

УДК 625.8

Д. Н. ГОНЧАРОВ, С. А. ТУМАНОВА, Е. Т. БОРОДАЙ, Д. И. БОРОДАЙ
ГООУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ЗОЛОШЛАКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ЗУЕВСКОЙ ТЭС**

Аннотация. Выполнен анализ целесообразности применения вторичных ресурсов (отходов производства) в дорожном строительстве. Установлено, что отвалы ТЭС являются источником загрязнения воздушного и водного бассейнов и увеличивают минерализацию грунтовых вод, в связи с чем проблема утилизации золошлаковых отходов актуальна как для экономики, так и для экологии региона. Исследованы физико-механические свойства золошлаковых материалов Зуевской ТЭС. Установлена возможность их использования в качестве конструктивных слоев дорожных одежд автомобильных дорог с покрытиями всех типов при условии укрепления портландцементом. Определены составы золошлаковых смесей, укрепленных цементом.

Ключевые слова: отходы производства, золошлаковые смеси, укрепление цементом, земляное полотно; дорожная одежда.

ФОРМУЛИРОВАНИЕ НАУЧНОЙ ЗАДАЧИ

При сжигании угля на тепловых электростанциях (ТЭС) образуется большое количество золошлаковых отходов, оказывающих негативное влияние на все компоненты окружающей природной среды. Среди главных экологических проблем, возникающих при образовании и размещении золошлаковых отходов, выделяют следующие [1–3]:

- накопление токсичных элементов в продуктах сжигания угля;
- расположение золошлакоотвалов вблизи крупных городов;
- поступление токсичных микроэлементов в атмосферный воздух, загрязнение окружающей среды прилегающего района;
- загрязнение токсичными элементами, тяжелыми металлами поверхностных и подземных источников воды, почвы при складировании и хранении золошлаковых материалов на золоотвале;
- отчуждение больших территорий с целью строительства золоотвалов;
- использование на большинстве ТЭС технологического оборудования, которое не соответствует требованиям экологической безопасности;
- низкий процент утилизации золошлаковых отходов.

В России золы и золошлаковые смеси образуются на 200 ТЭС (ТЭЦ, ГРЭС), и только приблизительно на 20 из них имеются установки для сухого улавливания золы. Объем золошлаковых отходов после сжигания углей, сланцев и торфа, по данным Всероссийского теплотехнического научно-исследовательского института (ВТИ), составляет 40-50 млн т в год [4]. В Донбассе накоплено более 146 млн тонн золошлаковых отходов. Под отвалами занято около 1,5 тыс. га территории. Приведенные факты свидетельствуют об актуальности проблемы утилизации золошлаковых отходов.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Уровень утилизации золошлаков ТЭС в России и Украине составляет около 10 %; в Индии и Китае – более 50 %, во Франции и в Германии – 70 %, а в Финляндии – около 90 % их текущего выхода. Научные исследования и опыт повторного использования техногенных отходов свидетельствует о том, что золы и шлаки от сжигания твердых видов топлива пригодны для применения во многих отраслях экономики как [4]:

© Д. Н. Гончаров, С. А. Туманова, Е. Т. Бородай, Д. И. Бородай, 2017

- удобрение в сельском хозяйстве;
- шихта для получения алюминия и концентрат для получения железа в металлургии;
- сырье для цементов и бесклинкерных вяжущих, бетонов (тяжелых, легких, ячеистых), пористых заполнителей, силикатных, керамических, теплоизоляционных и других материалов в строительной индустрии;
- материал для возведения земляного полотна дорог, устройства укрепленных оснований дорожных одежд, использования в качестве заполнителя и минерального порошка в асфальтобетонах в дорожном строительстве.

В Советском Союзе исследования по использованию золошлаковых материалов в дорожном строительстве наиболее активно проводились в 70–80 годы XX века в связи с правительственными постановлениями по утилизации топливных отходов ТЭС [4]. В этот период был разработан и утвержден ряд нормативных документов, устанавливающих требования и регулирующих правила применения зол и золошлаковых материалов в дорожном строительстве [5–8].

Проблема использования золошлаковых материалов в дорожном строительстве не потеряла своей актуальности и в настоящее время. Результаты научных исследований и опыта применения этих материалов за последние десятилетия легли в основу действующих нормативных документов. В России это ОДМ 218.2.031-2013 «Методические рекомендации по применению золы-уноса и золошлаковых смесей от сжигания угля на тепловых электростанциях в дорожном строительстве» [9], в Украине – ГБН В.2.3-37641918-554:2013 «Слой дорожной одежды из каменных материалов, отходов промышленности и грунтов, укрепленные цементом. Проектирование и строительство» [10], СОУ 42.1-37641918-104:2013 «Золы-уноса и смеси золошлаковые тепловых электростанций для дорожных работ. Технические условия» [11].

Так как химический, минерально-фазовый и зерновой состав, а также физико-механические свойства золошлаковых материалов изменяются в широких пределах для отдельных ТЭС, то в каждом конкретном случае для их использования в дорожном строительстве необходимым является исследование физико-механических свойств исходного материала с целью сопоставления полученных результатов с требованиями нормативных документов [9–11] и разработки рекомендаций по применению.

Целью работы является исследование физико-механических свойств золошлаковых материалов Зуевской ТЭС и разработка рекомендаций по применению в дорожном строительстве.

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

Определение зернового состава золошлаковой смеси выполнено в соответствии с требованиями ДСТУ Б В.2.7-232:2010 «Песок для строительных работ. Методы испытаний» с использованием стандартного набора сит согласно ГОСТ 6613.

Определение плотности уплотненного образца золошлаковой смеси проводили в соответствии с требованиями ДСТУ Б В.2.1-12:2009 «Грунты. Метод лабораторного определения максимальной плотности».

Определение показателей предела прочности при сжатии и коэффициента морозостойкости образцов из золошлаковой смеси, укрепленной цементом, выполнено в соответствии с требованиями ДСТУ Б В.2.7-207:2009 «Материалы щебеночные, гравийные и песчаные, обработанные неорганическими вяжущими. Технические условия».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Зерновой состав золошлаковой смеси приведен в таблице 1.

Согласно полученным результатам по определению зернового состава установлено, что золошлаковая смесь относится к мелкозернистому типу, с максимальной крупностью зерен до 20 мм. Однако в естественном состоянии золошлаковая смесь использоваться в конструкции дорожной одежды не может, так как не удовлетворяет требованиям ГБН В.2.3-37641918-554:2013 по зерновому составу. В этом случае необходимо обогатить золошлаковую смесь и ввести в ее состав фракцию 10...20 мм минерального материала.

Испытания по определению плотности золошлаковой смеси выполнены при влажности от 4 до 10 %. Максимальная плотность получена при влажности смеси 6 %. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Зерновой состав золошлаковой смеси

Показатель	Размер отверстий сит, мм									
	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	0,071	< 0,071
Частные остатки, %	4	12	23	23	12	2	1	4	8	10
Полные остатки, %	4	16	39	62	74	76	77	81	89	99

Таблица 2 – Определение плотности золошлаковой смеси

№ п/п	Влажность, %	Плотность, г/см ³	Плотность сухого материала, г/см ³
1	4	2,10	2,02
2	6	2,24	2,10
3	8	2,23	2,12
4	10	2,22	2,13

Результаты таблицы 2 свидетельствуют о том, что после уплотнения золошлаковых материалов могут быть достигнуты физико-механические показатели, сравнимые с показателями прочности щебеночно-песчаных смесей.

Для определения физико-механических свойств золошлакового материала на основании указаний нормативных документов [9–10] были запроектированы составы смесей с добавлением каменного материала фракции 10...20 мм в количестве 15 % и портландцемента марки ПЦ-1-400. Количество цемента изменялось от 2 до 6 % по массе смеси. Испытания образцов выполнены после 28 суток набора прочности. Результаты определения зависимости прочности золошлаковой смеси от содержания в ней портландцемента приведены на рисунке.

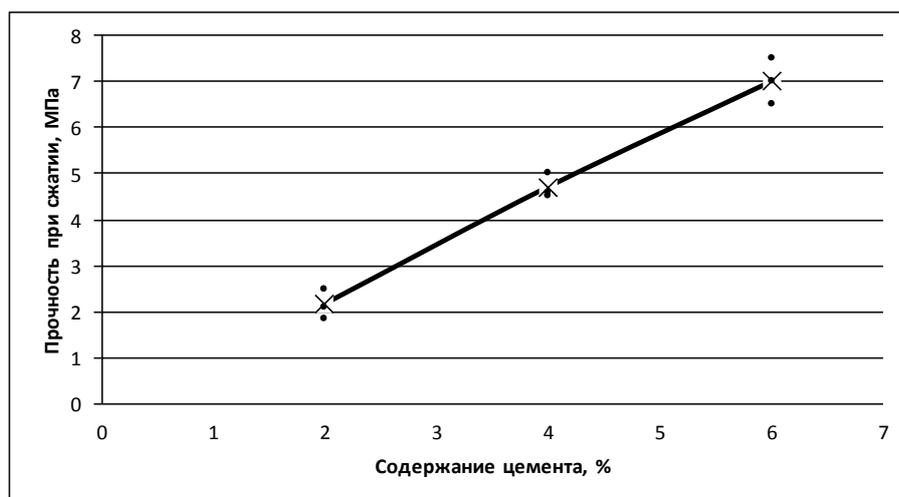


Рисунок – Зависимость предела прочности при сжатии золошлаковой смеси от содержания цемента.

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что при условии введения гранулометрической добавки каменного материала фракции 10...20 мм в золошлаковые материалы Зуевской ТЭС при укреплении цементом в количестве 2 % могут быть получены смеси с маркой по прочности М20, удовлетворяющей требованиям ГБН В.2.3-37641918-554:2013. Прочностные показатели золошлакового материала при введении 4 и 6 % цемента соответствуют маркам М40 и М60. Такие смеси могут применяться в слоях основания дорожных одежд капитального типа. Минимальная толщина слоя из золошлаковой смеси, укрепленной цементом, в этом случае должна быть не менее 15 см [10].

ВЫВОДЫ

Выполненные исследования физико-механических свойств золошлаковых материалов Зуевской ТЭС свидетельствуют о возможности их использования для строительства конструктивных слоев дорожных одежд автомобильных дорог с покрытиями всех типов при условии укрепления портландцементом. Количество вводимого портландцемента определяет марку получаемого материала и

соответственно область его применения. Направлениями для дальнейших исследований может быть изучение возможности использования золошлаковых смесей в качестве материала для устройства земляного полотна или в качестве гранулометрической добавки к связным глинистым и пылеватым грунтам земляного полотна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Носков, А. С. Воздействие ТЭС на окружающую среду и способы снижения наносимого ущерба [Текст] / А. С. Носков, М. А. Савинкина, Л. Я. Анищенко. – Новосибирск : Изд. ГПНТБ СО АН СССР, 1990. – 177 с.
2. Пал, М. Х. Энергия и защита окружающей среды [Текст] / М. Х. Пал. – Падеборн : Изд-во FIT-Verlag, 1996. – 449 с.
3. Малый, Э. А. Справочник по утилизации отходов ТЭС [Текст] / Э. А. Малый, М. Л. Дорфман. – М. : [б. и.], 1995. – 158 с.
4. Путилин, Е. И. Применение зол уноса и золошлаковых смесей при строительстве автомобильных дорог [Текст] : Обзорная информация отечественного и зарубежного опыта применения отходов от сжигания твердого топлива на ТЭС / Е. И. Путилин, В. С. Цветков. – М. : Гос. дор. науч. исслед. ин-т ФГУП «СОЮЗДОРНИИ», 2003. – 57 с.
5. ВСН 185-75. Ведомственные строительные нормы. Технические указания по использованию зол уноса и золошлаковых смесей от сжигания различных видов твердого топлива для сооружения земляного полотна и устройства дорожных оснований и покрытий автомобильных дорог [Текст]. – Введ. 01-08-1975. – М. : Минтрансстрой, 1976. – 44 с.
6. Методические рекомендации по использованию золошлаковых смесей ТЭС для устройства укрепленных оснований и морозозащитных дорожных одежд [Текст] : Методические рекомендации / И. Л. Гулячков [и др.]. – М. : Союздорнии, 1977. – 14 с.
7. Методические рекомендации по использованию золошлаковых материалов для устройства оснований автомобильных дорог [Текст] : Методические рекомендации / И. Л. Гулячков [и др.]. – М. : Союздорнии, 1981. – 14 с.
8. Методические рекомендации по определению экономически рациональной области использования отходов ТЭС и ГРЭС, в дорожном строительстве [Текст] : Методические рекомендации / В. А. Хлебников. – М. : Союздорнии, 1987. – 50 с.
9. ОДМ 218.2.031-2013. Методические рекомендации по применению золы-уноса и золошлаковых смесей от сжигания угля на тепловых электростанциях в дорожном строительстве [Текст] : Отраслевой дорожный методический документ / разработ. В. В. Сиротюк, Е. В. Иванов. – М. : Росавтодор, 2014. – 59 с.
10. ГБН В.2.3-37641918-554:2013. Шари дорожнього одягу з кам'яних матеріалів, відходів промисловості і ґрунтів, укріплених цементом. Проектування та будівництво [Текст]. – Взамен ВБН В.2.3-218-002-95 ; чинний від 2013-11-01. – К. : Укравтодор, 2013. – 43 с.
11. СОУ 42.1-37641918-104:2013. Золы-уноса и смеси золошлаковые тепловых электростанций для дорожных работ. Технические условия [Текст]. – Взамен РСН 288-91 ; введ. 01.08.2013. – К. : Укравтодор, 2013. – 19 с.

Получено 29.12.2016

Д. М. ГОНЧАРОВ, С. О. ТУМАНОВА, К. Т. БОРОДАЙ, Д. І. БОРОДАЙ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗОЛОШЛАКОВИХ МАТЕРІАЛІВ ЗУЇВСЬКОЇ ТЕС ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

Анотація. Виконано аналіз доцільності застосування вторинних ресурсів (відходів виробництва) в дорожньому будівництві. Встановлено, що відвали ТЕС є джерелом забруднення повітряного і водного басейнів і збільшують мінералізацію ґрунтових вод, у зв'язку з чим проблема утилізації золошлакових відходів актуальна як для економіки, так і для екології регіону. Досліджено фізико-механічні властивості золошлакових матеріалів Зуївської ТЕС. Встановлено можливість їх використання як конструктивних шарів дорожнього одягу автомобільних доріг з покриттями усіх типів за умови зміцнення портландцементом. Визначено склади золошлакових сумішей, укріплені цементом.

Ключові слова: відходи виробництва, золошлакові суміші, зміцнення цементом, земляне полотно, дорожній одяг.

DMITRIY GONCHAROV, SVETLANA TUMANOVA, EKATERINA BORODAY, DENIS BORODAY

INVESTIGATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF ASH MATERIALS OF ZUEVKA TPP

Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

Abstract. The analysis of the feasibility of the use of secondary resources (waste products) in road construction has been carried out. It was found that the thermal power plant dumps are a source of pollution of air and water and increased salinity of groundwater, and therefore the problem of disposal of ash and slag waste is relevant for the economy and for the environment of the region. The physical and mechanical properties of ash materials of Zuevka TPP have been examined. It has been found out the possibility of their use as structural layers of pavements of roads to cover all types of supported strengthening Portland. The compositions of ash mixtures, reinforced cement have been determined.

Key words: waste production, slag mixture, strengthening of cement, roadbed, pavement.

Гончаров Дмитрий Николаевич – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование отходов промышленности в дорожном строительстве.

Туманова Светлана Александровна – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: использование отходов промышленности в дорожном строительстве.

Бородай Екатерина Таеровна – ассистент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: огнеупорные вяжущие и бетоны.

Бородай Денис Игоревич – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных дорог и аэродромов ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: надежность и долговечность транспортных сооружений, инновационные технологии проектирования автомобильных дорог.

Гончаров Дмитро Миколайович – магістрант ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання відходів промисловості в дорожньому будівництві.

Туманова Світлана Олександрівна – студент ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: використання відходів промисловості в дорожньому будівництві.

Бородай Катерина Таєрівна – асистент кафедри технології будівельних конструкцій, виробів та матеріалів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: вогнетривкі в'язучі та бетони.

Бородай Денис Ігорович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг і аеродромів ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: надійність та довговічність транспортних споруд, інноваційні технології проектування автомобільних доріг.

Goncharov Dmitriy – master's student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: using of industrial wastes in road construction.

Tumanova Svetlana – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: using of industrial wastes in road construction.

Boroday Ekaterina – assistant, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: heat-resistant binders and concretes.

Boroday Denis – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Highways and Air Fields Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: reliability and durability of transport constructions, innovative technologies of highway design.