

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Сучасні технології  
та методи розрахунків у будівництві

Збірник наукових праць

Випуск 9

Луцьк – 2018

У збірнику висвітлюються результати експериментально-теоретичних досліджень будівельних матеріалів і конструкцій, технологій їхнього виготовлення та експлуатації, теорії опору елементів будівельних конструкцій зовнішнім впливам, методів їхнього розрахунку.

Призначений для наукових працівників, спеціалістів проектних установ і виробничих підприємств будівельної галузі, докторантів, аспірантів і студентів вищих навчальних закладів.

**Редакційна колегія:**

Головний редактор - **Шваб'юк В.І.**, д.т.н., професор (Луцький НТУ);

Заступник редактора - **Максимович В.М.**, д.ф.-м.н., професор (Луцький НТУ);

Відповідальний секретар - **Андрійчук О.В.**, к.т.н. (Луцький НТУ);

**Бабич Є.М.**, д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування); **Белятинський А.О.**, д.т.н., професор (Національний авіаційний університет); **Богаткевич Януш**, доктор інженерії (Люблінська політехніка, Польща); **Бондарський О.Г.**, к.т.н., доцент (Луцький НТУ); **Делявський М.В.**, д.т.н., професор (Луцький НТУ); **Жданюк В.К.**, д.т.н., професор (Харківський національний автомобільно-дорожній університет); **Іванченко Г.М.**, д.т.н., професор (Київський національний університет будівництва і архітектури); **Карась Славомір**, доктор інженерії (Люблінська політехніка, Польща); **Максимович О.В.**, д.т.н., професор (НУ "ЛП"); **Наумов В.С.**, д.т.н., професор (Краківська політехніка, Польща); **Пастернак Я.М.**, д.ф.-м.н., доцент (Луцький НТУ); **Пустюльга С.І.**, д.т.н., професор (Луцький НТУ); **Савенко В.Я.**, д.т.н., професор (Національний транспортний університет); **Солодкий С.Й.**, д.т.н., професор (Національний університет "Львівська політехніка"); **Грач В.М.**, д.т.н., професор (НУВГП); **Ужегова О.А.**, к.т.н., доцент (Луцький НТУ).

Технічний секретар - **Ужегов С.О.**

Зареєстрований Державною реєстраційною службою України (свідоцтво серія КВ, № 20340-10140P від 31.05.2013 р.).

Включений Міністерством освіти і науки України до переліку наукових фахових видань України (Наказ МОН України, № 747 від 13.07.2015 р.).

Матеріали збірника рекомендовані до друку на засіданні Вченої ради Луцького НТУ (протокол № 11 від 22 червня 2018 р.).

**Адреса редакції:** 43018, м. Луцьк, вул. Потебні, 56, Луцький НТУ, кафедра будівництва та цивільна інженерії, e-mail: Zbirnukfbd@gmail.com, <http://bf.lntu.edu.ua/fakultet/zbirnuk.html>, телефон (0332) 26-24-60.

УДК 625.852/853

**ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ХОЛОДНОГО  
РЕСАЙКЛІНГУ ДЛЯ РЕМОНТУ АСФАЛЬТОБЕТОННИХ  
ДОРОЖНИХ ПОКРИТТІВ**

**APPLICATION OF COOL REPLACEMENT TECHNOLOGY  
FOR REPAIR OF ASPHALT CONCRETE ROAD COATINGS**

**Шимчук О.П., к.т.н., доцент, Андрійчук О.В., к.т.н., доцент,  
Талах Л.О. к.т.н., доцент (Луцький НТУ, м. Луцьк)**

**Shymchuk O.P., Ph.D., in Engineering, Associate Professor,  
Andriichuk O.V., Ph.D., in Engineering, Associate Professor, Talakh L.O.  
Ph.D., in Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical  
University, Lutsk)**

В статті розглянуто дослідження технології холодного рециклювання дорожнього одягу з використанням цементу, яка забезпечить покращення його фізико-механічних властивостей та експлуатаційної поведінки під дією транспорту.

The article examines the technology of cold recycling of road wear using cement, which will improve its physical and mechanical properties and operational behavior under the influence of transport. As roads constantly suffer from stress and are exposed to atmospheric phenomena and, as a result, they wear out. Therefore, special attention should be paid to the problem of restoring roads that arose in the country, namely the problems of quality repairs. Changing the temperature and humidity of the environment, untimely repairs and failure to comply with the technology for their implementation leads to the destruction of roadway roads.

Therefore, there is a problem of restoration of road surface at any time of the year, taking into account the impossibility of using traditional materials, namely, hot asphalt mixes. Thus, the issues of technology and quality materials for the restoration of the operational properties of highways to date are very relevant.

Traditional repair methods consist in restoring lost operational properties of the coating by means of surface treatment or by arranging

an additional asphalt concrete layer. However, such methods do not exclude the possibility of rapid appearance of reflected surfaces of reflected cracks.

Recycling on the road using cement has many advantages in restoring old coatings that require a significant increase in their bearing capacity. This method is a solution that should always be taken into account, along with the classic methods of arranging protective layers or reconstruction. In many cases, recycling on the road using cement is the most economical option.

The results of studies on the physical and mechanical properties of concrete, which were made in laboratory conditions on the basis of milled pellets, show that the introduction of Portland cement of grade 400 and slowly decaying cationic bitumen emulsion into their composition provides sufficiently high parameters of the joint strength and water resistance coefficient compared to the samples without cement. The obtained results testify that the use of cold recaikeling technology with the addition of cement will provide sufficient durability of the arranged layer.

Ключові слова: дорожній одяг, ресайклінг, ремонт, технологія  
Keywords: road clothing, recaikeling, repair, technology

**Постановка наукової проблеми та її значення.** Автомобільні дороги постійно зазнають навантаження і піддаються впливам атмосферних явищ, вони зношуються. Також зі зростаючими вимогами до пропускнуї здатності автодороги морально застарівають. Все це породжує необхідність в капітальному або поточному ремонті практично всіх автомобільних доріг. Особливу увагу потрібно привернути проблемі відновлення доріг, котра виникла у державі, а саме проблемам ямкового ремонту. Зміна температури та вологи навколишнього середовища, несвоєчасне проведення ремонтних робіт та недотримання технології їх виконання призводить до руйнування дорожнього одягу автомобільних доріг.

Конструкція дорожнього одягу є одним з найбільш відповідальних елементів автомобільної дороги, що дає можливість виконувати її основні функції із забезпечення безперервного, безпечного та зручного руху транспортних засобів при перевезенні вантажів та пасажирів. Кошти, що витрачаються на дорожній одяг

при будівництві, ремонті та його утриманні, складають більшу частину капіталовкладень, що виділяються на автомобільні дороги і впливають на рівень дорожнього фінансування.

Тому виникає проблема відновлення дорожнього покриття в будь-яку пору року, враховуючи неможливість використання традиційних матеріалів, а саме – гарячих асфальтобетонних сумішей. Таким чином, питання технології та якісних матеріалів для відновлення експлуатаційних властивостей автомобільних доріг на сьогоднішній день є досить актуальним [1].

Традиційні методи ремонту полягають у відновленні втрачених експлуатаційних властивостей покриття способами поверхневої обробки або ж улаштуванням додаткового асфальтобетонного шару. Проте, такі способи не виключають можливість швидкої появи на відновленій поверхні відображених тріщин.

Рециклювання на дорозі з використанням цементу має багато переваг при відновленні старих покриттів, які потребують істотного підвищення їх несучої здатності. Даний спосіб є таким рішенням, яке повинно завжди враховуватися, разом з класичними способами улаштування захисних шарів або реконструкції. У багатьох випадках рециклювання на дорозі з використанням цементу виявляється найекономічнішим варіантом.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналіз та узагальнення результатів дослідження вітчизняних та зарубіжних дослідників дозволяє констатувати, що існуючі способи ремонту дорожніх одягів за характером технологічних процесів і обумовлених ними особливостями структуроутворення матеріалу можливо умовно розділити на дві групи: нарощування шарів і регенерація [2].

Багато країн вже мають значний досвід рециклювання із застосуванням цементу. У цілому результати можуть вважатися досить задовільними як для доріг з невеликою інтенсивністю руху, так і для основних доріг із значною кількістю у складі транспортного потоку вантажних автомобілів, а також для аеропортів [3-4].

**Метою роботи** було дослідження впливу технології холодного рециклювання дорожнього одягу на структуру матеріалу, що рециклюється з метою покращення його фізико-механічних властивостей та експлуатаційної поведінки під дією транспорту.

**Результати досліджень.** Технології регенерації шарів дорожнього одягу із бітумомінеральних сумішей поділяються на два основних види: гарячі і холодні.

Вибір того чи іншого способу рециркулювання у різних країнах залежить від технічних, екологічних та економічних чинників. Підхід до вибору технології рециркулювання неоднаковий в різних країнах, він базується на потребах країни, технічних вимогах до покриттів, існуючих технологіях, ресурсах і т.п. [5].

За кордоном усе більше поширення одержує технологія холодної регенерації шарів дорожніх одягів нежорсткого типу, при цьому роботи виконуються безпосередньо на дорозі.

Технологія холодної регенерації передбачає фрезерування старого дорожнього одягу (у окремих випадках із захопленням частини незв'язного шару основи), перемішування отриманого асфальтового дрібняку з в'язучим, розподіл суміші і її ущільнення. Як правило, поверх регенерованого шару укладають захисний шар із асфальтобетону або влаштовують поверхневу обробку.

Рециркулювання із застосуванням цементу дозволяє отримувати однорідний шар необхідної товщини, механічні властивості якого близькі до властивостей цементогрунту або укріпленого цементом мінерального матеріалу.

З метою порівняння впливу вмісту цементу на фізико-механічні властивості фрезерованого асфальтобетону, було проведено дослідження зразків в лабораторних умовах.

Зразки виготовляють з матеріалів, які передбачається отримати після фрезерування існуючого дорожнього одягу, з додаванням, якщо це необхідно, нових матеріалів, та з варіюванням вмісту цементу. Зразки повинні бути ущільнені до мінімально необхідної щільності на дорозі при оптимальному вмісті води (як це рекомендується у відповідному методі випробування «щільність - вологість»), а потім випробувані на міцність на стиск у віці 7 діб.

Уточнений вміст цементу встановлюють на зразках, ущільнених до щільності, що відрізняється на  $\pm 2\%$  від встановленої раніше. У такий спосіб може бути визначений мінімальний вміст цементу, який гарантує досягнення такої ж міцності, що й на дорозі.

Для випробування готуються зразки (рис. 1) за [6]. Перед випробуванням зразки термостатують при заданій температурі:  $(50\pm 2)^\circ\text{C}$ ,  $(20\pm 2)^\circ\text{C}$  або  $(0\pm 2)^\circ\text{C}$ . Температуру  $(0\pm 2)^\circ\text{C}$  створюють змішуванням води з льодом.



Рис. 1. Формування зразка в циліндричних формах

Водонасичення полягає у визначенні кількості води, яку поглинає зразок при заданому режимі насичення за допомогою вакуумної установки (рис. 2).



Рис. 2. Вакуумна установка

Для визначення границі міцності при стисканні зразків у водонасиченому стані використовують зразки, які випробувані

відповідно заданих вимог. Насичені водою зразки після зважування на повітрі і у воді знову розміщують у воді з температурою  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ , а перед випробуванням витирають м'якою тканиною або фільтрувальним папером.

Границю міцності при стисканні зразків визначають на пресах (рис. 3) при швидкості руху плити преса  $(3,0 \pm 0,3)$  мм/хв.



Рис. 3. Випробування зразка на гідравлічному пресі

Визначення водостійкості полягає в оцінюванні ступеня падіння міцності при стисканні зразків після дії на них води в умовах вакууму.

Водостійкість  $K_e$  обчислюють з точністю до другого десяткового знака за формулою:

$$K_e = \frac{R_{cm}^6}{R_{cm}^{20}} \quad (1)$$

де  $R_{cm}^6$  - границя міцності при стисканні при температурі  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  водонасичених у вакуумі зразків, МПа;

$R_{cm}^{20}$  - границя міцності при стисканні при температурі  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  зразків до водонасичення, МПа.

Результати досліджень показників фізико-механічних властивостей бетонів, які були виготовлені в лабораторних умовах



на основі фрезерованого дрібняку, показують (табл. 1), що введення до їх складу портландцементу марки 400 та повільнорозпадної катіонної бітумної емульсії забезпечує достатньо високі показники границі міцності при стику та коефіцієнту водостійкості в порівнянні з зразками без цементу (табл. 2).

Таблиця 1

Фізико-механічні властивості матеріалу на основі фрезерованого асфальтобетону без в'язучих

Найменування показників	Вимоги ВБН В.2.3-218-539:2007	Дані випробувань			
		1	2	3	Середнє арифметичне
Водонасичення, % за об'ємом	не більше 6,0	5,94	5,95	5,80	5,90
Границя міцності при стиску, МПа, за температури, °С: 20	1,80	1,80	1,81	1,83	1,81
Коефіцієнт водостійкості	0,65	0,66	0,67	0,66	0,66

Таблиця 2

Фізико-механічні властивості матеріалу на основі фрезерованого асфальтобетону та в'язучих

Найменування показників	Вимоги ВБН В.2.3-218-539:2007	Дані випробувань
Водонасичення, % за об'ємом	не більше 6,0	4,3
Границя міцності при стиску, МПа, за температури, 20°С	не менше 1,8	2,90
Коефіцієнт водостійкості	не менше 0,65	0,84

**Висновки.** Результати досліджень показників фізико-механічних властивостей асфальтобетонів, зразки яких були виготовлені в лабораторних умовах на основі фрезованого дрібняку, показують, що введення до їх складу портландцементу марки 400 та повільнорозпадної катіонної бітумної емульсії забезпечує достатньо високі показники границі міцності при стику та коефіцієнту водостійкості в порівнянні з зразками без цементу. Отримані результати свідчать, що застосування технології холодного ресайклінгу з додаванням цементу забезпечить достатню довговічність влаштованого шару.

1. Шимчук О.П. Технологія приготування холодних органо-мінеральних сумішей для цілорічного ямкового ремонту асфальтобетонних покриттів /О.П. Шимчук// НАУКОВІ НОТАТКИ. Міжвузівський збірник (за галузями знань «Машинобудування та металообробка», «Інженерна механіка», «Металургія та матеріалознавство»). Випуск 45. Луцьк. – 2014. – с. 578-581.

2. Сюньи Г.К. Регенерированный дорожный асфальтобетон / Г.К. Сюньи, К.Х. Усманов, Э.С. Файнберг. – М.: Транспорт, 1984. – 118 с.

3. Сасько М.Ф. Холодний ресайклінг, його переваги і перспективи розвитку / М.Ф. Сасько // Автошляховик України. – 2004. – №2. – С. 37 – 40.

4. Головка С.К. Холодний ресайклінг – ефективна технологія відновлення дорожнього одягу / С.К. Головка // Автошляховик України. – 2003. – №6. – С. 34 – 35.

5. Рецикловання дорожніх одягів. Частина 1. Посібник з холодного рецикловання дорожніх одягів безпосередньо на дорозі з використанням цементу / Під заг. ред. проф. В. Жданюка і Д. Сибільського. - Харків: Вид-во ХНАДУ, 2005. -76 с.

6. ДСТУ Б В.2.7-89-99 (ГОСТ 12801-98) Будівельні матеріали. Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва. Методи випробувань.

## З М І С Т

Бондарський О.Г., Ужегова О.А., Ужегов С.О., Ротко С.В., Задорожнікова І.В.	До розрахунку згинальних елементів за деформаціями .....	3
Верешко О.В., Білоус Д.Ю.	Розміщення закладів культурно-побутового обслуговування населення на неурбанізованих територіях (на прикладі Волинської області) .....	11
Вінцюк М.В., Самчук В.П.	Огляд особливостей врахування нелінійності при проектуванні будівельних конструкцій у ПК «ЛІРА-САПР» ТА «SCAD» .....	18
Дзюбинська О.В., Смаль М.В., Дзюбинський А.В.	Дослідження рекреаційних територій в розрізі земель різного цільового призначення .....	26
Дзюбинська О.В., Смаль М.В., Дзюбинський А.В.	Сучасні методики оцінки рекреаційних територій ..	33
Дробишинець С.Я., Киричук М.В.	Особливості використання фібробетону для монолітного будівництва .....	40
Ільчук Н.І., Шафранська О.З., Парфентьева І.О.	Нові технічні рішення ресурсозберігаючих технологій будівництва підземних споруд в Україні .....	47
Канцелярчик О.М., Ужегова О.А., Ротко С.В., Ужегов С.О.	Дослідження бетону на водонепроникність (повідомлення 1).....	55
Кислюк Д.Я., Чапюк О.С.	Дослідження роботи клеєметалевих з'єднань елементів дерев'яних конструкцій .....	63

Маліков В.В., Панасюк Я.І., Боярчук Б.А.	Прискорений метод визначення міцності цементогрунту ..... 70
Мікуліч О.А., Шваб'юк В.І.	Взаємодія пружного імпульсу з еліптичним отвором у пружній пластинці ..... 81
Пасічник Р.В.	Перша та друга квадратичні форми гіперболоїда обертання ..... 89
Пахолук О.А., Юшак Б.В.	Вплив гідрофобізації на стінові газобетонні блоки YTONG ..... 97
Сіромолот Г.В., Гребенюк О.В., Гребенюк І.В.	Вплив ступеня деталізації деяких параметрів розрахункової схеми на характеристики напружено-деформованого стану внутрішньої поздовжньої несучої стіни ..... 107
Скорук Л.М., Сібіковський О.В.	Рекомендації щодо збереження залізобетонних конструкцій під час пожежі в гаражах-стоянках..... 113
Смоляр А.М., Абд Альхамед Кіхья, Мірошкіна І.В., Юрченко С.В.	Особливості зведення плит зі зворотним вигином ..... 121
Стороженко Л.І., Семко П.О., Єфіменко О.І.	Чисельне моделювання сталезалізобетонних елементів методом скінченних елементів ..... 129
Сунак П.О., Синій С.В., Мельник Ю.А., Парасюк Б.О.	Ефективні галузі застосування сталевібробетону... 136
Талах Л.О., Корева О.О., Шимчук О.П., Андрійчук О.В.	Визначення глибини проникнення голки (пенетрації) модифікованих бітумів ..... 143
Трач Р.В.	Дослідження сучасних методів реалізації будівельних проектів ..... 149

Чапюк О.С., Гришкова А.В.	Порівняльний аналіз напружено-деформованих станів зчеплення з важким бетоном сталеві арматури серповидного профілю та композитної склопластикові .....	158
Шваб'юк В.В., Ротко С.В., Ужегова О.А., Канцелярчик О.М.	Згин консольної ортотропної плити крайовим навантаженням в уточненій постановці .....	166
Шимчук О.П., Андрійчук О.В., Талах Л.О.	Застосування технології холодного ресайклінгу для ремонту асфальтобетонних дорожніх покриттів .....	174

Наукове видання

**Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві**

**Збірник наукових праць**

**Випуск 9**

Верстка С.О.Ужегов

Редактор В.І. Шваб'юк

Підписано до друку 22 червня 2018 р. Формат 60 × 84 1/16.  
Папір офсетний

Гарнітура Times New Roman. Друк трафаретний.  
Умовн.друк.арк. 12,0. Тираж 100 пр. Зам. №\_\_\_

Віддруковано ІВВ Луцького НТУ, 43018, м.Луцьк, вул. Львівська, 75

Свідоцтво Держкомтелерадіо України ДК №4123 від 28.07.2011 р.