966, С. 5—124. (Труды Союздор- нии, Вып. 6).
5. Яковлев Ю.М., Коновалов С.В., Лейвак В.А., Шагал Л.В. Исследование расчётных параметров для оценки прочности и расчёта усиления нежестких дорожных одежд при испытании динамической нагрузкой. Ростов-на-Дону: изд. Ростовского областного правления НТО, 1977 - 31 с.
6. Бродский Б.З. Регрессионный анализ при композиционном планировании второго порядка специального вида // Бродский Б.З. // Научный совет по комплексной проблеме «Кибернетика», Информационные материалы. – М.: АН СССР – 1970. – 145 с.
7. Федоров Б.В. Теория оптимального эксперимента // Федоров Б.В. – М. : Наука – 1971. – 214 с.
8. ВБН В.2.3-218-186-2004. Дорожній одяг нежорсткого типу. Відомчі будівельні норми України. Київ: Державна служба автомобільних доріг України «Укравтодор», 2004. – 71 с.
9. AASHTO. —Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide. A Manual of Practice. Interim Ed. 2008.

### REFERENCES

1. DBN V.2.3-4: 2015. Highways. Part I. Design. Part II. Construction. (Ukr)
2. Technical rules for repair and maintenance of public roads Ukraine: P-G. 1-218-113: 2009 / K. - Official. kind. - K. : Ukravtodor, 2010. - 168 p. - (Ukravtodor Regulations). (Rus)
3. Ivanov I.N. Design and calculation of non-rigid pavements / N.N. Ivanov, A.M. Krivisky, M.B. Korsunskiy.- M. : Transport, 1973. - 328 p. (Rus)
4. Korsun MB, Bulavko AG Stress and strain elastically isotropic multilayer systems at about sesimmetrichnoy load. Proc. : Practical methods for determining the stress-strain state of road structures. M., "Tansport" 1966, pp 5-124. (Proceedings Soyuzdor- Research Institute, Vol. 6). (Rus)
5. Yakovlev Y. M. Konovalov C.B., Leyvak V.A. Chagall L.V. The study design parameters to assess the strength and the calculation of the gain non-rigid pavements in the test of the dynamic load. Rostov-on-Don: Vol. Rostov Regional board of NTR, 1977 - 31. (Rus)
6. Brodsky B.Z. Regression analysis when planning the composite second order of a special type // Brodsky BZ // Scientific Council for the Complex Problem "Cybernetics", information materials. - M. : Academy of Sciences of the USSR - 1970. - 145 p. (Rus)

7. Fedorov B.V. The theory of optimal experiment // Fedorov BV - Moscow: Science - 1971. - 214 p. (Rus)
8. VBN V.2.3-218-186-2004. Road clothing flexible type. Institutional building codes Ukraine. Kyiv: State Road Service of Ukraine "Ukravtodor", 2004. - 71 p. (Ukr)
9. AASHTO. —Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide. A Manual of Practice. Interim Ed. 2008.

#### РЕФЕРАТ

Онищенко А. М. Прогнозування та оцінка залишкових деформацій асфальтобетонного покриття з використанням методу скінченних елементів / А. М. Онищенко, С.М. Худолий, М.В. Гаркуша, О.М. Лещук / Вісник Національного транспортного університету. Серія «Технічні науки». Науково-технічний збірник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статті наведена розрахунок напружено-деформованого стану асфальтобетонного покриття методом скінченних елементів із застосуванням програмного комплексу Ansys.

Об'єкт дослідження – переміщення в конструкції дорожнього одягу.

Мета роботи – визначення колієстійкості асфальтобетонного покриття нежорсткого дорожнього одягу.

Недостатня стійкість асфальтобетонного покриття автомобільних доріг і вулиць до колійності з утворенням зсувів, напливів, колій суттєво знижує як міцність всієї конструкції дорожнього одягу, так і особливо рівень безпеки руху за рахунок створення ефекту аквапланування в місцях застою води та зимової слизькості.

Результати проведених розрахунків дають можливість теоретично визначити колію асфальтобетонного покриття в залежності від заданої кількості проходів автомобіля та температури асфальтобетонного покриття.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН, КОЛІЄСТІЙКІСТЬ, АСФАЛЬТОБЕТОННЕ ПОКРИТТЯ, ЗАЛИШКОВІ ДЕФОРМАЦІЇ

#### ABSTRACT

Onishchenko A.M., Khudolii S.M., Harkusha M.V. Leshchuk A.N. Prediction and assessment of residual strain of asphalt pavement using finite element method. Visnyk National Transport University. Series «Technical sciences». Scientific and Technical Collection. – Kyiv: National Transport University, 2017. – Issue 1 (37).

The article shows the calculation of stress-strain state of asphalt pavement by finite element method using Ansys software system.

Research object - moving in the construction of pavement.

Purpose - to determine durability rutting cover non-rigid asphalt pavement.

The lack of stability of asphalt pavement of roads and streets to rutting to form landslides, flows, track greatly reduces the strength of the assembly as pavement, and especially the level of safety by creating the effect of aquaplaning in places of stagnant water and winter slipperiness.

The results of the calculations make it possible theoretically to determine the track asphalt pavement based on a given number of passes and vehicle temperature of asphalt pavement.

**KEYWORDS:** STRESS-STRAIN STATE, DURABILITY RUTTING, ASPHALT PAVEMENT, THE REMAINS STRAIN

#### РЕФЕРАТ

Онищенко А. М. Прогнозирование и оценка остаточных деформаций асфальтобетонного покрытия с использованием метода конечных элементов / А. Н. Онищенко, С.Н. Худолий, Н.В. Гаркуша, А.Н. Лещук / Вестник Национального транспортного университета. Серия «Технические науки». Научно-технический сборник. – К. : НТУ, 2017. – Вип. 1 (37).

В статье приведена расчет напряженно-деформированного состояния асфальтобетонного покрытия методом конечных элементов с применением программного комплекса Ansys.

Объект исследования - перемещение в конструкции дорожной одежды.

Цель работы - определение колеестойкости асфальтобетонного покрытия нежесткой дорожной одежды.

Недостаточная устойчивость асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог в колеевости с образованием сдвигов, наплывов, колеевости существенно снижает как прочность всей

конструкції дорожньої одяжки, так і особливо рівень безпеки руху за рахунок створення ефекту аквапланирування в місцях застою води і зимньої ковзкості.

Результати проведених розрахунків дають можливість теоретично визначити черговість асфальтобетонного покриття в залежності від заданого кількості проходів автомобіля і температури асфальтобетонного покриття.

**КЛЮЧЕВІ СЛОВА:** НАПРЯЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СОСТОЯННЯ, КОЛЕЕСТОЙКОСТЬ, АСФАЛЬТОБЕТОННЕ ПОКРИТТЯ, ОСТАТОЧНІ ДЕФОРМАЦІЇ

**АВТОРИ:**

Онищенко Артур Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, e-mail: artur\_onish@bigmir.net, Україна, 01103, м. Київ, вул. Кіквідзе 42, к. 107.

Худолій Сергій Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри вищої математики, Україна, 01103, м. Київ, вул. Кіквідзе 42.

Гаркуша Микола Васильович, асистент, Національний транспортний університет, асистент кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, e-mail: Nicolas89@bigmir.net, Україна, 01103, м. Київ, вул. Кіквідзе 42, к. 107.

Лещук Ольга Миколаївна, аспірант, Національний транспортний університет, кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, Україна, 01103, м. Київ, вул. Кіквідзе 42, к. 107.

**AUTHOR:**

Onischenko A. M., Ph.D., associate professor, National Transport University, associate professor department road construction materials and chemicals, e-mail: artur\_onish@bigmir.net, Ukraine, 01103, Kyiv, Kikvidze str. 42, of.107.

Khudolii S. M. Ph.D., associate professor, National Transport University, Ukraine, 01103, Kyiv, Kikvidze str. 42.

Garkusha M.V., assistant, National Transport University, assistant department road construction materials and chemicals, e-mail: Nicolas89@bigmir.net, Ukraine, 01103, Kyiv, Kikvidze str. 42, of.107.

Leshchuk O.M., graduate student, National Transport University, department road construction materials and chemicals, Ukraine, 01103, Kyiv, Kikvidze str. 42, of.107.

**АВТОРЫ:**

Онищенко Артур Николаевич, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры дорожно-строительных материалов и химии, e-mail: artur\_onish@bigmir.net, Украина, 01103, г. Киев, ул. Киквидзе 42, к. 107.

Худолій Сергей Николаевич, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет, доцент кафедры высшей математики, Украина, 01103, г. Киев, ул. Киквидзе 42.

Гаркуша Николай Васильевич, асистент, Национальный транспортный университет, асистент кафедры дорожно - строительных материалов и химии, e-mail: Nicolas89@bigmir.net, Украина, 01103, г. Киев, ул. Киквидзе 42, к. 107.

Лещук Ольга Николаевна, асистент, Национальный транспортный университет, кафедры дорожно - строительных материалов и химии, Украина, 01103, г. Киев, ул. Киквидзе 42, к. 107 .

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

Кузьмінець М.П., завідувач кафедри комп'ютерної, інженерної графіки та дизайну Національного транспортного університету, доктор технічних наук.

Аксёнов С.Ю., головний спеціаліст відділу проектних робіт Департаменту розвитку мережі доріг Державного агентства автомобільних доріг України, кандидат технічних наук.

**REVIEWER:**

Kuzminets M.P., Chair of computer, engineering graphics and design of the National Transport University, Doctor of Engineering.

Aksenov S. Y., Chief Specialist of the Department of design works of the road network of the State Agency of highways of Ukraine, candidate of technical sciences.