

УДК 625.032.32

*А. М. Онищенко, к.т.н.
(доцент кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії
Національного транспортного університету, м. Київ)*

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИЙ МЕТОД ВИПРОБУВАННЯ
ІНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗНИКА СТІЙКОСТІ
ДО НАКОПИЧЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ ДЕФОРМАЦІЙ
АСФАЛЬТОБЕТОНУ У ВИГЛЯДІ КОЛІЇ**

У статті запропоновано експериментальний метод випробування інтегрального показника стійкості до накопичення залишкових деформацій асфальтобетону у вигляді колії. Встановлені експериментальним шляхом залежності тиску від навантаження металевого, огумленого та пневмоколеса, а також запропонована аналітична залежність для розрахунку максимальної температури в асфальтобетонному покритті.

Ключові слова: залишкові деформації, колія, аналітичні залежності, асфальтобетонне покриття.

В статье предложен экспериментальный метод испытания интегрального показателя устойчивости к накоплению остаточных деформаций асфальтобетона в виде колеи. Установлены экспериментальным путем зависимости давления от нагрузки металлического, огумленного и пневмоколеса, а также предложена аналитическая зависимость для расчета максимальной температуры в асфальтобетонном покрытии.

Ключевые слова: остаточные деформации, колея, аналитические зависимости, асфальтобетонное покрытие.

Вступ. Останнім часом спостерігається тенденція до зростання інтенсивності руху та збільшення питомого навантаження на вісь автомобіля і високої температури, то актуальною стає проблема утворення колій в асфальтобетонних покриттях, які є критичними деформаціями [1 – 4].

У даному випадку є важливим забезпечення вимог до фізико-механічних характеристик окремих матеріалів, а також вимог до стійкості всієї конструкції в цілому. Навіть якщо кожен матеріал має високу якість, це не означає що в конструкції він буде працювати найкращим чином, тому доцільним є випробування і перевірка властивостей всієї композиції, яка складається із шарів асфальтобетону. В зв'язку з цим в багатьох країнах світу проводиться велика кількість різноманітних досліджень, направлених на досягнення таких цілей як підвищення опору асфальтобетону до колієутворення, підвищення точності прогнозування утворення колій, управління властивостями асфальтобетону. Для досягнення цих і ряду інших цілей необхідно застосовувати методи оцінки

© Онищенко А. М., 2014

зсувостійкості асфальтобетону, які дозволяють максимально точно кількісно відобразити чутливість асфальтобетону до накопичення залишкових деформацій.

Аналіз останніх досліджень. Класичні методи випробування асфальтобетонів на зсувостійкість (на стиск при 50 °С, метод Маршалла, кручення стержня, зсув циклічним навантаженням, продавлюванням через отвір, трьохосового стиску та повзучість при тиску штампом), не дають можливість спрогнозувати здатність матеріалу до релаксації і опору накопиченню пластичних деформацій. Тому останнім часом все частіше стали застосовувати методи, які передбачають випробування плити або циліндричної форми колісним навантаженням, що моделює реальну роботу асфальтобетону в покритті. До них належать: французький метод (French Pavement Rutting Tester – FPFT), американський метод прискореного навантаження Accelerated Loading Facility (ALF), метод навантаження колесом штату Джорджія Georgia Loaded – Wheel Tester – GLWT, Гамбурзький метод (HWTD) [1 – 4]. Але навіть за допомогою цих методів ми не можемо повною мірою дослідити і спрогнозувати накопичення пластичних деформацій покриття, оскільки в них передбачається доведення до руйнування зразка, що не відповідає дійсним умовам.

Основна частина. У зв'язку з вище наведеними аргументами, пропонується методика оцінки зсувостійкості асфальтобетонів різної гранулометрії. Цей підхід базується на Гамбурзькому методі з певними вдосконаленнями і полягає у випробуванні на колієутворення зразка при різних підвищених температурах в результаті циклічного прикладання різного навантаження через металеве, огумлене і пневматичне колесо. Тобто при випробуванні визначається глибина колії в зразку при різних температурах і навантаженнях як основна складова параметра опору накопиченню деформації під дією повторювальних навантажень.

За розробленою методикою випробування кількість циклів має бути такою, щоб зразок не вступав в фазу руйнування, тому що в реальних умовах роботи асфальтобетонне покриття працює на накопичення пластичних деформацій. Саме таким умовам відповідає 4000 проходів жорсткого колеса.

Зразки виготовляються на секторному пресі [5, 6] (рис. 1), що відтворює умови ущільнення асфальтобетону середнім та важким котками.

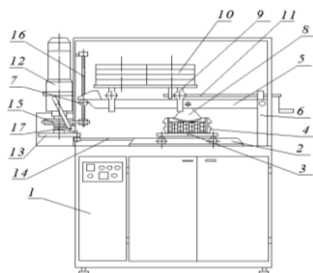


Рис. 1. Схема та загальний вид секторного пресу для виготовлення зразків асфальтобетону

Секторний прес складається із шафи 1, у якій по напрямним 2 рухається візок 3 з встановленою на ньому металевою формою 4, що дозволяє створювати

зразки з розмірами в плані 230x160 і товщиною до 150 мм. Візок приводиться в рух двигуном-редуктором з маховиком за допомогою тяги 14. Ущільнення суміші в металевій формі здійснюється сектором 8, шарнірно прикріпленим у його центрі до балки 5. Протилежний кінець балки шарнірно з'єднаний з кронштейном 6, укріпленим у шафі. Підйом і опускання важеля з сектором здійснюється за допомогою різьбової гайки 7, яка переміщується гвинтовою передачею 16. На балці встановлений рухомий вантаж рухомий 10, вага якого розрахована за умови забезпечення необхідного питомого тиску на контактні між сектором 8 і поверхнею суміші при її ущільненні, що відповідає дорожніх котків. Частота проходів сектора регульована і становить 10, 30 циклів за хвилину при амплітуді, переміщення візка із сумішшю, що дорівнює довжині зразка.

Технологія приготування зразків полягає у такому: для виготовлення зразків-плит використовується асфальтобетонна суміш, що виготовляється в лабораторних умовах, або може бути взята з проб сумішей, які відібрані на змішувальних установках, або отримана розігрівом та перемішуванням у лабораторній мішалці сумішей з зернів чи вирубок, відібраних на об'єктах будівництва.

Форму для виготовлення зразків-плит нагрівають у сушильній шафі при температурі нагріву асфальтобетонної суміші, згідно з ДСТУ Б В.2.7-119, ДСТУ Б В.2.7-135, СОУ 45.2-00018112-057. У нагріту форму засипають необхідну кількість суміші, вага якої визначається залежно від конструктивних особливостей приладу та є постійною для даної конструкції приладу. Температуру суміші, що укладається у форму, визначають за ДСТУ Б В.2.7-119, ДСТУ Б В.2.7-135, СОУ 45.2-00018112-057 залежно від марки в'язучого, використаного для її виготовлення. Суміш рівномірно розподіляють у формі штикуванням нагрітим ножом або іншим пристроєм, знімаючи її надлишок. Форму із засипаною і розрівняною по площі сумішшю встановлюють на візок у робочу камеру секторного пресу.

На поверхню суміші встановлюють укочуючий сектор, на який прикладають необхідне навантаження близьке до навантаження, що діє на асфальтобетон при ущільненні його котком. При цьому лінійний тиск на поверхню укочуваної плити може змінюватися від 28 кН/см до 84 кН/см.

Укочування здійснюється у дві стадії. На першій укочення виконується 20 проходками сектору з лінійним тиском, що дорівнює 28 кН/см. Після цього навантаження збільшується таким чином, щоб лінійний тиск зростав до 84 кН/см і виконується ще 30 проходів секторного котка. Кількість проходів та лінійний тиск можуть змінюватися відповідно до виробничих умов ущільнення – кількістю та лінійним тиском на ущільнюючий шар котків, що використовуються у кожному конкретному випадку. Ущільнення проводять до одержання коефіцієнта ущільнення не менше 0,98.

По закінченні ущільнення форма охолоджується до температури нижче за +60°C, розбирається і виймається зразок, який підлягає випробуванню на колійність не раніше, ніж через добу після приготування, його розташовують на рухомій платформі секторного пресу, на якому додатково встановлюють спеціальний навантажувальний пристрій у вигляді жорсткого, вузького колеса та пристрій для вимірювання глибини колії.

Випробування зразків на стійкість до накопичення залишкових деформацій виконують на секторному пресі [5, 6], переобладнаному таким чином, що замість сектора 8 (рис.1) встановлюють металеве, огумлене чи пневматичне

ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ

колесо та встановлюється пристрій для вимірювання глибини колії (рис. 2). Технічні дані методу проведення випробування на колієутворення наведені в табл. 1.

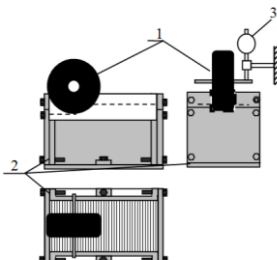


Рис. 2. Схема пристрою для проведення випробування асфальтобетону на стійкість до накопичення залишкових деформацій
 1 – металеве, о gumлене, пневматичне колесо; 2 – металева форма;
 3 – датчик деформацій

Таблиця 1. Технічні дані методу проведення випробування на колієутворення

Показники (умови)		Технічні дані
1. Металеве колесо		Відповідно ГОСТ 1050
	Розмір колеса: діаметр, мм ширина, мм	203,5 ± 1 47,0 ± 0,02
O gumлене колесо		Відповідно ГОСТ 7338
	Розмір колеса: діаметр, мм ширина, мм	205,0 ± 1 47,0 ± 0,02
Пневматичне колесо		З тиском в колесі 0,3 МПа
	Розмір колеса: діаметр, мм ширина, мм	220,0 ± 1 41,0 ± 0,02
2. Розмір асфальтобетонного зразка: длина, мм ширина, мм		228 ± 2 158 ± 2
3. Товщина зразка, мм		Від 40 до 100
4. Навантаження на колесо Q, Н		400 ± 10; 600 ± 10; 800 ± 10; 1000 ± 10; 1200 ± 10; 1400 ± 10
5. Кількість проходів N _n навантаження за хвилину		10±2; 30±2;
6. Кількість проходів навантаження після, яких знімається залишкова деформація		0; 250; 500; 1000; 4000; 5000; 6000; 8000; 10000; 20000
7. Температура випробування T _{max} , °C		40 °C (±1 °C); 50 °C (±1 °C); 60 °C (±1 °C)

Тиск від колеса на асфальтобетонний зразок повинен бути постійним і визначається за залежностями:

– для металевого колеса

$$p(Q)_{\text{мет.}} = 0,0103 \cdot Q + 0,2421; \quad (1)$$

– для огумленого колеса

$$p(Q)_{\text{огум.}} = 0,008 \cdot Q + 0,2104; \quad (2)$$

– для пневматичного колеса

$$p(Q)_{\text{пневм.}} = 0,0037 \cdot Q + 0,0275. \quad (3)$$

Відповідно до [7, 8] рівень питомого тиску на зразок повинен відповідати конкретній категорії автомобільних доріг [7], на якій буде влаштоване асфальтобетонне покриття даного матеріалу, що досліджується: для доріг I, II категорії – 0,8 МПа; для доріг III, IV категорії – 0,6 МПа.

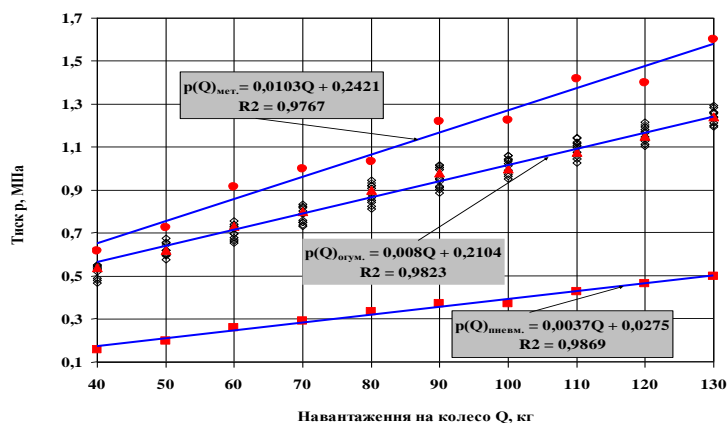


Рис. 3. Номограма залежності тиску від навантаження металевого, огумленого та пневмоколеса

Дані тиски 0,8 МПа, 0,6 МПа будуть еквівалентні навантаженню на колесо розрахункового автомобіля групи $A_1 - Q_{\text{розр}} = 57,5 \text{ кН}$, та $A_2 - Q_{\text{розр}} = 50, \text{ кН}$.

Час дії навантаження на асфальтобетонний зразок залежно від кількості проходів N_n навантаження в хвилину (табл. 1) з достатньою точністю можна визначити за степеневою залежністю:

$$t_n(N_n) = A \cdot N_n^{-B} \quad (4)$$

де $t_n(N_n)$ – час дії навантаження на зразок, с;

A, B – параметри встановлюються експериментально за допомогою тензометрії або теоретично ($A=4,0222, B=0,9252$);

N_n – кількість проходів навантаження в хвилину, що наведено в табл. 1.

Відповідно до табл. 1 запропоновані максимальні T_{max}^n температури, при яких виникає небезпека накопичення залишкових деформацій у вигляді колії. За цими температурами порівнюються експлуатаційні характеристики асфальтобетону,

що характеризують його стійкість до залишкових деформацій при високих температурах $T_{max}^{a/b}$. Тому пропонується також встановлювати розрахунковим шляхом температури покриття для вибору марки асфальтобетону.

Максимальну температуру T_{max}^n покриття даного регіону встановлюють за аналітичною залежністю:

$$T_{max}^n = (T_{max}^{noe} - a_2\varphi^2 + a_3\varphi + a_4)(a_5) - a_6, \quad (5)$$

де φ – географічна широта об'єкта будівництва в градусах;

T_{max}^{noe} – середня висока температура повітря за сім днів, °С;

a_2, a_3, a_4, a_5, a_6 – емпіричні коефіцієнти, що встановлюються на основі метеорологічних даних за останні 15 років.

Перед початком випробувань форму разом з асфальтобетонним зразком поміщають у сушильну шафу з відповідною для випробування температурою повітря всередині (згідно з табл. 1 або аналітичного виразу (5)) і витримують у ній протягом 3 год. Температуру повітря у шафі секторного пресу також встановлюють відповідною для випробування згідно з табл. 1 або (5). Після нагрівання у сушильній шафі, зразок разом з формою встановлюють на візок 3 секторного пресу (рис 1).

На поверхню зразка за допомогою гвинтової передачі балки 7 встановлюється металеве, огумене чи пневматичне колесо (рис. 2) і знімається з датчика деформації 3 початковий відлік на поверхні зразка. За допомогою гвинтової передачі навантаження 11 встановлюється необхідне для випробування навантаження 12 (табл. 1, рис. 3) та відразу вмикається двигун-редуктор, що приводить в зворотно-поступальний рух візок із закріпленою на ньому формою з асфальтобетонним зразком. Таким чином здійснюється циклічне навантаження зразка асфальтобетону даним колесом при заданих навантаженні та температурі. Після виконання встановленої кількості проходів N секторний прес зупиняють і вздовж траєкторії навантаження асфальтобетонного зразка, вимірюється глибина колії w та встановлюється її середнє значення \hat{w} . На основі таких вимірювань будується графік функції $\hat{w}=f(N)$.

На основі отриманих результатів визначають інтегральний показник стійкості до накопичення залишкових деформацій асфальтобетону як суму площ під графічними залежностями $w_{i,j}=f(N)$

$$S_w = \sum_k^{i=1} \sum_n^{j=1} \int_0^{N_k} w_{i,j}(N) dN \leq [S_w^H], \quad (6)$$

де $N_K=4000$ циклів;

i – порядковий номер рівня навантаження;

j – порядковий номер рівня температури випробування;

$[S_w^H]=w_n \cdot N_k$ – нормативне значення;

w_n – граничне значення колії рівне 5 мм.

При виборі асфальтобетону за показником стійкості до накопичення залишкових деформацій, слід віддавати перевагу тому складу, що відповідає умові (6).

Висновок. Таким чином результати, що отримані під час випробування, дадуть можливість більш достовірно вибирати при проектуванні склад асфальтобетону різної гранулометрії підвищеної стійкості до накопичення залишкових деформацій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жданюк В. К., Даценко В. М., Зразжевец Е. М., Чугуенко С. А., Воловик А. А. Устойчивость асфальтобетонов различных гранулометрических типов к накоплению пластических деформаций в виде колеи // Материалы юбилейной научно-технической конференции./ 80 лет Белорусской дорожной науке. – Минск, 2008. – С. 105–111.
2. Мозговой В. В. Экспериментальная методика определения колеестойкости асфальтобетонных покрытий на мостах / Мозговой В. В., Онищенко А. Н. // Мир дорог. – Ярославль. – 2011. – С. 57–59.
3. Кирюхин Г. Н. Методы проектирования и испытания асфальтобетона. // Обзорная информация Союздорнии 6. – 2005.
4. Онищенко А. Н. Причины образования колеи на асфальтобетонном покрытии автодорожных мостов и способы повышения колеестойкости/ Онищенко А.Н. // Дорожная техника. – 2013. – С. 134–145.
5. СОУ 45. 02-00018112- 020:2009 Асфальтобетон дорожній. Метод визначення на стійкість до накопичення залишкових деформацій. – Київ (Укравтодор), 2009. – С.10.
6. Патент на корисну модель № 40965 «Прес для виготовлення контролю зразків асфальтобетону», 27.04.2009 р. (Онищенко А.М., Мозговой В.В., Радовський Б.С.)
7. ВБН В.2.3-218-186-2004 Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу.
8. СОУ 45.2-00018112-039:2008 Будівельні матеріали. Способи оцінки стійкості асфальтобетонних покриттів до утворення колії. Методи випробувань/ Київ (Укравтодор), 2009. – С.12.

Onishchenko Arthur M., PhD (Technical Sciences)
(Associate Professor of Road Construction Materials and Chemistry Chair
of the National Transport University)

EXPERIMENTAL METHOD OF TESTING INTEGRAL INDICATOR OF RESISTANCE TO RESIDUAL STRAIN BITUMINOUS ACCUMULATION IN THE FORM OF RUTTING

In the article the experimental test method integral index of resistance to the accumulation of residual deformation of asphalt in a rut. Established experimentally depending on the load pressure of the metal, and coated with rubber stump wheels and proposed analytical dependence for calculating the maximum temperature in the asphalt pavement.

Keywords: residual strain, rutting, analytical dependences, asphalt coating

REFERENCES

1. Zhdanyuk V. K., Datsenko V. M., Zrazhevets E. M., Chuhuenko S. A., Matters A. A. Stability asphalt different granulometry typical for accumulation plastic deformations in rutting // Materials anniversary scientific-technical conference. / 80 years Beloruskiy road science. Minsk 2008. – P. 105–111.
2. Mozgovij V. V. Experimental method for determining stability rutting asphalt coatings on bridges / Mozgovij V.V., Onishchenko A.N. // Peace roads. – Yaroslavl – 2011 – P. 57–59.
3. Kiryukhin G. N. Design and testing methods asphalt concrete. Overview Soyuzdornyy 6.2005.
4. Onishchenko A. N. Reasons for colet education asphalt pavement and bridges road methods increase stability rutting / A.N. Onishchenko // Road Technology. – 2013. – P. 134–145.
5. COU 45. 02-00018112- 020: 2009 Bituminous Road. The method of determining the stability of the accumulation of residual strain / Kyiv. (Ukravtodor). 2009. – p.10.
6. The patent for utility model number 40 965 «Press for manufacturing control samples asphalt», 27.04.2009 p., (Onishchenko A. M., Mozgovij V. V. Radovskyy B. S.)
7. VBN V.2.3-218-186-2004 Transport facilities. Road clothing flexible type.
8. COU 45.2-00018112-039: 2008 Building materials. Ways to assess the stability of asphalt concrete coatings to rutting. Test methods / Kyiv (Ukravtodor). 2009. – P.12.