

ТЕХНОЛОГІЯ ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ЗА РАХУНОК
ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ СКЛОБОЮ В ДОРОЖНЬОМУ БУДІВНИЦТВІ

ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGY USING OF WASTE GLASS IN
ROAD CONSTRUCTION



Кондратенко Вадим Олегович, Національний транспортний університет, кафедра дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, магістрант тел. +380442859528, e-mail: kondratenkovadim@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-5724-4610>



Овсюк Александра Володимирівна, Національний транспортний університет, кафедра дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, студентка, тел. +380442859528, e-mail: aleksandraovsuk@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6999-9105>



Опрощенко Ірина Олександрівна, Національний транспортний університет, кафедра дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, асистент, тел. +380442859528, e-mail: i.oproshchenko@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1292-2689>



Хамбір Богдан Юрійович, Національний транспортний університет, кафедра дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, магістрант тел. +380442859528, e-mail: bodyan338@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6962-9251>



Хом'як Валерія Ігорівна, Національний транспортний університет, кафедра дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, магістрант тел. +380442859528, e-mail: valeria.homiak26@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-5331-8368>

Анотація. Використання відходів виробництва у дорожньому будівництві є одним із важливих напрямів захисту навколишнього середовища та раціонального використання матеріалів при будівництві автомобільних доріг. Розглянута можливість використання відходів склобою у дорожньому будівництві для дренажних шарів конструкцій дорожнього одягу. Представлені результати дослідження впливу зернового складу відходів склобою на коефіцієнт фільтрації. Досліджувались варіанти сумішей склобою з річковим піском. Отримано позитивні результати, що свідчать про можливість застосування відходів склобою для влаштування дренажних шарів конструкцій дорожнього одягу.

Ключові слова: захист навколишнього середовища, відходи склобою, дорожнє будівництво, дренажні матеріали, коефіцієнт фільтрації.

Вступ

Однією з нагальних проблем промисловості є переробка та утилізація відходів. Причиною її виникнення стало не тільки збільшення обсягів виробництва, але й недоброякісний видобуток сировини, нераціональне використання сировинних ресурсів, накопичення та утилізація залишків промисловості. Поряд з цим набула поширення практика самовивозу відходів на несанкціоновані звалища, що спричиняє забруднення навколишнього середовища.

Сучасні тенденції розвитку дорожнього будівництва полягають у застосуванні інноваційних технологій та відходів виробництва.

Утилізація вторинних матеріалів виробництва призначена для збереження природних ресурсів і скорочення обсягу відходів, які необхідно утилізувати в спеціальних місцях поховання. Утилізація заохочується багатьма країнами Європейського Союзу, в якому є відповідні положення у всіх директивах, що стосуються управління відходами.

В умовах ринкової економіки та недостатнього фінансування дорожньої галузі, екологічних проблем та виснаження природних ресурсів, першочерговим завданням є використання відходів промисловості в будівництві доріг, при цьому забезпечивши експлуатаційну надійність шарів дорожніх одягів, а також здійснення заходів спрямованих на ресурсо- та енергозбереження. [1] В дорожньому будівництві України передбачається можливим поряд з природними матеріалами в якості сировини використовувати відходи промисловості, до яких відносять металургійні шлаки, золу-виносення з ТЕС, вторинний поліетилен і гумову крихту [2-5].

Згідно розпорядження Кабінету Міністрів України від 4 грудня 2019 р. № 1420-р «Про застосування відходів виробництва в дорожньому будівництві» передбачено Державному агентству автомобільних доріг, обласним та Київській міській державним адміністраціям рекомендувати: під час здійснення публічних закупівель робіт з будівництва та послуг з поточного ремонту автомобільних доріг загального користування застосовувати неціновий критерій “Заходи із захисту довкілля” з питомою його вагою не менше 10 відсотків, який характеризуватиметься показником “рівень використання відходів виробництва та дорожньо-будівельних матеріалів, отриманих з їх використанням як заповнювачів”; у договорах про будівництво або надання послуг з поточного ремонту автомобільних доріг загального користування в Запорізькій, Донецькій, Луганській, Дніпропетровській, Миколаївській, Кіровоградській областях передбачати положення щодо доцільності використання відходів виробництва (металургійних шлаків, золу-виносу тощо) згідно з відповідними нормативними документами, у тому числі з питань екологічного маркування.

Аналіз досліджень

Можливість застосування промислових відходів при будівництві автомобільних доріг передбачена проєктом Концепції Державної цільової економічної програми будівництва автомобільних доріг загального користування з цементобетонним покриттям на 2021-2025 роки.

Головним напрямком можливого застосування склобою в дорожньому будівництві є використання склобою в якості дрібного заповнювача (піску) при влаштуванні основи або дорожнього покриття з ґрунтів, укріплених (зміцнених) неорганічними в’язучими речовинами (цемент, вапно).

Іншим напрямком є можливе використання склобою при будівництві дорожніх споруд (насіпів) з метою поліпшення фільтраційної характеристики матеріалу, з якого будується насип за рахунок часткової заміни піску склобомом і, тим самим, підвищення коефіцієнту фільтрації піску з низьким коефіцієнтом.

В Канаді і США для дорожнього покриття застосовується матеріал «гласфальт», що містить до 70% склобою. У складі верхнього шару дорожнього покриття використовується до 60% склобою, а в нижніх шарах дорожнього покриття - до 50%.

Дренуючі шари дорожньої конструкції повинні відповідати вимогам до дренуючих ґрунтів згідно ГБН В.2.3 – 37641918-559 [6].

Коефіцієнт фільтрації визначається за табл.1 (ГБН В.2.3 – 37641918-559:2019).

Таблиця 1 – Вимоги до дренуючих ґрунтів відпоідно з ГБН В.2.3 – 37641918-559:2019

Table 1 - Requirements for draining soils in accordance with GBN B.2.3 - 37641918-559: 2019

Коефіцієнт фільтрації еталонний, $K_{\phi e}$	Коефіцієнт неоднорідності, $K_{60/10}$	Вміст частинок розміром менше ніж 0,1 мм, у відсотках, не більше ніж при проектуванні двосхилого поперечного профілю при кількості смуг руху	
		дві	чотири
40 < 3 10,0	40 < 3 10,0	40 < 3 10,0	40 < 3 10,0
7,5	7,5	7,5	7,5
7,0	7,0	7,0	7,0
5,5	5,5	5,5	5,5

Примітка. У чисельнику наведено дані для конструкцій з відведенням води трубчастими дренами, у знаменнику – для конструкцій з відведенням води через фільтруючий шар під узбіччями.

Постановка завдання - дослідити можливість застосування відходів склобою для влаштування дренуючих шарів.

Мета роботи – проведення пошукових досліджень для розробки можливого застосування продукції із склобою у дорожньому будівництві для конструкцій дренуючих шарів.

Для уточнення можливих напрямків утилізації продукції із склобою у дорожньому будівництві, було проведено дослідження по визначенню коефіцієнту фільтрації склобою.

Для визначення пропускної здатності шару склобою при можливому його застосуванні в дорожньому будівництві необхідно визначити коефіцієнт фільтрації шару склобою при певному тиску води в дорожній конструкції (насипу).

Для порівняння випробування проводились з річковим піском.

Випробування склобою проводили згідно із ДСТУ Б В.2.1-23 [7].

При випробуванні визначали коефіцієнт фільтрації склобою в порівнянні з коефіцієнтом фільтрації річкового піску.

Коефіцієнт фільтрації склобою і піску визначали у фільтраційній трубці КФ-00.

Коефіцієнт фільтрації розраховували за формулою :

$$K_{\phi}^{(10)} = \frac{864Q}{Ftir}, \quad (1)$$

де $K_{\phi}^{(10)}$ - коефіцієнт фільтрації ґрунту при температурі води 10⁰С, м/доб;

Q - об`єм води, що профільтрувалась, см³;

F - площа поперечного перерізу циліндричного зразка ґрунту, 25 см²;

t - час фільтрації, 60 с;

i - градієнт напору води;

r - температурна поправка, $r = 0,7 + 0,03T$;

T - температура води, що фільтрується під час проведення досвіду, ⁰С.

Результати визначення коефіцієнта фільтрації склобою і піску приведені у табл. 2

Таблиця 2- Визначення коефіцієнта фільтрації
Table 2- Determination of the filtration coefficient

№	Склад	Градi- єнт напору води, і	Темпе- ратура води, Т С°	Темпе- ратурна поправ- ка, г С°	Пло- ща пере- різу, F см ²	Об'єм профіль- трованої води, Q см ³	Середнє значення коєфі- цієнта фільтра- ції, K_f м/доба
1	Склобій фракція 0,315 - 0,14	0,6	10	1,00	25	11,0	10,2
2	Склобій фракція 0,63 - 0,315		10	1,00		62,0	59,5
3	Склобій фракція 1,25 - 0,63		10	1,00		111,0	16,6
4	Склобій фракція 2,5 - 1,25		10	1,00		32,0	30,7
5	Склобій фракція 5 - 2,5		10	1,00		9,0	8,6
6	Склобій фракції 0,63 - 0,315 - 30% Пісок-70%		10	1,00		27,0	25,7
7	Склобій фракції 1,25 - 0,63 - 30% Пісок-70%		10	1,03		30,0	28,8
8	Склобій фракції 1,25 - 0,63 - 30% Пісок-70%		11	1,03		22,0	21,1
9	Склобій фракції 0,63 - 0,315 - 70% Пісок-30%		11	1,03		36,0	33,5
10	Склобій (суміш фрак- цій)-30% Пісок-70%		11	1,03		5,0	4,4
11	Склобій (суміш фрак- цій)-70% Пісок-30%		11	1,03		7,0	6,5
12	Пісок-100%		10	1,00		17,0	16,3

На рисунку 1 наведено графік залежності коефіцієнта фільтрації води від складу склобою різних фракцій та суміші склобою з піском в різних співвідношеннях.

За попередніми даними встановлено, що найбільший коефіцієнт фільтрації мають фракції склобою 1,25 - 0,63 мм та 0,63 - 0,315 мм відповідно 107 та 59,5 м/добу. В суміші склобій фракції 1,25 - 0,63 мм з піском в співвідношенні 70 % до 30 %. коефіцієнт фільтрації становить 33,5 м/добу, що значно більше коефіцієнта фільтрації піску (16,3 м/добу). При використанні склобою (суміші фракцій) з піском в співвідношенні 70 % до 30 % відповідно, коефіцієнт фільтрації знижується по відношенню до

коефіцієнта фільтрації піску і становить 10,2 м/добу. Таким чином, за результатами попередніх досліджень встановлено, що для підвищення коефіцієнта фільтрації доцільно використовувати фракції склобою 1,25 - 0,63 мм та 0,63 - 0,315 мм в суміші з піском в співвідношенні 70 % до 30 % відповідно.

Крім того були визначені інші характеристики склобою: насипна щільність, яка становить 1455 кг/см³; за гранулометричним складом склобій відноситься до групи важких дрібних заповнювачів; за модулем крупності (Мк) який становить в межах від 2,83 до 4,0, склобій відноситься до крупних дрібних заповнювачів; за характеристикою міцності на стиск марка склобою фракції 5-10 мм має міцність 600 кгс/см².

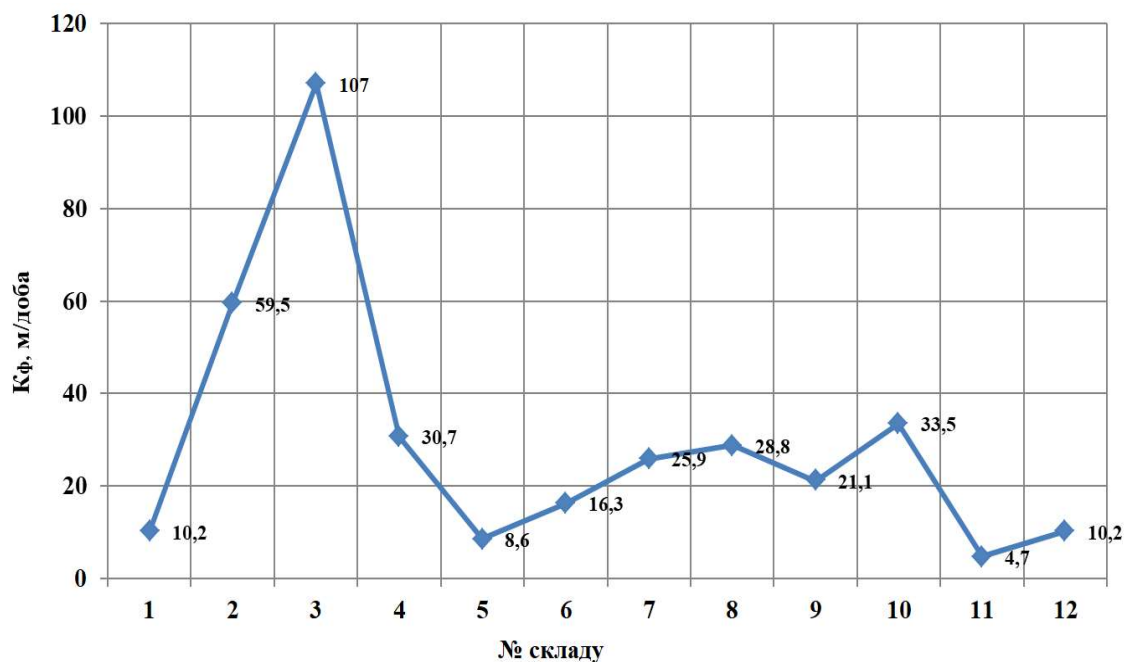


Рисунок 1 – Графік залежності К_ф від складу склобою

№ складів – склобій фракції: 1 – 0,315 - 0,14 мм, 2 – 0,63 - 0,315 мм, 3 – 1,25 - 0,63 мм, 4 – 2,5 - 1,25 мм, 5 – 5 - 2,5 мм; суміш склобою з піском: 6 – пісок, 7 - пісок (70%) + склобій фр. 0,315 (30%), 8 - пісок (30%) + склобій фр. 0,315 (70%), 9 - пісок (70%) + склобій фр. 0,63 (30%), 10 - пісок (30%) + склобій фр. 0,63 (70%), 11 - пісок (70%) + склобій суміш фракцій (30%), 12 - пісок (30%) + склобій суміш фракцій (70%),

Figure 1 - Graph of the dependence of K_ф on the composition of slag

№ compositions - cullet fraction: 1 - 0,315 - 0,14 mm, 2 - 0,63 - 0,315 mm, 3 - 1,25 - 0,63 mm, 4 - 2,5 - 1,25 mm, 5 - 5 - 2,5 mm; mixture of cullet with sand: 6 - sand, 7 - sand (70%) + cullet fr. 0.315 (30%), 8 - sand (30%) + cullet fr. 0.315 (70%), 9 - sand (70%) + cullet fr. 0.63 (30%), 10 - sand (30%) + cullet fr. 0.63 (70%), 11 - sand (70%) + slag mixture of fractions (30%), 12 - sand (30%) + cullet mixture of fractions (70%),

Висновок

Розглянуто один із методів застосування відходів склобою. За результатами проведених досліджень по визначенню коефіцієнта фільтрації встановлено що склобій доцільно використовувати як матеріал для дренаючих шарів. Підвищення коефіцієнту фільтрації дрібного піску при будівництві насипів за рахунок використання фракції склобою 1,25 - 0,63 мм, 63 - 0,315 мм в суміші з піском в співвідношенні 70 % до 30 % відповідно можуть підвищити коефіцієнт фільтрації дрібного піску на 50-70%. Однак характеристика міцності на стиск (марка) склобою фракції 5-10 мм що становить 600

кгс/см², (тоді як у гранітного щебеню фракції 5-10 мм марка по міцності становить 1200 кгс/см²) може обмежити його використання для відповідних дорожніх категорій/

Використання відходів склобою в дорожньому будівництві сприяє зменшенню їх шкідливого впливу на навколишнє середовища.

Перелік посилань

1. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво.
2. ВБН В.2.3-218-537:2008 Споруди транспорту. Влаштування шарів дорожнього одягу методом ресайклінгу з використанням гранульованих доменних шлаків.
3. ДСТУ Б.В.2.7-149:2008 Щебінь і щебенево-піщані суміші із шлаків металургійних для дорожніх робіт.
4. ДСТУ Б.В.2.7-307:2015 Вторинні продукти вугільної промисловості для будівництва автомобільних доріг. Класифікація.
5. ДСТУ Б В.2.7-29-95 Будівельні матеріали. Дрібні заповнювачі природні, із відходів промисловості, штучні для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій та робіт. Класифікація.
6. ГБН В.2.3-37641918-559:2019 Автомобільні дороги. Дорожній одяг нежорсткий. Проектування.
7. ДСТУ Б В.2.1-23:2009 Ґрунти. Методи лабораторного визначення коефіцієнту фільтрації.

ENVIRONMENTAL PROTECTION TECHNOLOGY USING OF WASTE GLASS IN ROAD CONSTRUCTION

Oproshchenko Irina, National Transport University assistant, Department of road building materials and chemistry, tel. +380442859528, e-mail: i.oproshchenko@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-1292-2689>.

Kondratenko Vadym, National Transport University, master's student, Department of road building materials and chemistry, tel. +380442859528, e-mail: kondratenkovadim@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-5724-4610>

Khomiak Valeria, National Transport University, master's student, Department of road building materials and chemistry, tel. +380442859528, e-mail: valeria.homiak26@gmail.com , <https://orcid.org/0000-0002-5331-8368>

Khambir Bohdan, National Transport University master's student, Department of road building materials and chemistry, , tel. +3804422859528, e-mail: bodyan338@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6962-9251>

Ovsyuk Oleksandra, National Transport University, student, Department of road building materials and chemistry, , tel. 380442859528, e-mail: aleksandraovsuk@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6999-9105>.

Summary. The use of industrial waste in road construction is one of the important areas of environmental protection and rational use of materials in road construction. The possibility of using slag waste in road construction for drainage layers of pavement structures is considered. The results of the study of the influence of the grain composition of slag waste on the filtration coefficient are presented. Variants of slag mixtures with river sand were studied. Positive results have been obtained, which indicate the possibility of using slag waste for the installation of drainage layers of pavement structures.

Key words: Environmental protection, glass waste, road construction, drainage materials, filtration coefficient.

References

1. DBN V.2.3-4:2015 Avtomobilni dorohy. Chastyna I. Proektuvannia. Chastyna II. Budivnytstvo.
2. VBN V.2.3-218-537:2008 Sporudy transportu. Vlashtuvannia shariv dorozhnoho odiahu metodom resaiklinhu z vykorystanniam hranulovanykh domennykh shlakiv.
3. DSTU B.V.2.7-149:2008 Shchebin i shchebenevo-pishchani sumishi iz shlakiv metalurhiinykh dlia dorozhnykh robit.
4. DSTU B.V.2.7-307:2015 Vtorynni produkty vuhilnoi promyslovosti dlia budivnytstva avtomobilnykh dorih. Klasyfikatsiia.
5. DSTU B V.2.7-29-95 Budivelni materialy. Dribni zapovniuvachi pryrodni, iz vidkhodiv promyslovosti, shtuchni dlia budivelnykh materialiv, vyrobiv, konstruksii ta robit. Klasyfikatsiia.
6. HBN V.2.3-37641918-559:2019 Avtomobilni dorohy. Dorozhnii odiah nezhorstkyi. Proektuvannia.
7. DSTU B V.2.1-23:2009 Hrunty. Metody laboratornoho vyznachennia koefitsiientu filtratsii.