

УДК 625.168

Каськів В. І., канд. техн. наук, доц., <https://orcid.org/0000-0002-8074-6798>Копинець І. В., <https://orcid.org/0000-0002-0908-4795>Соколов О. В., <https://orcid.org/0000-0002-4694-9647>

Державне підприємство «Державний дорожній науково-дослідний інститут імені М.П. Шульгіна»
(ДП «ДерждорНДІ»), м. Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПИЛУВАТИХ ВІДХОДІВ З ЕЛЕКТРОГЕНЕРУЮЧИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ

Анотація

Вступ. 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. Ключовим елементом у заохоченні до переробки відходів є принцип «забруднювач платить», який був включений до всіх директив Співтовариства щодо поводження з безпечними та небезпечними відходами. З метою заохочення до переробки багато держав-членів прийняли специфічне екологічне законодавство, зокрема, сплату податку за утилізацію відходів.

Проблематика. На сьогодні в Україні не вирішено питання утилізації відходів промисловості, тому значна їх частина знаходяться у відвалах та несе в собі великий ризик для екології, і тільки незначна частина утилізується в будівельних проектах [1], хоча вже існує «Державна цільова економічна програма розвитку автомобільних доріг загального користування державного значення на 2018–2022 роки» [2] та розпорядженням Кабінету міністрів України [3], які регламентують використання місцевих матеріалів, включаючи відходи промисловості під час будівництва автомобільних доріг. В той же час на електрогенеруючих підприємствах України в результаті спалювання вугілля утворюються мільйони тонн пилоподібних відходів — золи-винесення та золи з гідровідвалу.

Мета. Проведення дослідження золи з гідровідвалу та суміші вапнякового матеріалу із золою з гідровідвалу на відповідність вимогам до наповнювачів.

Матеріали і методи. Для дослідження було обрано золу з гідровідвалу, суміш вапнякового матеріалу із золою гідровідвалу та вапняковий мінеральний порошок комерційного виробництва.

Результати. Представлено результати дослідження з встановлення можливості використання пилюватих відходів з електрогенеруючих підприємств для виробництва асфальтобетонних сумішей. Проведено експериментальні дослідження з встановлення фізико-механічних властивостей золи з гідровідвалу та з частковою заміною вапняковим матеріалом. Встановлено відповідність досліджуваних матеріалів вимогам національних стандартів.

Висновки. Проведені дослідження з визначення зернового складу, пористості, набрякання та структуруючої здатності показали, що досліджувана зола не відповідає вимогам таблиці 5 ДСТУ Б В.2.7-121 за пористістю у разі ущільнення 40 МПа, суміш 80:20 — за набряканням зразків із суміші наповнювача з бітумом, а суміш 50:50 за визначеними показниками відповідає установленим вимогам. Значне зростання набрякання зразків із суміші наповнювача з бітумом може бути пов'язане з високим вмістом глинистих домішок в досліджуваних матеріалах.

Ключові слова: вапняковий матеріал, відходи промисловості, зола, мінеральний порошок, фізико-механічні властивості.

Вступ

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. Ключовим елементом у заохоченні до переробки відходів є принцип «забруднювач платить», який був включений до всіх директив Співтовариства щодо поводження з безпечними та небезпечними відходами. З метою заохочення до переробки багато держав-членів прийняли специфічне екологічне законодавство, зокрема, сплату податку за утилізацію відходів.

На сьогодні в Україні не вирішено питання утилізації відходів промисловості, тому значна їх частина знаходяться у відвалах та несе в собі великий ризик для екології, і тільки незначна частина утилізується в будівельних проектах [1], хоча вже існує «Державна цільова економічна програма розвитку автомобільних доріг загального користування державного значення на 2018–2022 роки» [2] та розпорядженням Кабінету міністрів України [3], які регламентують використання місцевих матеріалів, включаючи відходи промисловості під час будівництва автомобільних доріг.

Одним з найбільш використовуваних матеріалів під час будівництва автомобільних доріг є асфальтобетонні суміші. Для виробництва даних сумішей використовують переважно кондиційні мінеральні матеріали — крупний заповнювач, дрібний заповнювач та наповнювач, а як в'язуче використовують бітум.

В Україні як наповнювач використовують переважно матеріал, отриманий подрібненням карбонатних гірських порід, що встановлено в ДСТУ Б В.2.7-119 та ДСТУ Б В.2.7-121.

У той самий час на електрогенеруючих підприємствах України в результаті спалювання вугілля утворюються мільйони тон пилоподібних відходів: золи-винесення та золи з гідровідвалу. Даний матеріал за зерновим складом наближається до вимог до наповнювача згідно з ДСТУ Б В.2.7-121 та ймовірно може бути використаний для виробництва асфальтобетонних сумішей.

Основна частина

Мета даної роботи полягала в установленні можливості використання золи для виробництва асфальтобетонних сумішей. Для цього було проведено дослідження золи, суміші золи з мінеральним порошком у співвідношенні 80:20 та 50:50 (далі — суміш 80:20 та суміш 50:50, відповідно) та мінерального порошку.

Для досліджуваних матеріалів було визначено зерновий склад, дійсну густину, середню густину, пористість при ущільненні 40 МПа, набрякання зразків із суміші мінерального порошку з бітумом, структуруючу здатність.

Зерновий склад визначали згідно з пунктом 4.2 ДСТУ 8772. Дане випробування полягає в розділенні матеріалу на фракції за крупністю, використовуючи набір різних сит в порядку зменшення розмірів їх отворів. За результатами випробування встановлювали відповідність зернового складу вимогам таблиці 5 ДСТУ Б В.2.7-121.

Дійсну густину визначали згідно з пунктом 4.3 ДСТУ 8772. Дане випробування полягає у встановленні густини матеріалу в одиниці об'єму без урахування пор, що містить цей матеріал.

Середню густину визначали згідно з пунктом 4.4 ДСТУ 8772. Дане випробування полягає у визначенні густини мінерального порошку після ущільнення його у формі об'ємом 100 см³ під навантаженням 40 МПа (400 кгс/см²).

Пористість при ущільненні 40 МПа визначали згідно з пунктом 4.5 ДСТУ 8772. Дане випробування полягає у визначенні пористості, яку розраховують на основі попередньо

встановлених показників дійсної густини та середньої густини зразків мінерального порошку, що сформовані при ущільнюючому навантаженні 40 МПа.

Набрякання зразків із суміші мінерального порошку з бітумом визначали згідно з пунктом 4.6 ДСТУ 8772. Дане випробування полягає у визначенні приросту об'єму зразка із суміші мінерального порошку з бітумом після насичення його водою.

Структуруючу здатність визначали згідно з пунктом 4.9 ДСТУ 8772. Дане випробування полягає у визначенні зростання температури розм'якшеності бітуму після його змішування з мінеральним порошком. Результати випробування наповнювачів наведено в **табл. 1**.

Таблиця 1

Результати випробування наповнювачів

Ч. ч.	Найменування показників, одиниця вимірювання	Вимоги ДСТУ Б В.2.7-121	Результати випробування			
			Мінерального порошку	Золи	Суміші 80:20	Суміші 50:50
1	Зерновий склад — вміст частинок, відсоток за масою:					
	— дрібніше ніж 0,071 мм	80, не менше	87,6	84,3	80,7	86,1
	— дрібніше ніж 0,315 мм	90, не менше	99,7	99,8	99,9	99,9
	— дрібніше ніж 1,25 мм	100, не менше	100	100	100	100
2	Дійсна густина, г/см ³	-	2,63	2,60	2,59	2,61
3	Середня густина, г/см ³	-	1,85	1,66	1,69	1,78
4	Пористість у разі ущільнення 40 МПа, відсоток за об'ємом	35, не більше	29,7	36,2	34,8	31,8
5	Набрякання зразків із суміші порошку з бітумом, відсоток за об'ємом	2,5, не більше	0,4	2,2	3,6	2,3
6	Структуруюча здатність, °С	від 10 до 20 включно	14	11	10	12

Результати випробування показали, що за зерновим складом досліджуваний мінеральний порошок, зола, суміш 80:20 та суміш 50:50 відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-121 відповідно до неактивованого мінерального порошку марки І (**рис. 1**). При цьому, через сито з розміром отворів 0,071 мм проходить 87,6 % мінерального порошку, 84,3 % золи, 80,7 % суміші 80:20 та 86,1 % суміші 50:50.

Найбільша дійсна густина характерна для мінерального порошку і становить 2,63 г/см³, найменша — для золи (**рис. 2**). При цьому, збільшення вмісту мінерального порошку в суміші (до співвідношення 50:50) призводить до підвищення її дійсної густини.

Найбільша середня густина також характерна для мінерального порошку та становить 1,85 г/см³, найменша — для золи з гідровідвалу (**рис. 3**). Суттєві відмінності зафіксовані для суміші 80:20 та суміші 50:50. Так, середня густина суміші 50:50 становить 1,78 г/см³ та наближається до середньої густини мінерального порошку, а середня густина суміші 80:20 становить всього 1,69 г/см³ та наближається до середньої густини золи.

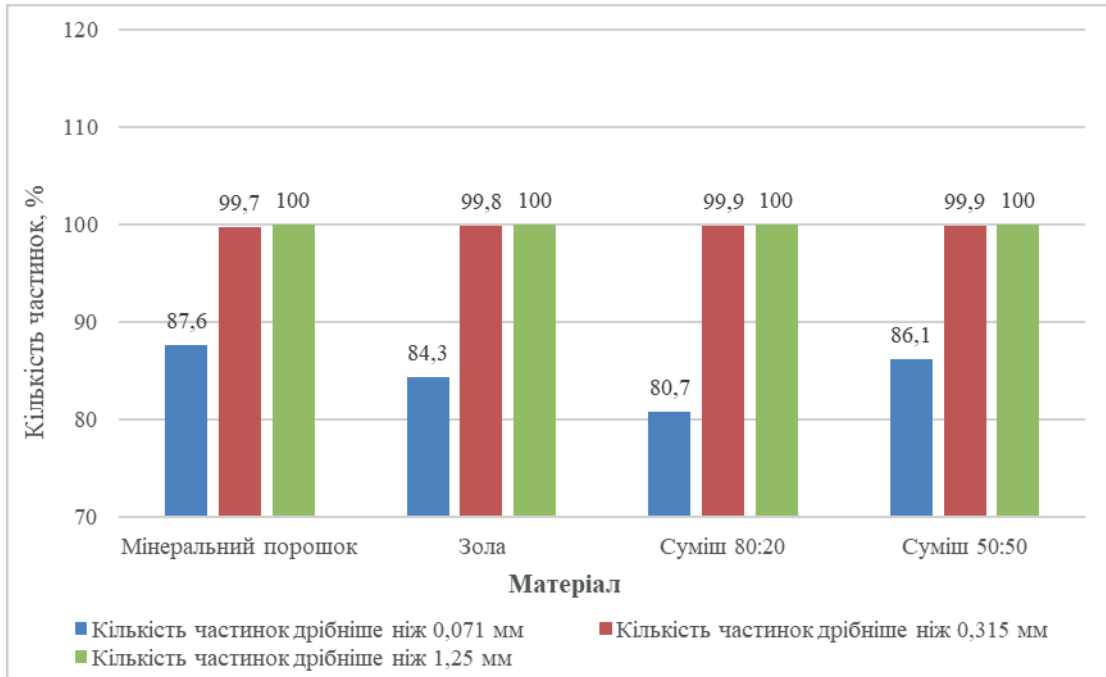


Рисунок 1 — Результати визначення зернового складу досліджуваних матеріалів

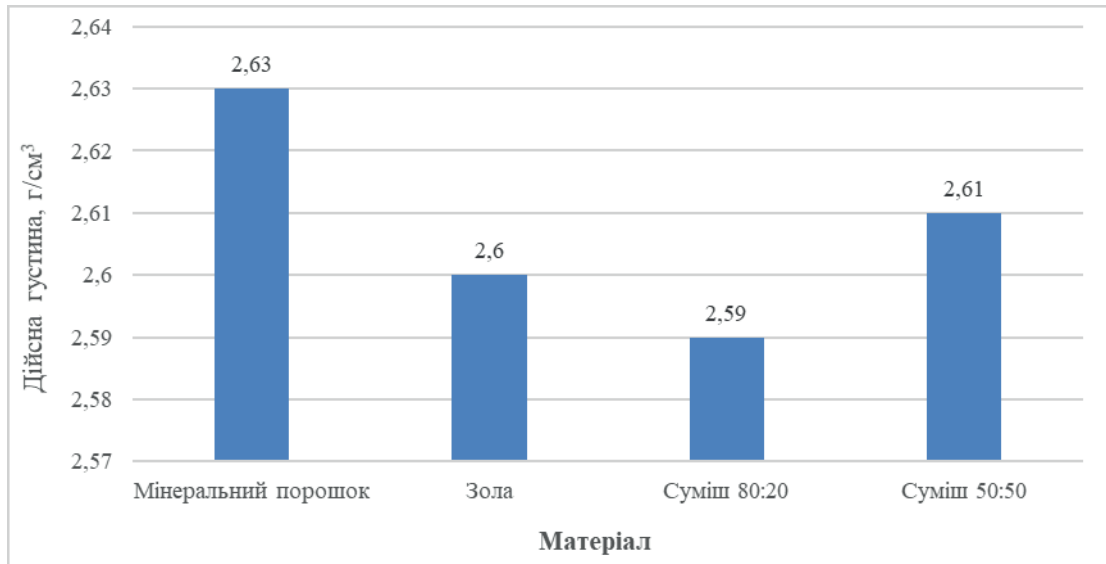


Рисунок 2 — Результати визначення дійсної густини досліджуваних матеріалів

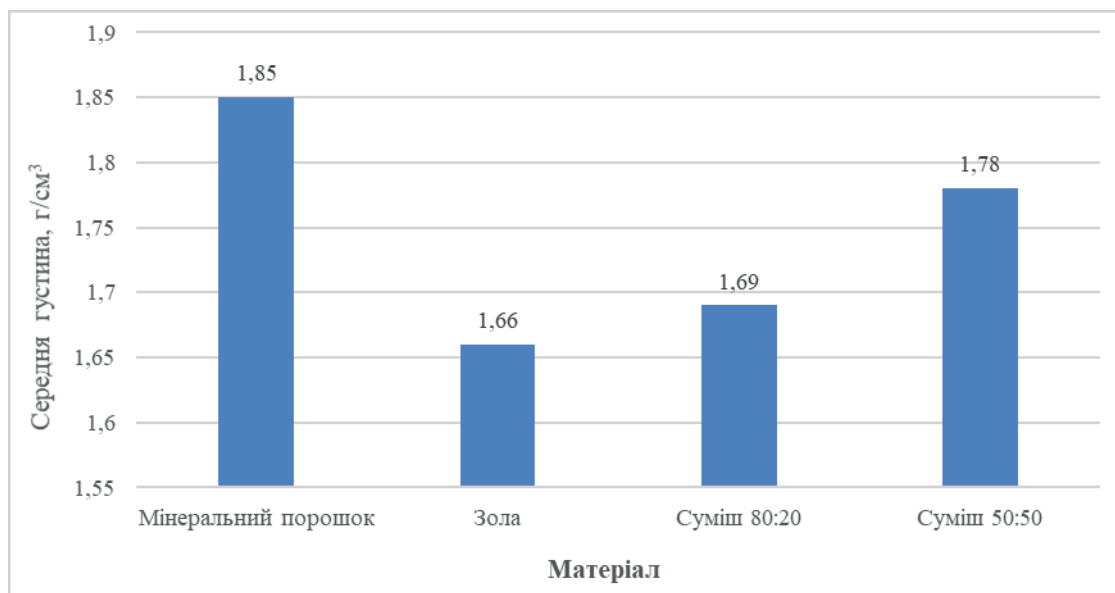


Рисунок 3 — Результати визначення середньої густини досліджуваних матеріалів

Суттєві відмінності в значеннях середньої та дійсної густини досліджуваних матеріалів відображається на їх пористості при ущільненні 40 МПа (рис. 4). Пористість золи та суміші 80:20 є близькою до максимального нормованого значення, а пористість суміші 50:50 наближається до пористості мінерального порошку.

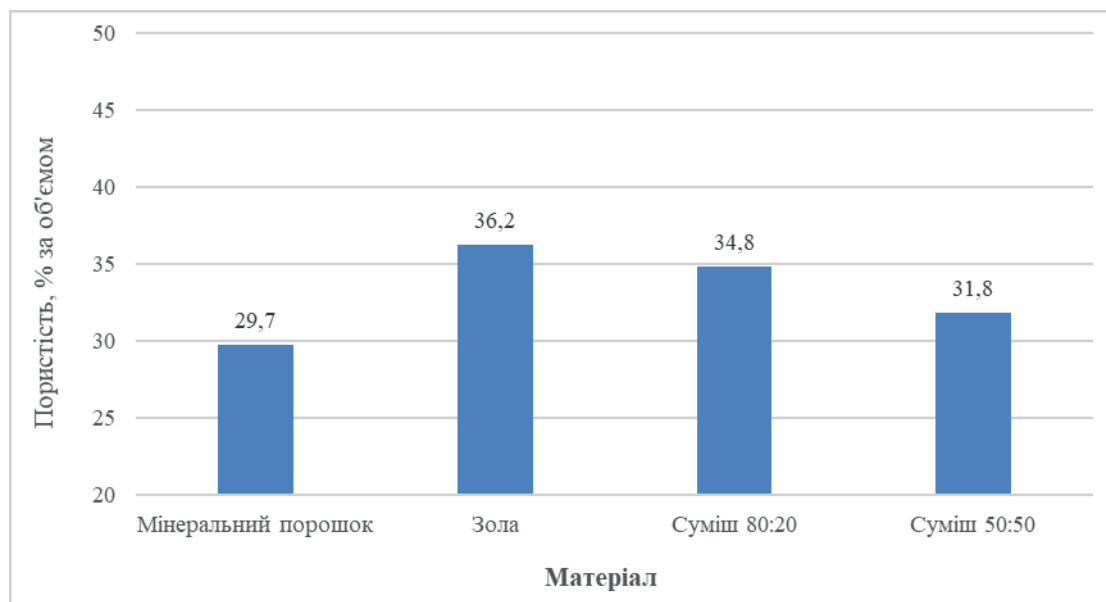


Рисунок 4 — Результати визначення пористості досліджуваних матеріалів

Найбільше вид наповнювача впливає на набрякання зразків із суміші порошку з бітумом (рис. 5). Якщо набрякання для мінерального порошку становить всього 0,4 % за об'ємом, то для золи цей показник становить 2,2 % за об'ємом, а для суміші 80:20 та суміші 50:50 відповідно

3,6 % за об'ємом та 2,3 % за об'ємом. Тобто набрякання для золи та суміші 50:50 наближається до максимально можливого значення 2,5 % за об'ємом, а для суміші 80:20 значно його перевищує.

Найбільшою структуруючою здатністю, що характеризується приростом температури розм'якшеності бітуму під час змішування його із наповнювачем, відзначається мінеральний порошок (рисунок 6), а інші досліджувані матеріали мають на (2–4) °С нижче ніж структуруюча здатність. При цьому, найнижча структуруюча здатність зафіксована для суміші 80:20.

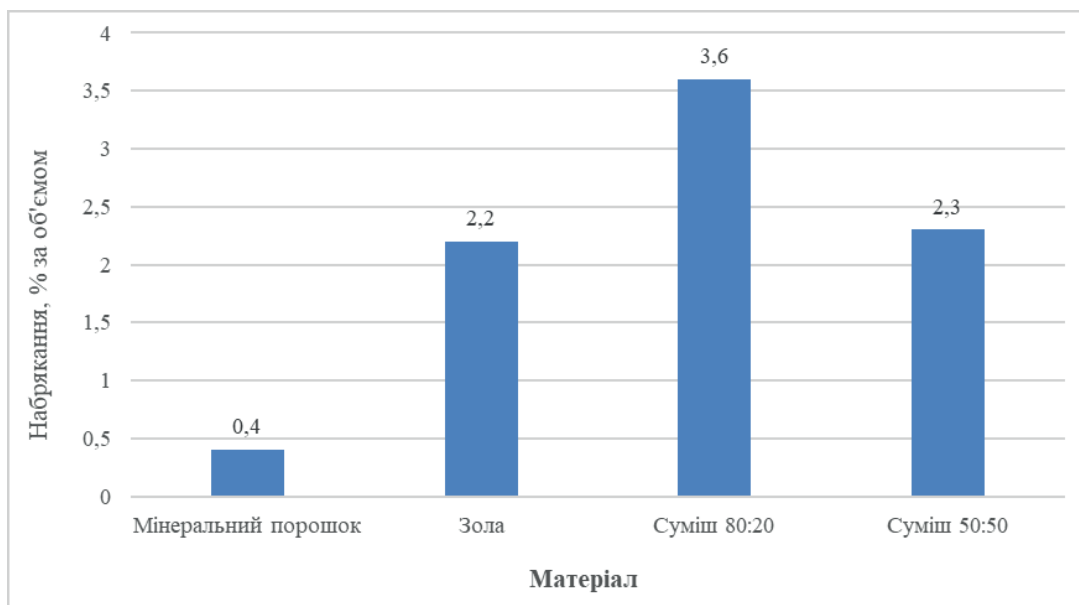


Рисунок 5 — Результати визначення набрякання зразків суміші досліджуваних матеріалів з бітумом

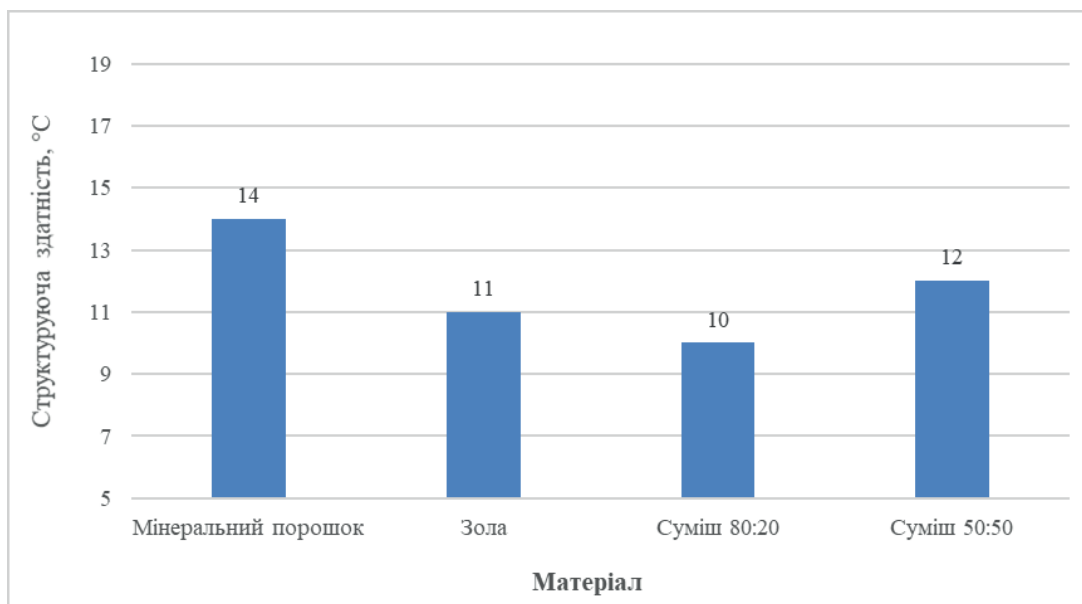


Рисунок 6 — Результати визначення структуруючої здатності досліджуваних матеріалів

Висновки

Проведені дослідження з визначення зернового складу, пористості, набрякання та структуруючої здатності показали, що досліджувана зола не відповідає вимогам таблиці 5 ДСТУ Б В.2.7-121 за пористістю у разі ущільнення 40 МПа, суміш 80:20 — за набряканням зразків із суміші наповнювача з бітумом, а суміш 50:50 за визначеними показниками відповідає установленим вимогам. Значне зростання набрякання зразків із суміші наповнювача з бітумом може бути пов'язане з високим вмістом глинистих домішок в досліджуваних матеріалах.

Подальші дослідження має бути спрямовано на встановлення впливу заміни мінерального порошку в асфальтобетонній суміші на її фізико-механічні властивості.

Список літератури

1. Соколов О. В., Желтобрюх А. Д., Копинець І. В., Каськів В. І. Використання відходів промисловості в дорожньому будівництві. Дороги і мости. 2020. Вип. 21. С. 110–119.
2. Концепція Державної цільової економічної програми розвитку автомобільних доріг загального користування державного значення на 2018-2022 роки : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 11.01.2018 N 34-р // База даних Законодавство України / Верховна рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/34-2018-%D1%80> (дата звернення: 20.01.2021).
3. Про застосування відходів виробництва в дорожньому будівництві : Розпорядження Кабінету міністрів України від 04.12.2019 N 1420-р // База даних Законодавство України / Верховна рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1420-2019-%D1%80#Text> (дата звернення: 20.01.2021).
4. ДСТУ 8772:2018 Порошок мінеральний для асфальтобетонних сумішей. Методи випробування. Київ, 2019. 44 с. (Інформація та документація).
5. ДСТУ Б В.2.7-121:2014 Порошок мінеральний для асфальтобетонних сумішей. Технічні умови. Київ, 2015. 42 с. (Інформація та документація).

References

1. Oleksii Sokolov, Anton Zheltobriukh, Ivan Kopynets, Volodymyr Kaskiv Use of industrial waste in road construction. Dorogi i mosti [Roads and bridges]. 2020. Iss. 21. P. 110–119 [in Ukrainian].
2. Kontseptsiya Derzhavnoyi tsilovoyie ekonomichnoyi prohramy rozvytku avtomobilnykh dorih zahalnoho korystuvannya derzhavnoho znachennyana 2018-2022 roky : Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 11.01.2018 N 34-p Database of Legislation of Ukraine / Verkhovna Rada of Ukraine. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/34-2018-%D1%80> (Last accessed: 20.01.2021) [in Ukrainian].
3. Pro zastosuvannya vidkhodiv vyrobnytstva v dorozhnomu budivnytstvi : Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine of 04.12.2019 N 1420-p // Database of Legislation of Ukraine / Verkhovna Rada of Ukraine. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1420-2019-%D1%80#Text> (Last accessed: 20.01.2021) [in Ukrainian].
4. DSTU 8772:2018 Poroshok mineralnyi dlia asfaltobetonnykh sumishei. Metody vyprobuvannya [State Standard of Ukraine (DSTU 8772:2018) Mineral powder for asphalt concrete mixes. Test methods]. Kyiv, 2019. 44 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
5. DSTU B V.2.7-121:2014 Poroshok mineralnyi dlia asfaltobetonnykh sumishei. Tekhnichni umovy [State Standard of Ukraine (DSTU B V.2.7-121:2014) Mineral powder for asphalt concrete mixtures. Specifications]. Kyiv, 2015. 42 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

Volodymyr Kaskiv, Ph.D., Associate Prof., <https://orcid.org/0000-0002-8074-6798>

Ivan Kopynets, <https://orcid.org/0000-0002-0908-4795>

Oleksii Sokolov, <https://orcid.org/0000-0002-4694-9647>

M.P. Shulgin State Road Research Institute State Enterprise – DerzhdorNDI SE, Kyiv, Ukraine

STUDY OF PROPERTIES OF DUSTY WASTES FROM POWER GENERATING PLANTS OF UKRAINE

Abstract

Introduction. Disposal of recycled materials is targeted at saving the natural resources and reducing the volume of wastes that have to be disposed of in special landfills. Disposal is encouraged by many countries of the European Union. A key element in promoting of wastes recycling is the «polluter pays» principle, which has been included in all Community directives regarding management of safe and hazardous wastes. In order to encourage recycling, many Member States have adopted specific environmental legislation, in particular, the wastes disposal tax.

Problem statement. Today, in Ukraine the issue of utilization of industrial wastes has not been solved, that is why a considerable part of them are in the dumps and pose a great risk for the environment; and only a small part of them is utilized in the construction projects [1], although there exists the «State Target Economic Program for the Development of Public Roads of National Significance for 2018–2022» [2] and the Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine [3] which regulate the use of local materials, including industrial waste during the construction of motor roads. At the same time, millions of tons of dusty wastes are being produced at the Ukrainian power plants as a result of coal combustion — fly ash and ash from a tailings dam.

Purpose. Carrying out of research of ash from a tailings dam and a mixture of limestone material with the ash from the tailings dam on conformity with the requirements to fillers.

Materials and methods. The ash from a tailings dam, a mixture of limestone material with the ash from a tailings dam and commercially produced limestone filler have been selected for the study.

Results. The results of the research on establishing the possibility of using the dusty waste products from power generating plants for the production of asphalt mixtures are presented. Experimental studies have been performed to determine the physical and mechanical properties of the ash from the tailings dam with partial replacement by limestone material. The conformity of the studied materials to the requirements of national standards was determined.

Conclusions. Studies for determination of grading, porosity, swelling and structuring ability showed that the tested ash does not meet the requirements of Table No.5 of DSTU B V.2.7-121 for porosity in the case of compaction of 40 MPa; a mixture 80:20 — for swelling of samples of the filler with bitumen; and the mixture 50:50 meets the established requirements by defined indicators. A significant swelling increase of the samples from the mixture of filler with bitumen may be the result of high content of clay impurities in the test materials.

Keywords: industrial wastes, limestone material, ash, filler. physical and mechanical properties.