

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗОЛ-ВИНОСУ РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ НА
ВІДПОВІДНІСТЬ НАЦІОНАЛЬНИМ ВИМОГАМ

STUDY OF THE PROPERTIES OF ASH-REMOVAL OF DIFFERENT ORIGIN TO
COMPLY WITH NATIONAL REQUIREMENTS



Соколов Олексій Владиславович, аспірант кафедри транспортного будівництва та управління майном Національного транспортного університету, e-mail: bitumen_lab@ukr.net,

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

Анотація. *Вступ.* В Україні близько 30% всієї електроенергії виробляється від спалювання твердого палива - вугілля, сланцю, торфу. В нашій країні налічується близько 15 діючих ТЕС на яких вторинним продуктом утворюється близько 5-6 млн. тон золошлакових відходів в рік. Таким чином, відходи паливно-енергетичного комплексу, що утворюються в топках теплових електростанцій, являють собою величезні скупчення золи у вигляді пилоподібних залишків і кускового шламу, а також різні зола-шлакові суміші. Ці продукти високотемпературної обробки (1200-1700 °С) мінеральної частини палива, знайшли широке застосування в багатьох країнах світу і враховуючи світову тенденцію, до збільшення частки вторинного ринку використання відходів, слід прогнозувати підвищення темпів їх переробки і в Україні.

Проблематика. В Україні як наповнювач використовують переважно матеріал, отриманий подрібненням карбонатних гірських порід, що встановлено в ДСТУ Б В.2.7-121. В той же час на електрогенеруючих підприємствах України в результаті спалювання вугілля утворюються мільйони тон пилоподібних відходів - золи-виносу. Даний матеріал за зерновим складом наближається до вимог до наповнювача згідно з ДСТУ Б В.2.7-121 та може бути використаний для виробництва асфальтобетонних сумішей.

Мета роботи полягає у встановленні можливості використання золи-виносу різного походження для виробництва асфальтобетонних сумішей.

Матеріали і методи. Під час досліджень використовували золи-виносу різного походження.

Результати. Встановлено, що дані матеріали за всіма визначеними показниками відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-121 відповідно до неактивованого мінерального порошку марки І.

Висновки. Проведені дослідження з визначення зернового складу, пористості, набрякання та структуруючої здатності показали, що досліджувана зола-винесення відповідає вимогам таблиці 5 ДСТУ Б В.2.7-121, а показники є наближеними до вапнякового мінерального порошку.

Ключові слова. мінеральний порошок, зола-винесення, екологія, пористість, густина, структуруюча здатність.

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 [1]. З метою заохочення до переробки

багато держав-членів прийняли специфічне екологічне законодавство, зокрема, сплату податку за утилізацію відходів.

В Україні близько 30% всієї електроенергії виробляється від спалювання твердого палива - вугілля, сланцю, торфу. В нашій країні налічується близько 15 діючих ТЕС на яких вторинним продуктом утворюється близько 5-6 млн. т золошлакових відходів в рік. Таким чином, відходи паливно-енергетичного комплексу, що утворюються в топках теплових електростанцій, являють собою величезні скупчення золи у вигляді пилоподібних залишків і кускового шламу, а також різні золошлакові суміші. Ці продукти високотемпературної обробки (1200-1700 °С) мінеральної частини палива знайшли широке застосування в багатьох країнах світу і враховуючи світову тенденцію до збільшення частки вторинного ринку використання відходів, слід прогнозувати підвищення темпів їх переробки і в Україні.

Зола-виносу ТЕС - є вторинним продуктом промисловості, що утворюється з мінеральної частини твердого палива, що спалюється в пилоподібному стані і зібраний зола-уловлювальними пристроями з димових газів теплових електростанцій. Залежно від типу зола-уловлювальних пристроїв зола-винесення може вилучуватися у вологому або сухому стані. Механізм утворення відходів залежить від ряду факторів, таких як вид палива, спосіб спалювання та температура спалювання.

Розмір варується від часток мікрона до 0,315 мм., тобто є тонкодисперсним матеріалом, що виноситься з димовими газами і осідає в золоуловлювачах з подальшим накопиченням в силосних баштах.



Рисунок 1 – Отримання золи-виносу з ТЕС

Figure 1 – Receiving fly ash from TPP

Основна частина

В даний час немає певної загально визнаної класифікації золи-винесення. Наявні на сьогоднішній день класифікації не узгоджуються між собою і залежать від зручності використання при різних цілях. Для золи-винесення, отриманих спалюванням вугілля кожного родовища, встановлюється зразкові вимоги щодо хімічного складу, питомої поверхні після електрофільтра або батарейного циклону. Однак ці нормативи настільки широкі, що можуть використовуватися тільки як інформаційно-довідковий матеріал, але не керівництвом при практичному використанні.

Хімічний склад золи виносу безпосередньо відноситься до хімії мінералів що спалюються. Було проведено безліч досліджень по уточненню хімічного складу. Серед яких треба відзначити дослідження Джаміі Мілії та Джаміі Нагар, які в своїй роботі визначили досить точні діапазони

хімічних сполук в золи-виносу та якісні фізичні характеристики [2]. За цими дослідженнями було встановлено хімічний склад золи-винесення, який наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад золи-винесення

Table 1 – Chemical composition of fly ash

Оксиди	CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	Інші
Відсотковий вміст в золі	0,37-27,68	27,88-59,40	5,23-33,99	1,21-29,63	0,42-8,79	0,42-8,79	0,20-6,90	0,64-6,68	0,24-1,73	4,0-6,0

(CaO - Оксид кальцію; SiO₂ - Діоксид кремнію; Al₂O₃ - Оксид алюмінію; Fe₂O₃ - Оксид заліза; MgO - Оксид магнію; SO₃ - Триоксид сірки; Na₂O - Карбонат натрію; K₂O - Оксид калію; TiO₂ - Діоксид титану). Зольні відходи містять слідові домішки, такі як цинк, свинець, хром, марганець, кобальт, нікель, ртуть, миш'як, сурма, ванадій, стронцій, германій, бор, берилій, фтор тощо [3].

Були проведені випробування на відповідність стандартним властивостям золи-виносу як мінерального порошку. Результати випробування наповнювачів наведено в таблиці 3.

Результати випробування показали, що за зерновим складом досліджуваний вапняковий мінеральний порошок, зола-виносу Бурштинської ТЕС, зола-виносу Дарницької ТЕС та зола-виносу Трипільської ТЕС відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-121 [4] відповідно до неактивованого мінерального порошку марки І (рисунок 2). При цьому, через сито з розміром отворів 0,071 мм проходить 87,6 % вапнякового мінерального порошку, 86,3 % золи виносу Бурштинської ТЕС, 85,7 % золи виносу Дарницької ТЕС та 83,1 % золи виносу Трипільської ТЕС.

Таблиця 2 – Результати випробування наповнювачів

Table 2 – Test results of fillers

Ч. ч.	Найменування показників, одиниця вимірювання	Вимоги ДСТУ Б В.2.7-121	Результати випробування			
			Вапняк ового МП	Зола-виносу		
				Бурштинська ТЕС	Дарницька ТЕС	Трипільська ТЕС
1	Зерновий склад — вміст частинок, відсоток за масою: — дрібніше ніж 0,071 мм — дрібніше ніж 0,315 мм — дрібніше ніж 1,25 мм	80, не менше 90, не менше 100, не менше	87,6 99,7 100	86,3 99,8 100	85,7 99,9 100	83,1 99,9 100
2	Дійсна густина, г/см ³	-	2,63	2,60	2,59	2,61
3	Середня густина, г/см ³	-	1,85	1,78	1,73	1,78
4	Пористість у разі ущільнення 40 МПа, відсоток за об'ємом	35, не більше	29,7	33,2	34,8	31,8
5	Набрякання зразків із суміші порошку з бітумом, відсоток за об'ємом	2,5, не більше	0,4	1,2	1,8	1,6
6	Структуруюча здатність, °С	від 10 до 20 включно	12,4	13,4	12,9	13,5

Найбільша дійсна густина характерна для мінерального порошку і становить $2,63 \text{ г/см}^3$, найменша — у золи виносу Дарницької ТЕС (рисунок 3).

Найбільша середня густина також характерна для вапнякового мінерального порошку і становить $1,85 \text{ г/см}^3$, найменша — для золи виносу Дарницької ТЕС (рисунок 3). Середня густина зола виносу Бурштинської ТЕС та зола виносу Трипільської ТЕС становить $1,78 \text{ г/см}^3$ та наближається до середньої густини вапнякового мінерального порошку.

Суттєві відмінності в значеннях середньої та дійсної густини досліджуваних матеріалів відображається на їх пористості при ущільненні 40 МПа (рисунок 5). Пористість золи виносу є близькою до максимального нормованого значення, але всі матеріали знаходяться в нормативних мажах .

Найбільш вид наповнювача впливає на набрякання зразків із суміші порошку з бітумом (рисунок 6). Якщо набрякання для вапнякового мінерального порошку становить всього 0,4 % за об'ємом, то для золи виносу Бурштинської ТЕС цей показник становить 1,2 % за об'ємом, а золи виносу Дарницької ТЕС та золи виносу Трипільської ТЕС відповідно 1,8 % за об'ємом та 1,6 % за об'ємом. Тобто показник набрякання золи винесення знаходиться в межах норми.

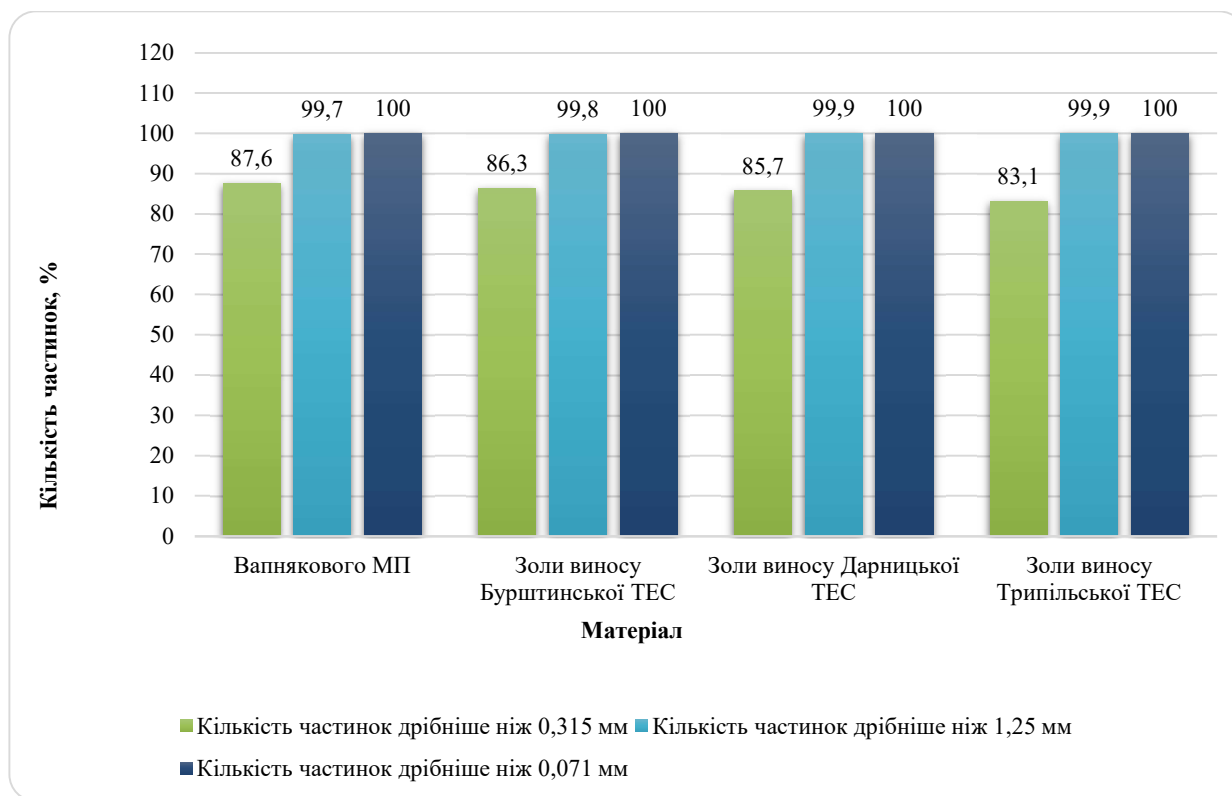


Рисунок 2 – Результати визначення зернового складу досліджуваних матеріалів
Figure 2 – Results of determining the grain composition of the studied materials

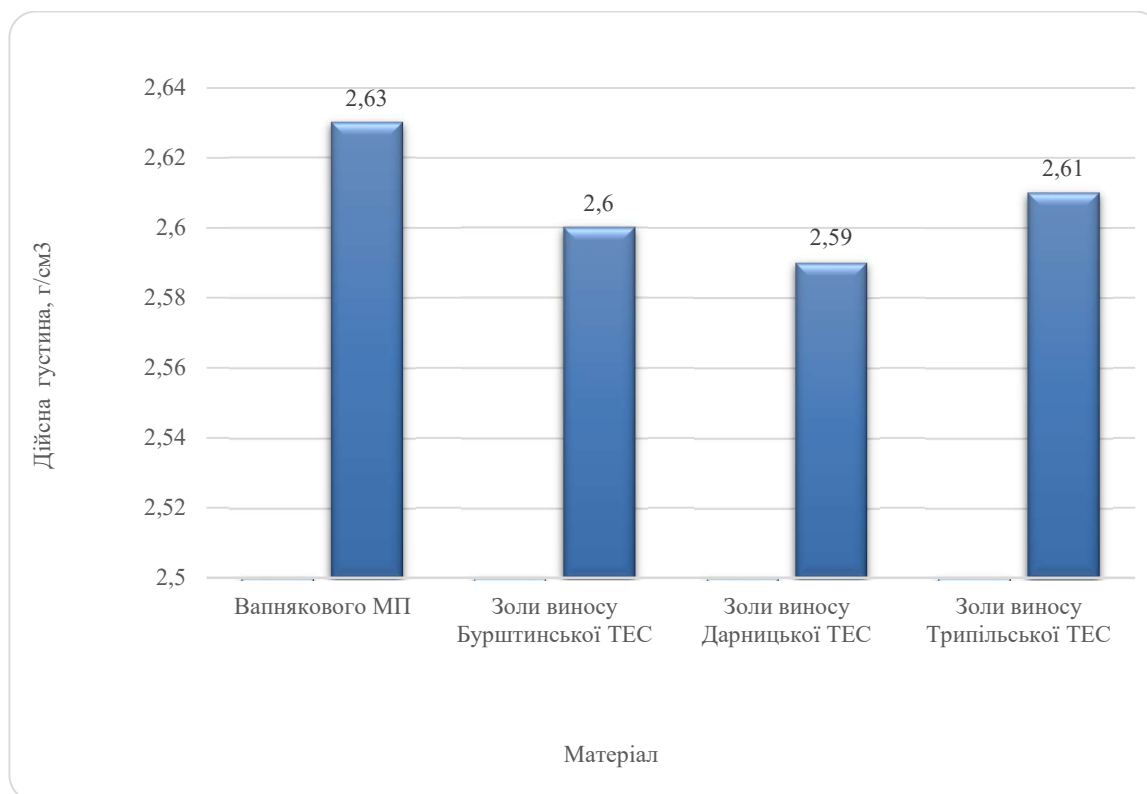


Рисунок 3 – Результати визначення дійсної густини досліджуваних матеріалів

Figure 3 – Results of determining the actual density of the studied materials

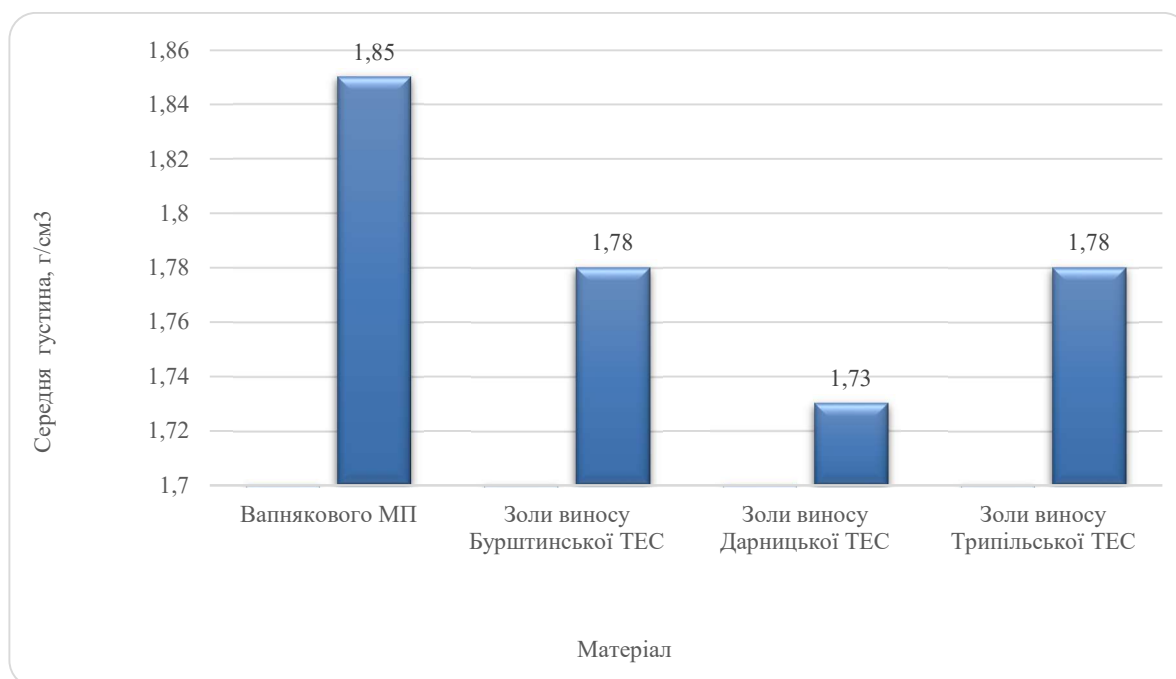


Рисунок 4 – Результати визначення середньої густини досліджуваних матеріалів

Figure 4 – Results of determining the average density of the studied materials

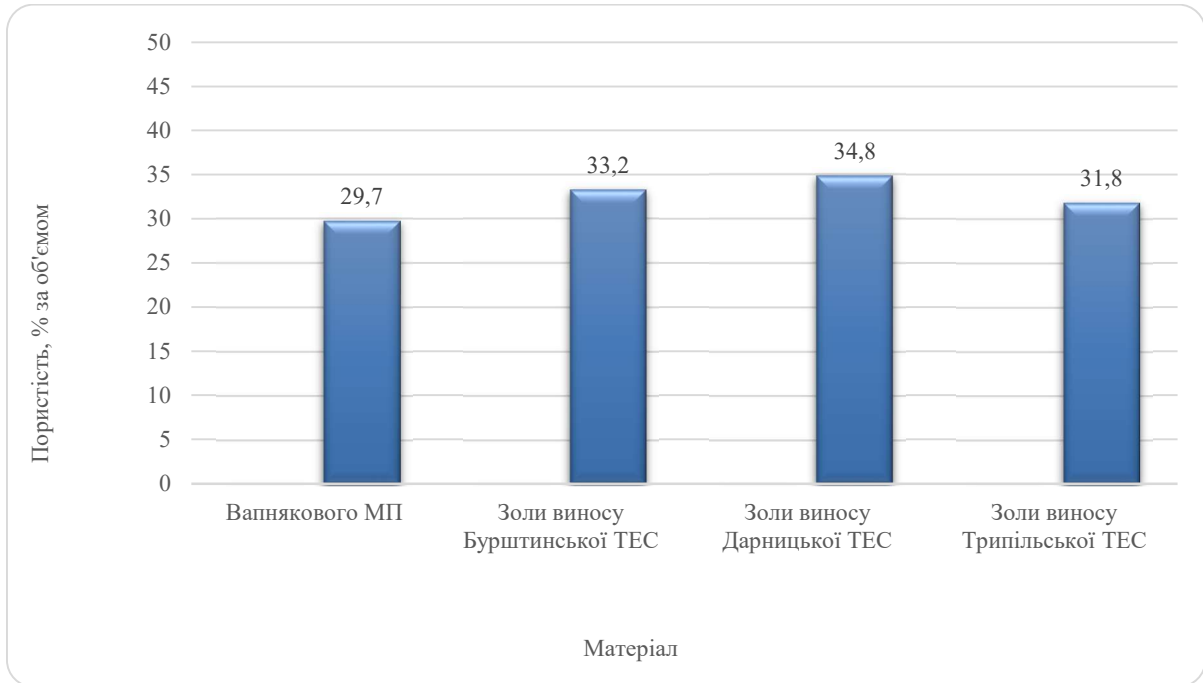


Рисунок 5 – Результати визначення пористості досліджуваних матеріалів
 Figure 5 – Results of determining the porosity of the studied materials

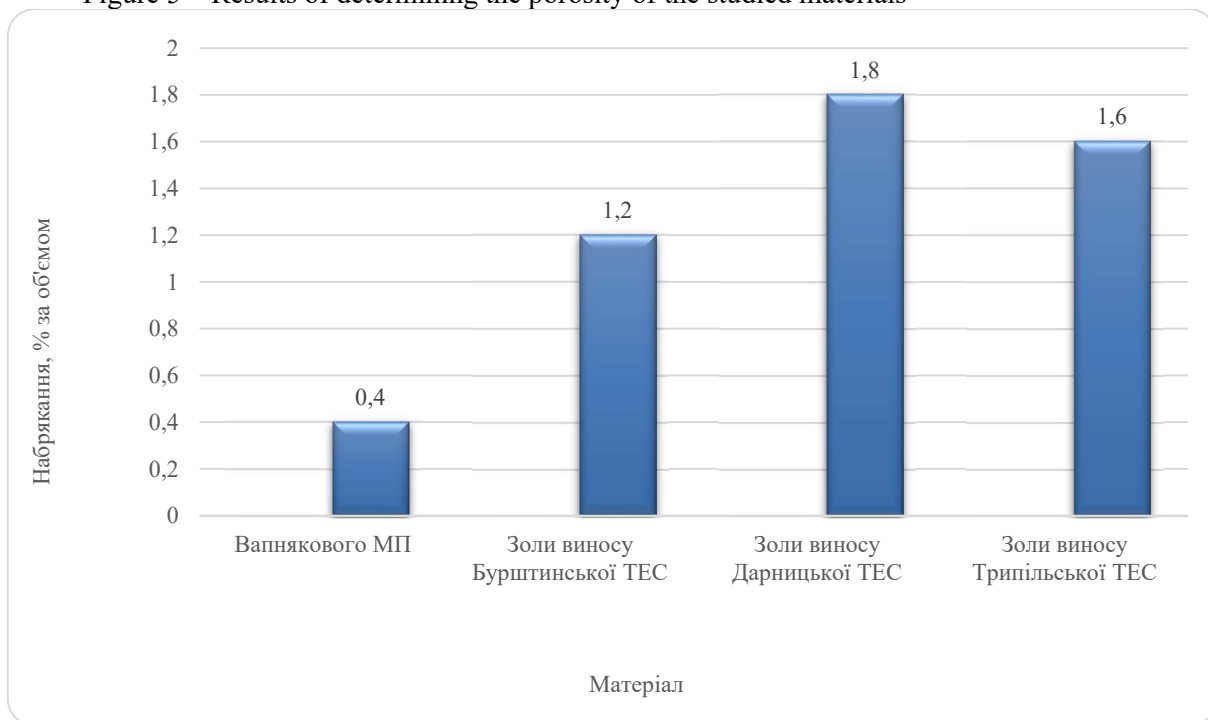


Рисунок 6 – Результати визначення набрякання зразків суміші досліджуваних матеріалів з бітумом

Figure 6 – Results of determination of the swelling of the samples of the mixture of the studied materials with bitumen

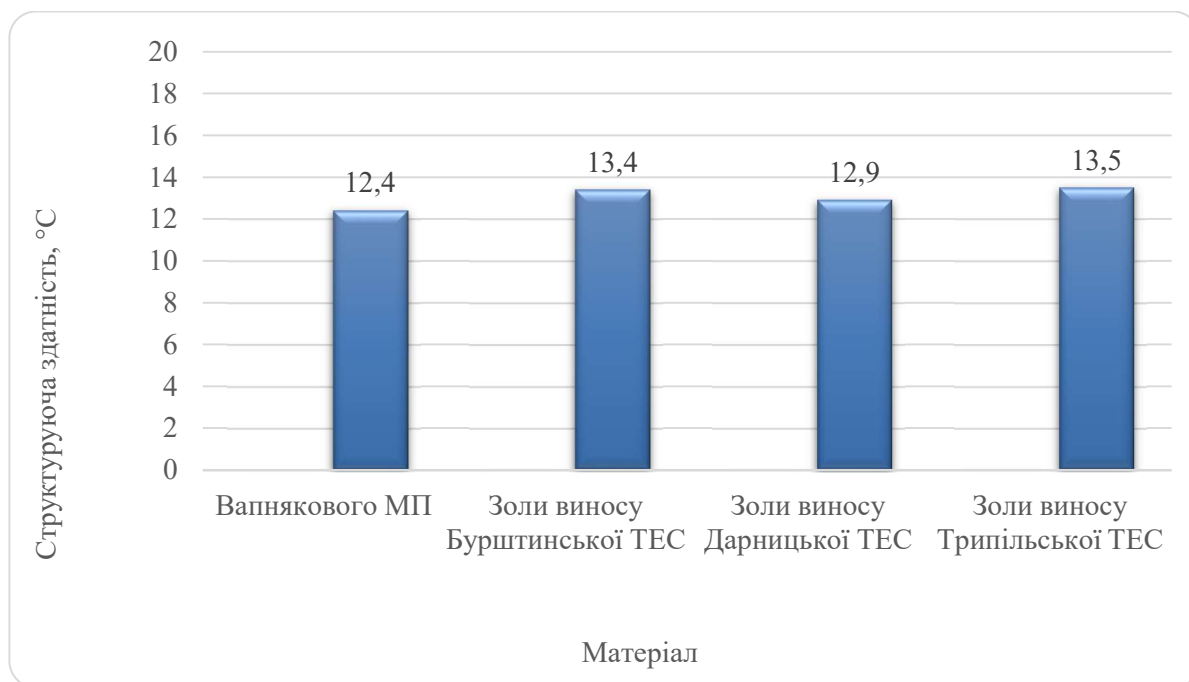


Рисунок 7 – Результати визначення структуруючої здатності досліджуваних матеріалів
Figure 7 – Results of determining the structuring ability of the studied materials

Найбільшою структуруючою здатністю, що характеризується приростом температури розм'якшеності бітуму під час змішування його із наповнювачем, відзначається зола виносу Трипільської ТЕС та зола виносу Бурштинської ТЕС (рисунок 7), а інші досліджувані матеріали мають на 1 °C нижчу структуруючу здатність. При цьому, найнижча структуруюча здатність зафіксована для вапнякового мінерального порошку.

Таким чином встановлено, що дані матеріали за всіма визначеними показниками відповідають вимогам ДСТУ Б В.2.7-121 відповідно до неактивованого мінерального порошку марки І.

Висновки

В Україні в якості сировини для виробництва мінерального порошку переважно використовують осадові карбонатні гірські породи, тобто матеріал природного походження. В той же час Україна має великий ресурс вторинних продуктів промисловості, який може бути використаний для виробництва мінерального порошку.

Проведені дослідження з визначення зернового складу, пористості, набрякання та структуруючої здатності показали, що досліджувана зола-виносу відповідає вимогам таблиці 5 ДСТУ Б В.2.7-121, а показники є наближеними до вапнякового мінерального порошку. 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.

Перелік посилань

1. Соколов О. В., Желотобрюх А. Д., Копинець І. В., Каськів В. І. Використання відходів промисловості в дорожньому будівництві. Дороги і мости. Київ, 2020. Вип. 21. С. 110-119.
2. Доцент кафедри машинобудування, інженерно-технологічний факультет, Джамія Міллія Ісламія, Джамія Нагар. Утилізація та використання зол виносу для захисту середовища. Міжнародний журнал інноваційних досліджень у науці, інженерії та технології. Нью-Делі-110025, Індія. Том 2, випуск 10, жовтень 2013 року, с.5259-5266.

3. M. Guo and Y. Tan, "Interaction between asphalt and mineral fillers and its correlation to mastics' viscoelasticity," *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 22, no. 1, pp. 1–10, 2021.

4. ДСТУ Б В.2.7-121:2014 Порошок мінеральний для асфальтобетонних сумішей. Технічні умови. Київ, 2015. 42 с. (Інформація та документація).

STUDY OF THE PROPERTIES OF ASH-REMOVAL OF DIFFERENT ORIGIN TO COMPLY WITH NATIONAL REQUIREMENTS

Sokolov Oleksiy V., graduate student of the Department of Transport Construction and Property Management of the National Transport University, e-mail: bitumen_lab@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-4694-9647>

Abstract. Introduction. In Ukraine, about 30% of all electricity is produced by burning solid fuels - coal, shale, and peat. In our country, there are about 15 operating thermal power plants, which generate about 5-6 million tons of ash and slag waste as a secondary product per year. Thus, the waste of the fuel and energy complex, which is formed in the furnaces of thermal power plants, is a huge accumulation of ash in the form of dust-like residues and lumpy sludge, as well as various ash-slag mixtures. These products of high-temperature processing (1200-1700 °C) of the mineral part of the fuel are widely used in many countries of the world, and taking into account the global trend of increasing the share of the secondary market for the use of waste, it is necessary to predict an increase in the rate of their processing in Ukraine as well.

Problems. In Ukraine, as a filler, the material obtained by crushing carbonate rocks is used as a filler, which is established in DSTU B B.2.7-121. At the same time, as a result of burning coal, millions of tons of dust-like waste - fly ash - are generated at power-generating enterprises of Ukraine. The grain composition of this material approaches the filler requirements according to DSTU B V.2.7-121 and can be used for the production of asphalt concrete mixtures.

The purpose of the work is to establish the possibility of using fly ash of various origins for the production of asphalt concrete mixtures.

Materials and methods. Fly ash of various origins was used during the research.

The results. It has been established that these materials meet the requirements of DSTU B B.2.7-121 according to all the specified indicators in accordance with the non-activated mineral powder of the I brand.

Conclusions. Conducted studies on determination of grain composition, porosity, swelling and structuring ability showed that the studied fly ash meets the requirements of table 5 of DSTU B B.2.7-121, and the indicators are close to limestone mineral powder.

Key words. mineral powder, fly ash, ecology, porosity, density, structuring ability.

References

1. Sokolov O. V., Zhelotobryukh A. D., Kopynets I. V., Kaskiv V. I. Use of industrial waste in road construction. Roads and bridges. Kyiv, 2020. Issue 21. P. 110-119.

2. Associate Professor of the Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering and Technology, Jamia Millia Islamia, Jamia Nagar. Disposal and use of waste ash for environmental protection. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. New Delhi-110025, India. Volume 2, issue 10, October 2013, pp. 5259-5266.

3. M. Guo and Y. Tan, "Interaction between asphalt and mineral fillers and its correlation to mastics' viscoelasticity," *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 22, no. 1, pp. 1–10, 2021.

4. DSTU B V.2.7-121:2014 Mineral powder for asphalt concrete mixtures. Specifications. Kyiv, 2015. 42 p. (Information and documentation).

Надійшла до редакції 05.04.2023.