

**УДК 625.852**

**Мозговий В.В.**, д-р техн. наук

### **УТИЛИЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ТЕЦ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ БІТУМОМІНЕРАЛЬНИХ СУМІШЕЙ**

**Анотація.** У статті розглянуто питання утилізації відходів ТЕЦ шляхом використання останніх в якості заповнювача для органо-мінеральних сумішей. Наведені фізико-механічні характеристики ушільненої бітумо-мінеральної суміші різних гранулометричних типів та на різних в'язучих. Показана можливість направлено регулювати властивості ушільненої бітумо-мінеральної суміші.

Отримані результати свідчать про доцільність застосування ушільненої бітумо-мінеральної суміші сумішей для здійснення ямкового ремонту

Об'єкт дослідження – бітумо-мінеральна суміш.

Мета роботи – Утилізація відходів ТЕЦ при виготовленні бітумо-мінеральних сумішей.

Методи дослідження – аналітико-експериментальні.

**Ключові слова:** золошлакові відходи, ТЕЦ, суміші бітумо-мінеральні гранулометричний склад, фізико-механічні властивості

**УДК 625.852**

**Мозговой В.В.**, д-р техн. наук

### **УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ТЭЦ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ БИТУМОМИНЕРАЛЬНЫМ СМЕСЕЙ**

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы утилизации отходов ТЭЦ путем использования последних в качестве заполнителя для органо-минеральных смесей. Приведенные физико-механические характеристики ушительной битума-минеральной смеси различных гранулометрических типов и на различных вяжущих. Показана возможность направленно регулировать свойства ушительной битума-минеральной смеси. Полученные результаты

свидетельствуют о целесообразности применения ушильненой битума-минеральной смеси смесей для осуществления ямочного ремонта.

Объект исследования - битумно-минеральная смесь.

Цель работы - Утилизация отходов ТЭЦ при изготовлении битумо-минеральных смесей.

Методы исследования - аналитико-экспериментальные.

**Ключевые слова:** золошлаковые отходы тэц, смеси органоминеральные гранулометрический состав, физико-механические свойства

**UDC 625.852**

**Mozhovi V.V.,** Dr. Tech. Sci.

### **WASTE DISPOSAL CHP IN THE MANUFACTURE OF BITUMINOUS MINERAL MIXTURES**

**Abstract.** He questions of waste management through the use HPP past as a filler to organo-mineral mixes. These physical and mechanical characteristics ushilnenoyi bitumen-mineral mixture of different particle size and different types of binding. The possibility ushilnenoyi sent adjust the properties of bitumen-mineral mixture. The results indicate the feasibility of ushilnenoyi bitumen-mineral mix blends to make pit repair.

The object of study - bitumen-mineral mixture.

Purpose - Disposal of CHP in the manufacture bitumen-mineral mixtures.

Research methods - analytical and experimental.

**Keywords:** ash-slag CHP, bitumen-mineral mixture, size distribution, physical and mechanical properties

Постановка проблеми. На даний час в Україні, накопичено біля 1,5 млрд. тон золо-шлакових сумішей у відвалах. Існує великий досвід їх використання в різних сферах народного господарства. Однак рівень утилізації таких матеріалів складає приблизно 10%. Тому використання відходів від спалювання твердого палива не тільки задача економії матеріальних ресурсів, а й проблема зростаючого забруднення навколишнього середовища. Відомо, що одним із найбільших крупнотонажних споживачів золо-шлакових сумішей потенційно є дорожнє будівництво [1-6].

Особливий практичний інтерес являє собою заміна кондиційних матеріалів мінеральної частини бітумо-мінеральних сумішей, які можуть у багатьох випадках успішно замінити дефіцитні асфальтобетонні суміші. Тому в останні роки на кафедрі дорожньо-будівельних матеріалів і хімії НТУ було проведено ряд досліджень з розробки рецептів органо-мінеральних сумішей з використанням золошлакових відходів ТЕЦ за участі асистентів Барана С.А. та Куцмана О.М.

Для проведення експериментів виготовляли органо-мінеральні суміші із використанням мінеральної частини у вигляді золошлакових сумішей Дарницької ТЕЦ. Проби золошлакової суміші для експериментальних робіт були відібрані на золозвалищі в м. Києві. Вологість суміші становила (W)=1,64%. В лабораторії було визначено гранулометричний склад, що наведений в таблиці 1

**Таблиця 1** - Гранулометричний склад золошлакової суміші Дарницької ТЕЦ

Матеріал	Розмір комірки сита, мм									
	15	10	5	2,5	1,25	0,6	0,31	0,1	0,071	<0,07
Склад вихідних матеріалів за вмістом мінерального матеріалу дрібніше даних розмірів										
Золошлак Дарницької ТЕЦ	100,0	97,6	89,5	67,3	52,5	39,3	32,8	24,7	18,8	0,1

Отримані результати визначення зернового складу із середньої проби золошлакової суміші свідчать про те що в ній міститься: 10,5% щебеню фракції 5-10мм, 70,7% піску і 18,8 мінерального порошку.

Для виготовлення сумішей в якості в'язучого використовувався бітум БНД 60/90 Мозирського НПЗ, що відповідає вимогам ДСТУ 4044, Також використовували рікий бітум марки СГ 710/130 що відповідає вимогам ГОСТ 11955. Рікий бітум марки СГ 710/130 виготовлявся шляхом змішування бітуму БНД 60/90 Мозирського НПЗ та 18% дизельного палива від маси бітуму, умовна в'язкість на пенетрометрі при +60С становила 105с.

Для перевірки можливості застосування золошлакових сумішей, що потенційно можуть використовуватись, розглядали найбільш поширені види і типи органо-мінеральних сумішей, які за зерновим складом та класом (гарячі, холодні) наближаються до найбільш поширених бітумо-мінеральних сумішей згідно з ДСТУ Б В 2.7-119 [7] та ДСТУ Б.В. 2.7-305 [8].

В лабораторії були виготовлені гарячі суміші типу за гранулометриєю В і Б з максимальною крупністю зерен заповнювача 10 мм із додаванням гранітного щебеню для створення каркасу. Бітум застосовували в'язкий марки БНД 60/90.

Фізико-механічні властивості ушільненої бітумо-мінеральної суміші наведені в табл. 2

**Таблиця 2** - Фізико-механічні властивості ушільненої бітумо-мінеральної суміші типу за гранулометрією В і Б з максимальною крупністю зерен заповнювача 10 мм на бітумі БНД 60/90

Тип гранулометрії	В	Б
Вміст в'язучого, %	7	6,3
Середня щільність, г/см <sup>3</sup>	2,21	2,25
Дійсна щільність, г/см <sup>3</sup>	2,28	2,3
Пористість, %	3,1	2,17
Водонасичення, %	2,14	2,99
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20 <sup>0</sup> С	3,9	3,7
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20 <sup>0</sup> С після водонасичення	3,6	3,6
Коефіцієнт водостійкості	0,92	0,97
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20 <sup>0</sup> С після довготривалого водонасичення	3,87	3,15
Коефіцієнт довготривалої водостійкості	0,99	0,85
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 50 <sup>0</sup> С	1,15	0,98

Також в лабораторії були виготовлені холодні суміші типу В-10 на рідкому бітумі марки СГ 710/130, що виготовлялися шляхом змішування бітуму БНД 60/90 Мозирського НПЗ та 18% дизельного палива від маси бітуму. Фізико-механічні властивості холодної ушільненої бітумо-мінеральної суміші наведені в табл. 3.

**Таблиця 3** - Фізико-механічні властивості холодної ушільненої бітумо-мінеральної суміші типу В з максимальною крупністю зерен заповнювача 10 мм на рідкому бітумі марки СГ 71/130

Тип гранулометрії	Тип В
Вміст в'язучого, %	7 %
Середня щільність, г/см <sup>3</sup>	2,22
Водонасичення, %	1,99
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20 <sup>0</sup> С	1,25
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20 <sup>0</sup> С після водонасичення	0,9
Коефіцієнт водостійкості	0,72
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 50 <sup>0</sup> С	0,4

Також в лабораторії були виготовлені холодні суміші та зразки «золотого асфальтобетону» типу В-10 на рідкому бітумі марки СГ 710/130 з гідрофобізатором №1 в різній його кількості. Фізико-механічні властивості зразків приготованих з цих сумішей наведені в табл. 4.

**Таблиця 4** - Фізико-механічні властивості холодної ушільненої бітумо-мінеральної суміші типу В з максимальною крупністю зерен заповнювача 10 мм на рідкому бітумі марки СГ 71/130 з гідрофобізатором №1

Тип гранулометрії	Тип В		
Вміст в'язучого, %	7	7	7
Вміст гідрофобізатора у % від маси мінеральної частини, у перехунку на суху речовину	0,1	0,2	0,3
Середня щільність, г/см <sup>3</sup>	2,21	2,22	2,19
Водонасичення, %	2,56	1,37	2,92
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20 <sup>0</sup> С	0,93	1,12	1,1
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20 <sup>0</sup> С після водонасичення	0,8	0,92	0,97
Коефіцієнт водостійкості	0,86	0,82	0,88
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 50 <sup>0</sup> С	0,27	0,35	0,33

Отримані результати свідчать про покращення водостійкості ушільненої бітумо-мінеральної суміші, що свідчить про можливість направлено регулювання таких важливих його властивостей.

Перевірку ефективності такого гідрофобізатора було здійснено на холодних сумішах із зменшеною кількістю в'язучого. Отримані результати випробувань зразків такої ушільненої бітумо-мінеральної суміші наведені в табл.5.

**Таблиця 5** - Фізико-механічні властивості холодної ушільненої бітумо-мінеральної суміші типу В з максимальною крупністю зерен заповнювача 10 мм на рідкому бітумі марки СГ 71/130 з гідрофобізатором №1 із зменшеною кількістю бітума

Тип гранулометрії	Тип В		
Вміст в'язучого, %	6,5	6,7	7,3
Вміст гідрофобізатора у % від маси мінеральної частини, у перехунку на суху речовину	0,6	0,6	0,6
Середня щільність, г/см <sup>3</sup>	2,14	2,21	2,22
Водонасичення, %	5,04	2,96	2,15
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20 <sup>0</sup> С	0,6	0,67	0,63
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20 <sup>0</sup> С після водонасичення	0,58	0,52	0,57
Коефіцієнт водостійкості	0,96	0,78	0,9

Отримані результати підтвердили можливість суттєво покращувати водостійкість ушільненої бітумо-мінеральної суміші за рахунок гідрофобізатора №1.

Зважаючи, що в золошлаковій суміші достатньо великий вміст частинок менше 0,071 мм, які призводять до перевитрат дефіцитного і найдорожчого компоненту в орґано-мінеральних сумішах – бітуму, тобули проведені експериментальні дослідження по можливості зменшення вмісту таких дрібно-дисперсних систем для економії бітумного в'язучого. Для цього ці частки повністю відсіювались і додавались відповідно до експериментальних рецептів у зменшеній кількості. Такі рецепти були виготовлені із гарячих сумішей типу В-10 на бітумі БНД 60/90 зі зменшеною кількістю фракцій мінерального порошку (<0,071 мм). Фізико-механічні властивості зразків приготованих з цих

сумішей наведені в табл. 6. Ці ж самі суміші приготували також з гідрофобізатором №2, який вводили безпосередньо в бітум. Фізико-механічні властивості зразків приготованих з цих сумішей наведені в табл. 7.

**Таблиця 6** - Фізико-механічні властивості ушільненої бітумо-мінеральної суміші типу за гранулометрією В і Б з максимальною крупністю зерен заповнювача 10 мм на бітумі БНД 60/90 зі зменшеною кількістю пилу

Тип гранулометрії	Тип В		
	Вміст в'язучого, %	6,7	7
Середня щільність, г/см <sup>3</sup>	2,20	2,24	2,21
Водонасичення, %	2,180	0,311	1,448
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20 <sup>0</sup> С	1,93	2,78	3,15
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20 <sup>0</sup> С після водонасичення	1,93	2,7	4,18
Коефіцієнт водостійкості	1,0	0,97	1,0
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 50 <sup>0</sup> С	0,77	1,0	1,7

**Таблиця 7** - Фізико-механічні властивості ушільненої бітумо-мінеральної суміші типу за гранулометрією В і Б з максимальною крупністю зерен заповнювача 10 мм на бітумі БНД 60/90 зі зменшеною кількістю пилу з гідрофобізатором №2

Тип гранулометрії	Тип В	
	Вміст в'язучого, %	6,2
Середня щільність, г/см <sup>3</sup>	2,16	2,17
Водонасичення довготривале, %	3,54	3,72
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20 <sup>0</sup> С	1,85	2,68
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 20 <sup>0</sup> С після експрес довготривалого водонасичення, МПа	1,86	2,27
Коефіцієнт водостійкості за експрес-методом	1,0	0,85
Границя міцності при стиску, МПа, за температури 50 <sup>0</sup> С	0,8	0,93

Отримані результати свідчать про можливість зменшення витрат дефіцитного і дорогого бітумного в'язучого та забезпечення водостійкості ушільненої бітумо-мінеральної суміші відповідно за рахунок направленог регулювання кількості мінерального порошку та застосування гідрофобізатора №2.

### Висновки

1. Зерновий склад золошлакової суміші Дарницької ТЕЦ дозволяє проектувати оптимальну гранулометрію органо-мінеральних сумішей та здійснювати їх виробничу апробацію виготовлення та застосування.

2. За основними фізико-механічними характеристиками ушільненої бітумо-мінеральної суміші відповідає, а за окремими показниками перевищує вимоги нормативних документів (ДСТУ Б В 2.7-119.2011 та ТУУ В.2.7-45.2-00018112-239:2005) на асфальтобетон та органо-мінеральні суміші як холодні, так і гарячі.

3. Показана можливість направлено регулювати властивості ушільненої бітумо-мінеральної суміші та зменшувати витрати дефіцитного бітумного в'язучого.

4. Отримані результати свідчать про доцільність застосування ушільненої бітумо-мінеральної суміші сумішей для здійснення ямкового ремонту як за сприятливих, так і за несприятливих погодних умов на різних категоріях вулиць і доріг, в різних конструктивних шарах конструкцій дорожнього одягу (покриття, основа, додаткова основа) згідно з Порядком проведення ремонту та утримання об'єктів благоустрою населених пунктів, Технічних правил ремонту і утримання вулиць та доріг населених пунктів та ВБН В.3.2-218-542:2009 Проведення аварійних робіт з ліквідації ямковості на асфальтобетонному покритті автомобільних доріг у холодний період року за несприятливих умов.

### **Література**

1. Б. С. Радовский, В. П. Володько, Е. Я. Щербакова, Прочность дорожных одежд со слоями из золо-шлаковых смесей // Проблемы механики дорожно-строительных материалов и дорожных одежд. К.: ООО «ПолиграфКонсалтинг», 2003. – 240 с. ил.
2. И.С. Кожуховский, Ю.К. Цельковский Полезные отходы // Автомобильные дороги №5, 2012. С. 66-69.
3. В.В. Сиротюк, Е.В. Иванов Отвалы – в дело // Автомобильные дороги №5, 2012. с.62-65
4. Б.И. Петрянин, М.И. Зур Шире использовать отходы производства // Наука и техника в дорожной отрасли №2, 2009. с.38-39
5. В.С. Прокопец, Л.В. Поморова Золоминеральные смеси для дорожных одежд //Автомобильные дороги. 2011, «9, с.154-156.
6. В.Б. Балабанов, В.Л. Николаенко Применение зольных отходов в дорожном строительстве // Вест. ИрГТУ. 2011 №6. с.37-41
7. ДСТУ Б В.2.7-119:2011. Зміна N 1. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови
8. ДСТУ Б В.2.7-305:2015 Суміші бітумомінеральні дорожні. Загальні технічні умови

#### **Рецензенти:**

Жданюк В.К., д-р техн. наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет.  
Хрутьба В.О., д-р техн. наук, Національний транспортний університет.

#### **Reviewers:**

Zhdaniuk V.K., Dr. Tech. Sci., Kharkiv National Automobile and Highway University.  
Hrutba V.O., Dr. Tech. Sci., National Transport University.

Стаття надійшла до редакції: **24.03.2017 р.**