

DOI: 10.34031/article_5d4928f0f05119.79723700

^{1,*}Картушина Ю.Н., ¹Паринов С.В., ¹Северюкова Г.А.¹Волгоградский государственный технический университет

Россия, 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, д. 28

*E-mail: kartysina@rambler.ru

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ОСОБО ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

Аннотация. В работе проведены исследования, направленные на анализ возможности вторичного использования переработанных отходов производства особо тяжелого бетона. В статье предлагается извлечение материала с применением технологии сухого магнитного обогащения руды. В результате лабораторных опытов, путём механической обработки, было произведено улучшение характеристик некондиционного материала до приемлемых значений в сравнении с исходным материалом. Проводились экспериментальные исследования с целью изучения свойств исходного, некондиционного и получаемого в результате переработки материала на основе методов испытаний государственных стандартов. Выявлено сохранение сравнительно высоких прочностных и гарантийных характеристик полученного вторичного материала, что позволяет повторно использовать его в качестве добавки при производстве особо тяжелого бетона.

Ключевые слова: отходы, особо тяжелый бетон, технология, вторичное сырьё, ресурсосбережение.

Введение. В настоящий момент времени имеются разработки по переработке бетона, обеспечивающие рециклинг бетонной смеси, образующейся в процессе производства [1–4]. Однако в существующих схемах не рассматривается извлечение металлосодержащей части бетонной смеси, которая в случае с особо тяжелыми бетонами, может достигать половины всего состава [5–8]. Они ориентированы скорее на пофракционное разделение на крупный и мелкий заполнитель. Предлагаемое решение состоит в разделении и предварительной очистке отходов производства особо тяжелого бетона (далее – ОПОТБ) для применения непосредственно в производстве. Спроектированная технологическая схема процесса переработки особо тяжелого бетона представлена на рис. 1 [8].

Основным оборудованием участка переработки ОПОТБ является магнитный сепаратор шкивного типа, объём выработки составляет 8,19 м³/ч. Скорость конвейерной ленты составляет – 1 м/с. Ширина ленты – 800 мм. Средняя высота слоя материала при скорости 1 м/ч равна 30 мм, что позволяет улавливать ферромагнитные частицы при извлекающей способности 0,012 см×кг.

В качестве вспомогательного оборудования используются: валковая дробилка рифлёная, шаровая мельница, виброгрохот двухдековый. Используется ряд ленточных конвейеров и бункеров для приёма и разгрузки. Технологическое оборудование располагается в цеху переработки ОПОТБ, в пределах досягаемости смесительной установки. Процесс поступления материала на

переработку является периодическим и возобновляется по мере накопления некондиционного материала.

Линия переработки особо тяжелого бетона предполагает получение вторичных ресурсов из трех основных источников: из остатков просроченной или не использованной бетонной смеси; из скопления бетона на стенках смесителей и емкостей, загрязненной инородными компонентами бетонной смеси; из смеси изготовленной с нарушением рецептуры. Во всех случаях материал признаётся некондиционным, объём таких отходов может достигать до 100 кг на 1 м³. С технологией по комплексной переработке они могут быть вовлечены в производство вторично в качестве обновленного исходного сырья для бетона. Критериями для внесения выступают качественные характеристики материала, как заполнителя бетонной смеси, определяемые в лабораторных условиях.

Основное преимущество проектируемой технологической схемы состоит в применении магнитной сепарации в области переработки отходов бетона. Намагниченная часть классифицируется по крупности и отсеивается в отдельные бункеры. Для разрушения цементной оболочки вокруг гранул заполнителя предложено применение шаровой мельницы. При соударении металлических шаров ввиду разности прочностных характеристик, незакрепленный слой цемента на гранулах отслаивается, что в конечном итоге может повысить прочность готового изделия из переработанного бетона. Реализация подобного решения позволит повысить безотходность производства бетона.

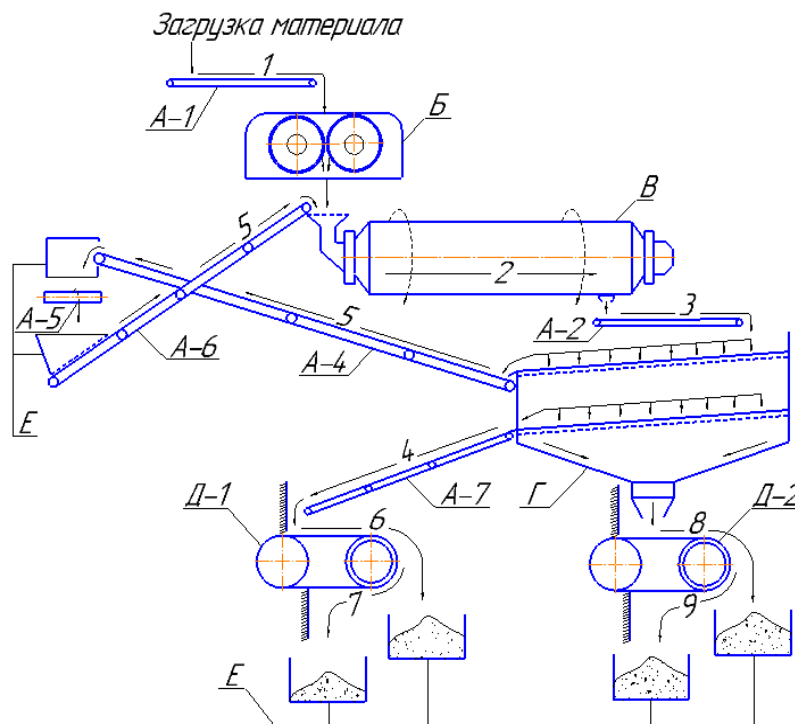


Рис. 1. Технологическая схема процесса переработки бетона:

А – конвейер ленточный, Б – дробилка валковая рифлёная, В – мельница шаровая, Г – виброгрохот двухдековый, Д – железотделитель шкивной, Е – бункер загрузки/выгрузки.

Потоки: 1 – отходы бетона непереработанные, 2 – дроблёный бетон, 3 – измельчённый бетон, 4 – переработанный бетон фракции 0,16–8 мм, 5 – возвратный материал, 6 – щебеночно-песчаная смесь фракция 0,16–8, 7 – железная руда фракция 0,16–8, 8 – отсев пыли фракция <0,16, 9 – отсев металлическая пыль фракция <0,16

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- обеспечить получение раздельных компонентов вторсырья из ОПОТБ;
- изучить свойства исходного, некондиционного (ОПОТБ) и получаемого в результате переработки материала на основе методов испытаний государственных стандартов;
- провести испытания бетонной смеси и отвердевших образцов на основе методов государственных стандартов с использованием получаемого материала и сравнить с результатами испытаний контрольной смеси и образцов;
- оценить возможность дозированного введения и возврата переработанных материалов в технологическую схему производства особо тяжелого бетона.

Методология. Лабораторные испытания всех видов материалов проводились в соответствии с ГОСТ 8269.0-97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний», ГОСТ 25114-82 «Руды железные. Метод магнитного анализа», ГОСТ 10181-2014 «Смеси бетонные. Методы испытаний» и бетонных образцов-кубов на основе методов ГОСТ 10180-2012 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным

образцам», ГОСТ 12730.3-78 «Бетоны. Метод определения водопоглощения», ГОСТ 10060-2012 «Бетоны. Методы определения морозостойкости».

После загрузки некондиционного материала на линию переработки, получили видоизмененный материал с фракционным разделением и классификацией на виды материала по четырём отдельным бункерам: щебеночно-песчаная смесь фракцией 0,16–8 мм; железная руда фракцией 0,16–8 мм; отсев пыли фракцией <0,16 мм; отсев металлической пыли фракцией <0,16 мм.

В качестве испытуемого сухого материала выступают:

- исходная смесь, содержащая заполнители бетона (щебень, железная руда);
- ОПОТБ без обработки;
- смесь после обработки с разделёнными компонентами ОПОТБ.

С целью анализа возможности замены части природных ресурсов отходами (ОПОТБ) без потери свойств конечного продукта в работе в качестве опытного материала использовалась исходная смесь, в которую в определенных соотношениях были сделаны добавки:

- материал ОПОТБ без обработки;
- обработанные разделённые компоненты ОПОТБ.

По результатам испытаний проведено сравнение полученных результатов и сделаны выводы относительно пользы предлагаемой технологии переработки.

Основная часть. Наличие цементной оболочки снижает качество получаемого вторичного материала, поэтому важным этапом обработки было придание чистоты заполнителям бетона [9, 10]. Усредненный состав бетонной смеси, используемой на предприятии: железная руда – 55 %; щебень – 23 %; цемент 17 %; вода 5 %. Мелкий заполнитель представлен железной рудой. На основе данных, можно сделать вывод о концентрации железа в руде и возможность проведения магнитной сепарации сухим методом, без применения дополнительных стадий.

Зерновой состав материала. По результатам испытания получены три вида отсева: исходная смесь; материал ОПОТБ без обработки; обработанные компоненты ОПОТБ в пропорциях сходных с исходной смесью (смесь после обработки). Сравнительный анализ результатов просеивания испытуемых материалов представлен на рис. 2. Вес каждой пробы составлял 1000 грамм.

Определение насыпной плотности и пустотности. Испытания обработанного материала ОПОТБ, проводимые по параметрам насыпной и истинной плотности, пустотности, а также плотности и размеру зерен, показали результаты с наиболее близкими по отношению к исходной сухой смеси заполнителям бетона (табл. 1).

Магнитный анализ. Метод основан на разделении навески материала на магнитную и немагнитную фракции для определения процента извлечения железа и его потерь (уход в немагнитную фракцию). Навеску для анализа помещали в емкость вместимостью 250 г. Для оценки компонентного соотношения извлекаемых материалов, дробленный бетон был испытан на наличие магнитных свойств неодимовым магнитом размером 50×20 мм (извлекающая способность 0,012 см·кг), аналогом электромагнитного анализатора, применяемого в методике. Взвешивалась немагнитная фракция и, по разности её массы с исходной навеской анализируемого материала, определялся вес магнитной фракции. Для установления более точных значений в работе проведены пятикратные повторы с пробами, выборочно взятыми из общей массы дробленого бетона (табл. 2).

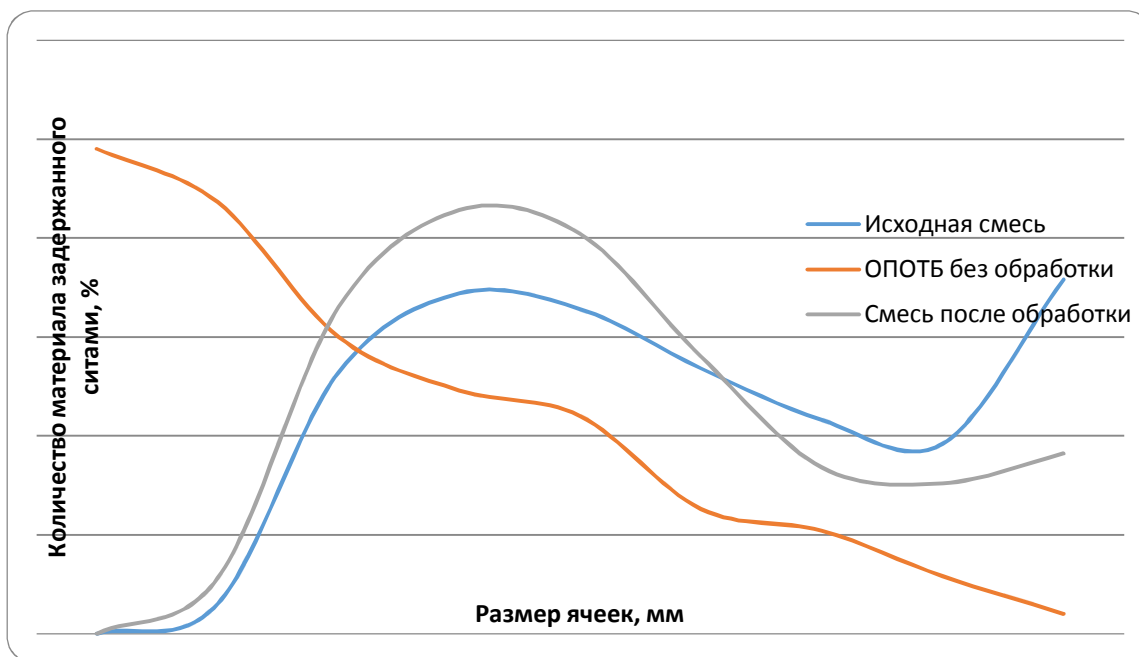


Рис. 2. Сравнительный анализ результатов просеивания испытуемых материалов

Таблица 1

Показатели плотности исследуемых смесей

Виды испытаний	Вид материала		
	Исходная смесь	ОПОТБ без обработки	Смесь после обработки
Средняя плотность материала, кг/м ³	3500	3000	3400
Насыпная плотность материала, кг/м ³	3100	2700	2900
Истинная плотность материала, кг/м ³	4150	4470	4210
Пустотность материала, %	15,66	32,89	19,24
Диаметр наибольшего куса материала, мм	8,50	25,00	8,10

Таблица 2

Магнитное разделение дробы бетона

№ повтора	Опытный материал, г		Процентное содержание, %	
	Железо	Остаток	Железо	Остаток
Повтор № 1	72,81	77,19	48,54	51,46
Повтор № 2	85,11	64,89	56,74	43,26
Повтор № 3	91,845	58,155	61,23	38,77
Повтор № 4	78,3	71,7	52,20	47,8
Повтор № 5	70,32	79,68	46,88	53,12
Среднее значение	79,68	70,32	53,12	46,88

Определение подвижности бетонной смеси.

Основным показателем удобоукладываемости бетонной смеси является подвижность бетонной смеси. Подвижность бетонной смеси оценивают по осадке конуса, отформованного из бетонной смеси. Для особо тяжелого бетона в исходной смеси характерна малая подвижность (табл. 3).

Определение прочности бетона по образцам-кубам.

Определение прочности бетона состоит в измерении минимальных усилий, разрушающих специально изготовленные контрольные образцы бетона при их статическом нагружении с постоянной скоростью нарастания нагрузки, и последующем вычислении напряжений при этих усилиях.

Таблица 3

Сводная таблица испытаний бетона

Содержание заменённого заполнителя, %	Исходная смесь	Смесь с добавлением ОПОТЬ без обработки	Смесь с добавлением ОПОТЬ после обработки
Подвижность бетонной смеси, см			
0	2,5	-	-
25	-	5	2,5
50	-	8	3
75	-	10	4
100	-	12,5	5,5
Фактическая прочность на сжатие, МПа			
0	63,5	-	-
25	-	46,2	61,4
50	-	35,6	58,6
75	-	30,4	56,5
100	-	25,8	55,0
Водопоглощение по массе, %			
0	2,1	-	-
25	-	3,5	2,2
50	-	4,4	2,7
75	-	5,2	3,0
100	-	6,0	3,3
Фактическая прочность на сжатие, МПа / Марка бетона по морозостойкости			
0	59,7 / F300	-	-
25	-	43,8 / F300	58,9 / F300
50	-	24,4 / не соответствует	55,8 / F300
75	-	не допущен	53,7 / F300
100	-	не допущен	52,4 / F300

Для определения прочности бетонной смеси, показателей водопоглощения и морозостойкости, в лабораторных условиях изготовили образцы-кубы со следующими типами бетона:

- с содержанием ОПОТЬ после обработки 25 %, 50 %, 75 %, 100 %;
- с примесью ОПОТЬ без обработки 25 %, 50 %, 75 %, 100 %;
- серия образцов-кубов с исходной смесью.

В работе представлено несколько серий кубов на каждый тип замеса по 3 шт. Размер ребра

образцов равен 10 см. Все образцы одной серий изготавливали из одной пробы бетонной смеси и уплотняли их в одинаковых условиях. Разница средних значений плотности бетона образцов одной серий не превышала 50 г/дм³. Уплотнение бетонной смеси проводили с использованием виброплощадки. После окончания укладки и уплотнения бетонной смеси в форме верхнюю поверхность образца заглаживали мастерком. Через сутки, после схватывания и набора первоначальной прочности, образцы-кубы распалубили из

металлических форм, подписали и уложили в камеру для твердения в нормальных условиях с температурой воздуха 20 ± 2 °С и относительной влажностью воздуха 95 ± 5 %.

По прошествии 28 суток (срок набора марочной прочности бетона) перед испытанием образцы визуально осматривались, устанавливались на нижнюю опорную плиту испытательной машины (пресса). Верхнюю и нижнюю стальные плиты пресса совмещали с верхней опорной гранью образца так, чтобы их плоскости полностью прилегали одна к другой. Образец нагружали до разрушения при постоянной скорости нарастания нагрузки ($0,6 \pm 0,2$ МПа/с) до разрушения образца по одной из удовлетворительных или неудовлетворительных схем в соответствии с ГОСТ 10180-2012.

Определение водопоглощения бетона по образцам-кубам. По прошествии 28 суток, образцы-кубы помещали в емкость, наполненную водой с таким расчетом, чтобы уровень воды в емкости был выше верхнего уровня уложенных образцов примерно на 50 мм. Образцы укладывали на прокладки так, чтобы высота образца была минимальной. Температура воды в емкости была 20 ± 2 °С. Образцы взвешивали через каждые 24 часа водопоглощения на электронных весах с погрешностью не более 0,1 %. При взвешивании образцы, вынутые из воды, предварительно вытирали отжатой влажной тканью. Массу воды, вытекшую из пор образца на чашку весов, также включали в массу насыщенного образца. Испытание проводили до тех пор, пока результаты двух последовательных взвешиваний не отличались более чем на 0,1 % (табл. 3).

Таблица 4

Сравнение способов обращения с отходами производства особо тяжелого бетона

Тип использования, технологический процесс	ОПОТБ без переработки	Механическая переработка ОПОТБ	Переработка ОПОТБ с использованием магнитной сепарации
Использование в качестве материала для заполнения карт полигона, для подсыпки дорог. Не предусматривается переработка	Использование в качестве вторичного сырья для бетонных смесей. Предусматривается механическая переработка, включающая стадии дробления, возможно промывки и классификации	Использование в качестве вторичного сырья для бетонных смесей. Возможно использование железной руды как сырья для металлургии. Предусматривается механическая переработка, включающая стадии дробления, измельчения, классификации и магнитной сепарации	Использование в качестве вторичного сырья для бетонных смесей особо тяжелого бетона. Возможно использование железной руды как сырья для металлургии. Предусматривается механическая переработка, включающая стадии дробления, измельчения, классификации и магнитной сепарации
Экономическая стоимость	Стоимость равная доставке материала до места использования. Стоимость материала оценивается по среднерыночной стоимости вторичного щебня (30 % от стоимости первичного сырья)	Зависит от ряда применяемых аппаратов. Как правило равна стоимости получаемого вторичного щебня. Стоимость материала оценивается по среднерыночной стоимости вторичного щебня (от 30 % до 80 % от стоимости первичного сырья). Технология окупается за несколько лет	Оборудование имеет приемлемую стоимость. Технология окупается за сравнительно небольшое время, ввиду высокой стоимости первичного сырья (железной руды). Переработка осуществляется на территории предприятия-производителя особо тяжелого бетона
Достоинства	Дешевый материал для подсыпки дорожного покрытия	Возможно использование как заполнителя бетона для декоративного строительства (заборы, памятники, бордюры, тротуарная плитка)	Возможна замена части первичного сырья, сравнительно более высокие прочностные характеристики бетона, водопоглощение и морозостойкость ниже, ввиду удаления части цементного налёта на гранулах заполнителя (щебень, железная руда)
Недостатки	В качестве подсыпки недостатки не имеет	Низкие прочностные характеристики бетона, повышенный параметр водопоглощения, низкая морозостойкость. Исходя из этого – низкий срок службы	Необходимо получение большей практической базы

Определение морозостойкости бетона по образцам-кубам. Метод определения морозостойкости оценивает максимальное число циклов замораживания и оттаивания бетона, при котором характеристики бетона остаются в нормированных пределах, а также отсутствуют трещины,

сколы, шелушение ребер образцов. Лабораторные испытания проводились в соответствии с ГОСТ 10060-2012, по первому базовому методу. За марку бетона по морозостойкости принимали наибольшее число циклов попеременного замораживания и оттаивания, которое при испытании

выдерживали образцы, без снижения прочности на сжатие более 5 % по сравнению с прочностью контрольных образцов (табл. 3).

В таблице 4 приведены сравнительные характеристики предлагаемого способа и существующих способов переработки особо тяжелого бетона. Способ использования без переработки (в качестве насыпей для дорог, применение в низкосортных бетонах) принимаем за исходный способ, с которым сравниваем способ переработки без магнитной сепарации и способ с применением магнитной сепарации.

Из приведенных в таблице данных видно, что наиболее обоснованным с экономической и ресурсосберегающей точки зрения является применение способа переработки особо тяжелого бетона с применением ряда рекомендованных аппаратов и стадий.

Выводы. Реализация предлагаемого решения по применению технологии по переработке особо тяжелого бетона позволит организовать энерго- и ресурсоэффективное производство в соответствии с современными требованиями экологической безопасности на предприятии. С экономической точки зрения отходы особо тяжелого бетона нецелесообразно захоронять, так как основной компонент (железная руда) имеет значительную стоимость. В рамках предлагаемой технологии, основным направлением деятельности является извлечение и дальнейшее использование металлосодержащих компонентов.

В результате лабораторных испытаний был определен зерновой состав исходного материала, а также до и после переработки, выявлено соотношение железной руды и щебня, определено содержание пылевидных и глинистых частиц, определена плотность и пустотность. Проведено сравнение результатов испытания исходного, некондиционного и получаемого в результате переработки материала, испытания бетонной смеси и бетонных образцов-кубов на подвижность, прочность бетона по контрольным образцам, водопоглощение и морозостойкость.

Бетон с использованием переработанного материала показал сравнительно более высокие прочностные характеристики, свойства водопоглощения и морозостойкости, чем с использованием некондиционного материал за счёт удаления части цементного налёта на гранулах заполнителя. Испытания показали возможность замены до 75 % исходного сырья на производстве, без потери качественных характеристик бетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Иванова А.П., Труфанова О.И. Анализ и перспективы применения эффективных ресурсосберегающих технологий в производстве бетона // Наука та прогрес транспорту. 2014. № 5 (53). С. 150–156. DOI 10.15802/stp2014/30453
2. Перцев В.Т., Леденев А.А., Рудаков О.Б., Загоруйко Т.В. Состав и технология получения бетона повышенной термостойкости для огнестойких железобетонных изделий // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2015. № 2 (11). С. 39–45.
3. Смолий В.А., Косарев А.С., Яценко Е.А. Разработка технологии легких бетонов с пористым золошлаковым заполнителем // Научный альманах. 2016. № 11-2 (25). С. 233–236. DOI: 10.17117/na.2016.11.02.233
4. Сулейманова Л.А., Погорелова И.А., Марушко М.В. Применение композиционных вяжущих в технологии ячеистого бетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №2. С. 10–16. DOI: 10.12737/article_5a816bda646a22.41029804
5. Батаршин В.О., Федюк Р.С., Струк К.В., Бутенко Ю.В. Особо тяжелые бетоны специального назначения // В сборнике: Фундаментальные основы строительного материаловедения Международного онлайн-конгресса. 2017. С. 258–267.
6. Демьянова В.С., Гусев А.Д. Получение дисперсно-армированных бетонов различного функционального назначения с использованием вторичных материальных ресурсов // Региональная архитектура и строительство. 2012. № 1. С. 56–60.
7. Жаров М.А. Перспективы применения техногенных отходов в составах бетонных смесей // В сборнике «Актуальные проблемы современной науки» Всероссийская научно-практическая конференция. Ставрополь. 2012. С. 57–60.
8. Паринов С.В., Картушина Ю.Н. Технологическая схема полной переработки отходов производства особо тяжёлого бетона // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21. № 2. С. 63.
9. Фархатов М.А. Организация переработки отходов бетона и вторичное использование бетонов в строительстве // Системные технологии. 2018. № 26. С. 100–103.
10. Леденев А.А., Перцев В.Т., Калач А.В., Загоруйко Т.В., Донец С.А., Калач Е.В. Управление огнестойкостью железобетонных конструкций вариативной структуры // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 4. С. 16–22.

Информация об авторах

Картушина Юлия Николаевна, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности. E-mail: kartysina@rambler.ru. Волгоградский государственный технический университет. Россия, 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, д. 28.

Паринов Сергей Вадимович, магистрант. E-mail: ser_p94@mail.ru. Волгоградский государственный технический университет. Россия, 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, д. 28.

Севрюкова Галина Александровна, доктор биологических наук, профессор кафедры промышленной экологии и безопасность жизнедеятельности. E-mail: sevryukova2012@yandex.ru. Волгоградский государственный технический университет. Россия, 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, д. 28.

Поступила в марте 2019 г.

© Картушина Ю.Н., Паринов С.В., Севрюкова Г.А., 2019

^{1,*}*Kartushina Yu.N., ¹Parinov S.V., ¹Sevriukova G.A.*

¹*Volgograd State Technical University
Russia, 400005, Volgograd, Lenin Avenue, 28
E-mail: kartysina@rambler.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF MATERIALS PROPERTIES OBTAINED IN RECYCLING WASTE OF HEAVY CONCRETE

Abstract. *The research is aimed at analyzing the possibility of secondary use of recycled production waste of heavy concrete. The article proposes the extraction of material using the technology of dry magnetic enrichment of ore. As a result of laboratory experiments, the characteristics of the substandard material are improved to acceptable values in comparison with the raw material by mechanical treatment. In the course of the work, experimental studies are performed to examine the properties of the initial, substandard and resulting material processing based on test methods of state standards. The preservation of relatively high strength and guarantee characteristics of the obtained secondary material is revealed that allows reusing it in the production of heavy concrete without loss of quality, as an additive to the initial mixture.*

Keywords: *waste, concrete, technology, secondary raw materials, resource-saving.*

REFERENCES

- Ivanova A.P., Trufanova O.I. Analysis and application prospects of effective resources-saving technologies in concrete manufacture. Science and Transport Progress [Analiz i perspektivy primeneniya effektivnykh resursosberegayushchih tekhnologij v proizvodstve betona]. 2014. No. 5 (53). Pp. 150–156. DOI: 10.15802/stp2014/30453 (rus)
- Pertsev V.T., Rudakov O.B., Ledenev A.A., Zagoruiko T.V. Structure and technology of reception of concrete the raised thermal stability for the fire-resistant ferro-concrete products [Sostav i tekhnologiya polucheniya betona povyshennoj termostojkosti dlya ognestojkih zhelezobetonnyh izdelij]. Scientific Bulletin of Voronezh state University of architecture and construction. Series: Physical and chemical problems and high technologies of building materials science. 2015. No. 2 (11). Pp. 39–45. (rus)
- Smolii V.A., Kosarev A.S., Yatsenko E.A. Development of technology of light concrete with porous slag filler [Razrabotka tekhnologii legkih betonov s poristym zoloshlakovym zapolnitelem]. Science Almanac. 2016. No. 11-2 (25). Pp. 233–236. DOI: 10.17117/na.2016.11.02.233 (rus)
- Suleymanova L.A., Pogorelova I.A., Marushko M.V. Use of polydisperse composite binders in technology of aerated concrete [Primenenie kompozicionnyh vyazhushchih v tekhnologii yacheistogo betona]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2018. No. 2. Pp. 10–16. DOI: 10.12737/article_5a816bda646a22.41029804(rus)
- Batarshin V.O., Fedyuk R.S., Struk V.K., Butenko Yu.V. Especially heavy concretes of special purpose [Osobo tyazhelye betony special'nogo naznacheniya]. V sbornike: Fundamental'nye osnovy stroitel'nogo materialovedeniya Mezhdunarodnogo onlajn-kongressa. 2017. Pp. 258–267. (rus)
- Demyanova V.S., Gusev A.D. Production of fibre-reinforced concrete for various applications using secondary material resources. Regional architecture and engineering [Poluchenie dispersno-armirovannyh betonov razlichnogo funktsional'nogo naznacheniya s ispol'zovaniem vtorichnyh material'nyh resursov]. 2012. No. 1. Pp. 56–60. (rus)
- Zharov M.A. Prospects of application of technogenic waste in concrete mixtures [Perspektivy primeneniya tekhnogennyh othodov v sostavah betonnyh smesej] V sbornike «Aktual'nye problemy

sovremennoj nauki» Vserossijskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya. Stavropol. 2012. Pp. 57–60. (rus)

8. Parinov S.V., Kartushina Yu.N. Complete-recycling flowchart in the manufacture of heavy-aggregate concrete [Tekhnologicheskaya skhema polnoj pererabotki othodov proizvodstva osobo tyazhyologo betona]. Bulletin of the Technological University. 2018. Vol. 21(2). Pp. 63. (rus)

9. Fahratov M.A. Organization of recycling of concrete waste and secondary use of concrete in con-

struction. System technologies [Organizaciya pererabotki othodov betona i vtorichnoe ispol'zovanie betonov v stroitel'stve]. 2018. No 26. Pp. 100–103. (rus)

10. Ledenev A.A., Pertsev V.T., Kalach A.V., Zagoruiko T.V., Donets S.A., Kalach E.V. Management of fire resistance of ferro-concrete designs variational of structure [Upravlenie ognestojkost'yu zhelezobetonnyh konstrukcij variatropnoj struktury]. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2016. No. 4. Pp. 16–22. (rus)

Information about the authors

Kartushina, Julia N. PhD, Assistant professor. E-mail: kartysina@rambler.ru. Volgograd State Technical University. Russia, 400005, Volgograd, Lenin Avenue, 28.

Parinov, Sergey V. Master student. E-mail: ser_p94@mail.ru. Volgograd State Technical University. Russia, 400005, Volgograd, Lenin Avenue, 28.

Sevriukova, Galina A. DSc, Professor. E-mail: sevrykova2012@yandex.ru. Volgograd State Technical University. Russia, 400005, Volgograd, Lenin Avenue, 28.

Received in March 2019

Для цитирования:

Картушина Ю.Н., Паринов С.В., Севрюкова Г.А Сравнительный анализ свойств материалов, полученных при переработке отходов производства особо тяжелого бетона // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 8. С. 14–21. DOI: 10.34031/article_5d4928f0f05119.79723700

For citation:

Kartushina Yu.N., Parinov S.V., Sevriukova G.A. Comparative analysis of materials properties obtained in recycling waste of heavy concrete. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2019. No. 8. Pp. 14–21. DOI: 10.34031/article_5d4928f0f05119.79723700