

З.У. БЕППАЕВ, канд. техн. наук (beton61@mail.ru), Л.Х. АСТВАЦАТУРОВА, старший научный сотрудник (beton61@mail.ru), С.А. КОЛОДЯЖНЫЙ, научный сотрудник (beton61@mail.ru), С.А. ВЕРНИГОРА, младший научный сотрудник (nk1956@yandex.ru), В.В. ЛОПАТИНСКИЙ, инженер (labor9@mail.ru)

Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона – НИИЖБ им. А.А. Гвоздева, АО «НИЦ «Строительство» (109428, г. Москва, ул. 2-я Институтская, 6)

Определение физико-технических характеристик рециклингового щебня из боя керамического кирпича с выявлением перспектив его применения в качестве заполнителей для бетонов

Приведены результаты определения насыпной плотности, зернового состава и марки по дробимости рециклингового щебня из боя керамического кирпича, полученного при дроблении (утилизации) фрагментов кирпичной кладки, и оценена перспективность его применения для производства бетонов общестроительного назначения. Рециклинговый щебень из боя керамического кирпича представляет собой материал (продукт), получаемый дроблением некондиционного керамического кирпича, керамических камней, фрагментов кирпичной кладки на их основе, а также бетонных и железобетонных конструкций и изделий с заполнителями из боя керамического кирпича. Выявлено, что рециклинговый щебень, получаемый дроблением фрагментов кирпичной кладки на основе керамического кирпича, состоит преимущественно из зерен кирпичного боя, зерен раствора, а также агрегированных в единый конгломерат зерен кирпичного боя и раствора различных фракций. Насыпная плотность щебня из боя керамического кирпича варьируется в пределах от 938 до 1006 кг/м³. Дробимость щебня из боя керамического кирпича варьируется от 25,6 до 27,7 МПа. В результате проведенных исследований выявлено, что исследуемые материалы пригодны для применения в качестве заполнителей при производстве бетона. Однако документы, нормирующие единые требования к рециклинговому щебню из дробленого кирпича и кирпичной кладки, в РФ отсутствуют. Для широкого применения в строительной отрасли рециклингового щебня необходимо проведение комплекса экспериментальных работ с разработкой нового ГОСТа.

Ключевые слова: рециклинг, рециклинговый щебень из боя керамического кирпича, безотходность технологического процесса, вторичное использование материалов.

Для цитирования: Беппаев З.У., Аствацатурова Л.Х., Колодяжный С.А., Вернигора С.А., Лопатинский В.В. Определение физико-технических характеристик рециклингового щебня из боя керамического кирпича с выявлением перспектив его применения в качестве заполнителей для бетонов // Бетон и железобетон. 2022. № 1 (609). С. 36–42. DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-609-1-36-42>

Z.U. BEPPAEV, Candidate of Sciences (Engineering) (beton61@mail.ru), L.H. ASTVATSATUROVA, Senior Researcher (beton61@mail.ru), S.A. KOLODYAZHNY, Researcher (beton61@mail.ru), S.A. VERNIGORA, Junior Researcher (nk1956@yandex.ru), V.V. LOPATINSKY, Engineer (labor9@mail.ru)

Research, Design and Technological institute of Concrete and Reinforced Concrete – NIIZHB named after A.A. Gvozdev JSC “Research Center “Stroitel’svo” (6, build. 5, 2-nd Institutskaia Street, Moscow, 109428, Russian Federation)

Determination of Physical and Technical Characteristics of Recycling Crushed Stone from the Breakages of Ceramic Bricks with the Identification of Prospects for its Use as Aggregates for Concrete

The results of determining the bulk density, grain composition and grade by the crushing capacity of recycled crushed stone from the breakages of ceramic bricks obtained by crushing (utilization) fragments of brickwork are presented and the prospects of its use for the production of concretes for general construction purposes are evaluated. Recycling crushed stone from the breakages of ceramic bricks is a material (product) obtained by crushing substandard ceramic bricks, ceramic stones, fragments of brickwork based on them, as well as concrete and reinforced concrete structures and products with aggregates from the breakages of ceramic bricks. It was revealed that the recycling crushed stone obtained by crushing fragments of brickwork based on ceramic bricks consists mainly of brick breakage grains, mortar grains, as well as brick fight grains and mortar of various fractions aggregated into a single conglomerate. The bulk density of crushed stone from the breakage of ceramic bricks varies from 938 to 1006 kg/m³. The crushing capacity of crushed stone from the breakages of ceramic bricks varies from 25.6 to 27.7 MPa. As a result of the research conducted, it was revealed that the materials under study are suitable for use as aggregates in the production of concrete. However, there are no documents regulating uniform requirements for recycling crushed stone from crushed bricks and masonry in the Russian Federation. For wide application in the construction industry of recycling crushed stone, it is necessary to carry out a complex of experimental works with the development of a new GOST.

Keywords: recycling, recycling crushed stone from the breakage of ceramic bricks, waste-free technological process, secondary use of materials.

For citation: Beppaev Z.U., Astvatsaturova L.H., Kolodyazhny S.A., Vernigora S.A., Lopatinsky V.V. Determination of physical and technical characteristics of recycling crushed stone from the breakages of ceramic bricks with the identification of prospects for its use as aggregates for concrete. *Beton i Zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete]. 2022. No. 1 (609), pp. 36–42. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0005-9889-2022-609-1-36-42>

В настоящее время производить качественные строительные материалы многих видов можно, используя отходы различных производств взамен традиционного исходного (природного) сырья. Такой подход позволяет сочетать производство строительной продукции с решением экологических проблем и проблем энерго- и ресурсосбережения [1–8].

Одним из таких направлений в производстве бетонов и частично строительных растворов является использование вторичного строительного сырья, в том числе рециркулируемых материалов, обладающих потенциалом многократного использования. Такое направление повышает эффективность производства и отвечает концепции бережливого производства, основной нормативной базой которой является ГОСТ Р 56020–2020 «Бережливое производство. Основные положения и словарь».

Во всех цивилизованных странах проблеме отходов, образующихся в процессе производства, в том числе образующихся при утилизации элементов кирпичной кладки и некондиционного кирпича, уделяется большое внимание. В частности, в странах Евросоюза принята устойчиво развивающаяся концепция (нашедшая отражение в нескольких директивах, принятых в начале 90-х гг. прошлого века), заключающаяся в создании системы рециклинга и вторичном использовании материалов. При этом практически предотвращается (или значительно уменьшается) образование отходов и оптимизируется процесс их вторичной обработки. В частности, в Великобритании с целью сохранения природных ресурсов и стимулирования рециклинга введен налог на применение каждой тонны природного заполнителя (первичного сырья) в размере 1,6 фунта стерлингов. Большое значение применению рециклинговых заполнителей для производства бетона придается и в Германии. Она является первой страной, которая создала свои национальные рекомендации о рециклинговом бетоне.

В США большое значение в стимулировании организации производства вторичного сырья из отходов имеет регулирование на уровне государства и на уровне отдельных штатов. Затраты предприятий и правительства на мероприятия, направленные на защиту окружающей среды, составляют более 90 млрд долл. США, 60% из которых расходуется предпринимателями.

В Японии уделяется особое внимание вопросам использования вторичного сырья. Высокие темпы развития промышленного производства привели к проблеме чрезвычайно высокого уровня загрязнения окружающей среды на рубеже 60-х гг. прошлого века. Большие земельные территории становились непригодными для хозяйственной деятельности и для жизни в связи с массовым захоронением отходов. В 1967 г.

был принят «Основной закон об охране окружающей среды». Основной концепцией закона является возложение обязанностей за переработку отходов на предприятия – производители отходов.

Таким образом, в концепции обращения с отходами (одобренной ведущими развитыми странами мира) действует четкая иерархия методов обращения с отходами, при которой наиболее предпочтительным путем их утилизации является рециклинг, т. е. процесс переработки и возвращения отходов в повторный оборот в качестве кондиционного товара.

Для Российской Федерации использование вторичных ресурсов и внедрение системы рециклинга в производственный процесс являются весьма перспективным направлением. В настоящее время переработка вторичных ресурсов не выделена в особый объект государственного регулирования – Федеральный закон № 89-ФЗ от 24 июня 1998 г. «Об отходах производства и потребления» с изменениями, внесенными Федеральным законом от 28 июля 2012 г. №128-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об отходах производства и потребления», не рассматривает отходы как вторичные материальные ресурсы. В то же время в Распоряжении Правительства Российской Федерации № 868-р от 10 мая 2016 г., «Стратегия развития промышленности строительных материалов на период до 2020 года и дальнейшую перспективу до 2030 года» отмечается низкий уровень вовлечения отходов производства и потребления в новое производство (п. 8, стр. 19).

Использование вторичных ресурсов, а также масштабное освоение и внедрение системы рециклинга в производственный процесс Российской Федерации отвечают основным положениям Указа Президента Российской Федерации № 176 от 19 апреля 2017 г.: утверждена Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 г.

Приоритетными направлениями в этом документе, в частности, являются:

- развитие системы эффективного обращения с отходами производства и потребления, создание индустрии утилизации, в том числе повторного применения таких отходов;

- стимулирование внедрения наилучших доступных технологий, создание удовлетворяющих современным экологическим требованиям и стандартам объектов, используемых для размещения, утилизации, переработки и обезвреживания отходов производства и потребления, а также увеличение объема повторного применения отходов производства и потребления за счет субсидирования и предоставления налоговых и тарифных льгот, других форм поддержки.

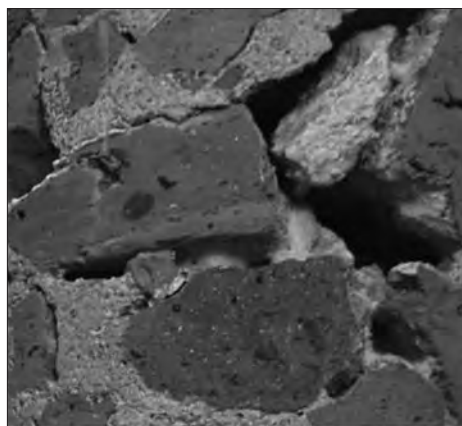


Рис. 1. Общий вид фрагментов бетона на щебне из боя керамического кирпича

Fig. 1. General view of concrete fragments on crushed stone from ceramic brick breakage

В Российской Федерации ежегодный объем строительных отходов (в том числе при утилизации каменных конструкций и изделий на основе керамического кирпича), образующихся в результате ремонта, реконструкции и сноса зданий, составляет 12–14 млн т. При этом в ближайшие годы объем строительных отходов может увеличиться до 35–45 млн т. В частности, при сносе одного пятиэтажного дома образуется около 15 тыс. т отходов.

Рециклинговый щебень из боя керамического кирпича представляет собой материал (продукт), получаемый дроблением некондиционного керамического кирпича, керамических камней, фрагментов кирпичной кладки на их основе, а также бетонных и железобетонных конструкций и изделий с заполнителями из боя керамического кирпича. Рециклинговый щебень, получаемый из некондиционного керамического кирпича и керамических камней, состоит из зерен кирпичного боя различных фракций. Рециклинговый щебень, получаемый дроблением фрагментов кирпичной кладки на основе керамического кирпича, керамических камней, а также бетонных и железобетонных конструкций с заполнителями из боя керамического кирпича, состоит из зерен кирпичного боя, зерен раствора, а также агрегированных в единый конгломерат зерен кирпичного боя и раствора различных фракций. Рециклинговый щебень из боя керамического кирпича представляет собой ценный ресурс для производства бетонных, а также железобетонных конструкций и изделий. Его использование для замены природных и традиционных искусственных заполнителей в бетоне может принести значительные экономические, энергетические и экологические преимущества. Повторное использование вторичного рециклингового кирпичного щебня во многих случаях весьма целесообразно и отвечает принципам концепции «устойчивого развития» («sustainable development»), основные положения которой предусматривают экономию материалов и

энергии, а также уменьшение негативного воздействия на окружающую среду, в том числе сохранение невозобновимых источников природных ресурсов.

Бетоны на основе рециклингового щебня из боя керамического кирпича в Российской Федерации применялись при строительстве различных зданий и сооружений с конца XIX до 60-х гг. XX в. Такие бетоны использовали при устройстве монолитных

фундаментов, монолитных и сборных колонн, а также плоских и сводчатых монолитных плит перекрытий и покрытия по стальным балкам.

В этих бетонах щебень из керамического кирпича применялся в качестве крупного заполнителя, в качестве мелкого заполнителя использовался кварцевый песок. Щебень из керамического кирпича применялся, как правило, нефракционированный, размеры зерен щебня варьировались от 3 до 50 мм, а иногда до 100 мм [9]. Структура таких бетонов отличалась неоднородностью, высокой пористостью и неравномерным распределением щебня в матрице бетона.

Общий вид фрагментов бетона на щебне из боя керамического кирпича приведен на рис. 1.

До 1946 г. требования к щебню из боя керамического кирпича практически не нормировались. В 1946 г. вступил в действие ГОСТ 3192–46 «Щебень кирпичный и керамический для обычного бетона», далее этот ГОСТ в 1950 г. был заменен на ГОСТ 3192–50 «Щебень кирпичный и керамический для обычного бетона» со следующими основными определениями и требованиями:

- щебень кирпичный и керамический получается дроблением отходов керамического производства или производства обыкновенного или дорожного кирпича (клинкера);
- по крупности зерен, зерновому составу, объему пустот должен удовлетворять требованиям, предъявляемым к гравиям для обычного бетона;
- зерен мельче 5 мм допускается не более 10% по весу, в том числе зерен мельче 0,15 мм – не более 5%;
- предел прочности при сжатии бетона на испытываемом щебне должен быть не менее 120% от требуемой марки бетона;
- содержание сернистых и сернокислых соединений в пересчете на SO_3 для армированного бетона не более 1%, неармированного – не более 3%;
- щебень кирпичный и керамический применяется



Рис. 2. Общий вид щековой дробилки ШДС 180×250

Fig. 2. General view of the jaw crusher SHCHDS 180×250



Рис. 3. Рециклинговый щебень из боя керамического кирпича: а — полученный из кирпичной кладки с раствором; б — полученный из кирпича без раствора

Fig. 3. Recycled crushed stone from broken ceramic bricks: а — obtained from brickwork with mortar; б — obtained from brick without mortar

для бетона и железобетона марок до М150 надземных конструкций, не насыщаемых водой, а также для фундаментов зданий III класса;

— приемка, отбор средней пробы, методы испытаний те же, что и у гравия для обычного бетона.

До 15 февраля 1960 г. щебень из боя керамического кирпича для производства бетонов применялся в соответствии с положениями ГОСТ 3192–50. 15 февраля 1960 г. ГОСТ 3192–50 был отменен без последующей замены.

Рециклинговый щебень из боя керамического кирпича того времени, как правило, имел насыпную плотность 800–900 кг/м³; с его применением получали бетоны плотностью 1800–2000 кг/м³, т. е. на 15–20% легче, чем на обычных тяжелых заполнителях.

Для определения насыпной плотности, зернового состава и марки по дробимости щебня из боя керамического кирпича сотрудниками Лаборатории № 9 НИИЖБ им. А.А. Гвоздева были проведены комплексные экспериментальные исследования. Для проведения работ из стен реконструируемого зда-

ния (построенного в середине XX в.) были отобраны фрагменты кирпичной кладки, затем дроблением этих фрагментов были получены пробы рециклингового щебня двух видов (типов):

- рециклинговый щебень непосредственно из кирпичной кладки с раствором;
- рециклинговый щебень из кирпича без наличия раствора.

Для изготовления рециклингового щебня использовали щековую дробилку марки ШДС 180×250 производства ООО «Уральский завод котельного оборудования». Размер выходной щели щековой дробилки составлял 20 мм. Общий вид щековой дробилки приведен на рис. 2.

Осмотр полученных проб показал, что рециклинговый щебень, полученный дроблением кирпичной кладки, состоит из зерен кирпичного боя, из зерен раствора, а также агрегированных

в единый конгломерат зерен кирпичного боя и раствора различных фракций. Рециклинговый щебень, полученный из кирпича без раствора, состоит из зерен кирпичного боя различных фракций. Инородные неорганические и органические примеси в рециклинговом щебне отсутствовали.

Определение насыпной плотности, зернового состава и марки по дробимости рециклингового щебня проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 8269.0–97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний».

Требования к насыпной плотности, зерновому составу и марке по дробимости рециклингового щебня определяли в соответствии с ГОСТ 8267–93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия».

Результаты определения насыпной плотности, зернового состава и марки по дробимости рециклингового щебня приведены в табл. 1–6.

Таблица 1
Table 1

Насыпная плотность рециклингового щебня, полученного дроблением фрагментов кирпичной кладки (с раствором)
Bulk density of recycling crushed stone obtained by crushing fragments of brickwork (with mortar)

Щебень фракций, мм	Объем пробы, м ³	Масса цилиндра, кг	Масса пробы, кг	Насыпная плотность пробы, кг/м ³	Среднее значение насыпной плотности щебня, кг/м ³
5–20	0,005	1,965	4,788	958	948
5–20	0,005	1,965	4,69	938	

Таблица 2
Table 2

Насыпная плотность рециклингового щебня, полученного дроблением кирпича без раствора
Bulk density of recycled crushed stone obtained by crushing bricks without the presence of mortar

Щебень фракций, мм	Объем пробы, м ³	Масса цилиндра, кг	Масса пробы, кг	Насыпная плотность пробы, кг/м ³	Среднее значение насыпной плотности щебня, кг/м ³
5–20	0,005	1,965	5,03	1006	1002
5–20	0,005	1,965	4,99	998	

Таблица 3
Table 3

Зерновой состав рециклингового щебня, полученного дроблением фрагментов кирпичной кладки (с раствором)
Grain composition of recycling crushed stone obtained by crushing fragments of brickwork (with mortar)

Диаметр отверстий контрольных сит, мм	Остатки на ситах			Требования ГОСТ 8267–93, мас. % (полные остатки фр. 5–20)
	Масса, m _i , г	мас. %		
		Частные, a _i	Полные	
20	504	10	10	До 10
12,5	2186	43,57	53,57	30–60
10	759	15,13	68,7	–
7,5	600	11,96	80,66	–
5	432	8,61	89,27	90–100
2,5	286	5,7	94,97	95–100
Поддон	250	4,98	100	–

Таблица 4
Table 4

Зерновой состав рециклингового щебня, полученного дроблением кирпича без наличия раствора
Results of determining the grain composition of recycling crushed stone obtained by crushing bricks without the presence of mortar

Диаметр отверстий контрольных сит, мм	Остатки на ситах			Требования ГОСТ 8267–93, мас. % (полные остатки фр. 5–20)
	Масса, m _i , г	мас. %		
		Частные, a _i	Полные	
20	337	6,73	6,73	До 10
12,5	1779	35,53	42,26	30–60
10	446	8,91	51,17	–
7,5	562	11,22	62,39	–
5	571	11,40	73,79	90–100
2,5	480	9,59	83,38	95–100
Поддон	832	16,62	100	–

Таблица 5
Table 5

Марки по дробимости (прочности) рециклингового щебня, полученного дроблением фрагментов кирпичной кладки (с раствором)
Grade by crushing (strength) of recycling crushed stone obtained by crushing fragments of brickwork (with mortar)

Размер фракции/ сита Ø, мм	Масса, г		Дробимость, Др, %	Ср. значения дробимости, Др _{ср} , %	Дробимость смеси фракций, Др, %	Марка по дробимости
	проба, m	остаток на сите, m ₁				
от 5 до 10 1,25	233	170	27,04	27,84	27,69	300
	227	162	28,63			
от 10 до 20 2,5	217	157	27,65	27,54		
	226	164	27,43			

Таблица 6
Table 6

Марка по дробимости (прочности) рециклингового щебня, полученного дроблением кирпича без наличия раствора
Grade by crushing (strength) of recycling crushed stone obtained by crushing bricks without the presence of mortar

Размер фракции/сита Ø, мм	Масса, г		Дробимость, Др, %	Ср. значения дробимости, Др _{ср} , %	Дробимость смеси фракций, Др, %	Марка по дробимости
	проба, m	остаток на сите, m ₁				
от 5 до 10 1,25	220	162	26,36	25,4	25,58	300
	225	170	24,44			
от 10 до 20 2,5	223	162	27,35	25,75		
	232	176	24,14			

Выводы

1. Насыпная плотность рециклингового щебня, полученного дроблением фрагментов кирпичной кладки (с раствором), составляет 938–958 кг/м³. Насыпная плотность рециклингового щебня, полученного дроблением кирпича без раствора, составляет 998–1006 кг/м³. Наличие в составе рециклингового щебня раствора незначительно (на 9–10%) уменьшает насыпную плотность щебня.

2. Рециклинговый щебень, полученный дроблением фрагментов кирпичной кладки (с раствором), по зерновому составу практически удовлетворяет требованиям ГОСТ 8267–93. Рециклинговый щебень, полученный дроблением кирпича без раствора, не удовлетворяет требованиям ГОСТ 8267–93. Полные остатки на ситах Ø5 (73,79%) и Ø2,5 (83,38%) меньше минимальных нормируемых значений 90 и 95%. Наличие в составе рециклингового щебня раствора значительно (в 3,3 раза) уменьшает количество мелких (менее 2,5 мм) зерен.

3. Независимо от наличия растворной части в рециклинговом щебне из кирпичного боя основной фракцией щебня являются зерна с размерами от 12,5 до 10 мм, их доля составляет 35,53–43,57%.

4. Марка по дробимости (прочность) рециклингового щебня, полученного дроблением фрагментов кирпичной кладки (с раствором), и рециклингового щебня, полученного дроблением кирпича без раствора, составляет 300.

5. По показателям насыпной плотности, зернового состава и марки по дробимости рециклинговый щебень, полученный дроблением фрагментов кирпичной кладки (с раствором), и рециклинговый щебень, полученный дроблением кирпича без раствора, пригодны для применения в качестве крупного заполнителя при производстве бетонов общестроительного назначения.

Однако, в настоящее время в Российской Федерации документы, нормирующие единые требования к рециклинговому щебню из дробленого кирпича и кирпичной кладки, практически отсутствуют. Для широкого применения в строительной отрасли рециклингового щебня необходимо проведение комплекса экспериментальных работ с разработкой нового ГОСТа, что позволит усовершенствовать процессы утилизации каменных, кирпичных конструкций и изделий с завершенным сроком эксплуатации для получения качественного, готового к применению строительного материала.

Список литературы

1. Беппаев З.У., Аствацатурова Л.Х., Колодяжный С.А., Вернигора С.А. Перспективы применения рециклингового щебня из боя керамического кирпича в качестве заполнителей для производства бетонов общестроительного назначения // *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2020. № 1 (24). С. 13–22.
2. Гончарова М.А., Борков П.В., Аль-Суррайви Х.Г.Х. Рециклинг крупнотоннажных бетонных и железобетонных отходов при реализации контрактов полного жизненного цикла // *Строительные материалы*. 2019. № 12. С. 52–57. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-777-12-51-57>
3. Сидорова А.С., Анцупова С.Г., Попов А.Л. Физико-механические характеристики тяжелого бетона с использованием местного вторичного сырья // *Строительные материалы*. 2020. № 9. С. 9–14. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-784-9-9-14>
4. Красиникова Н.М., Кириллова Е.В., Хозин В.Г. Вторичное использование бетонного лома в качестве сырьевых компонентов цементных бетонов // *Строительные материалы*. 2020. № 1–2. С. 56–65. DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-778-1-2-56-65>
5. Маркелов А.С., Кадышев И.Д., Давыдова Л.А., Савельева Ю.П., Смирнов И.Ю. Экономика устойчивого строительства: будущее переработки строительных отходов // *Финансовая экономика*. 2021. № 11. С. 256–258.
6. Коробко В.И. Зарубежный опыт переработки отходов строительства и сноса. *Строительство. Экономика и управление*. 2019. № 3 (35). С. 37–40.
7. Пугина В.К. Использование отходов в строительстве. В сборнике: *Наука молодых – будущее России. Сборник научных статей 4-й Международной научной конференции перспективных разработок молодых ученых*. 2019. С. 308–310.
8. Губанова Л.Н., Пушкарская О.Ю., Алимова Л.А., Акчурин Т.К. Отходы ферросплавного производства - добавки высоконаполненных цементных бетонов. В сборнике: *Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и оснований фундаментов. Материалы VI Международной научно-технической конференции*. 2011. С. 137–141.
9. Беппаев З.У., Аствацатурова Л.Х., Колодяжный С.А., Вернигора С.А. Перспективы применения рециклингового щебня из боя керамического кирпича в качестве заполнителей для производства бетонов общестроительного назначения // *Технологии бетонов*. 2021. № 5. С. 23–28.

References

1. Beppaev Z.U., Astvatsaturova L.Kh., Kolodyazhny S.A., Vernigora S.A. Prospects for the use of recycled crushed stone from broken ceramic bricks as aggregates for the production of concretes for general construction purposes. *Vestnik NITs Stroitel'stvo*. 2020. No. 1 (24), pp. 13–22. (In Russian).
2. Goncharova M.A., Borkov P.V., Al-Surrayvi H.G.H. Recycling of large-capacity concrete and reinforced concrete waste in the context of realization of full life cycle contracts. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2019. No. 12, pp. 51–57. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2019-777-12-52-57>
3. Sidorova A.S., Antsupova S.G., Popov A.L. Physical and mechanical properties of concrete using local secondary raw materials. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2020. No. 9, pp. 9–14. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-784-9-9-14>
4. Krasinikova N.M., Kirillova E.V., Khozin V.G. Reuse of concrete waste as input products for cement concretes. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2020. No. 1–2, pp. 56–65. (In Russian). DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2020-778-1-2-56-65>
5. Markelov A.S., Kadyshchev I.D., Davydova L.A., Savelyeva Yu.P., Smirnov I.Yu. Economics of sustainable construction: the future of processing construction waste. *Finansovaya ekonomika*. 2021. No. 11, pp. 256–258. (In Russian).
6. Korobko V.I. Foreign experience in processing construction and demolition waste. *Stroitel'stvo. Ekonomika i upravleniye*. 2019. No. 3 (35), pp. 37–40. (In Russian).
7. Pugina V.K. Waste use in construction. In the collection: *Science of the young – the future of Russia. Collection of scientific articles of the 4th International scientific conference of promising developments of young scientists*. 2019, pp. 308–310. (In Russian).
8. Gubanova L.N., Pushkarskaya O.Yu., Alimova L.A., Akchurin T.K. Waste from ferroalloy production - additives of highly filled cement concretes. In the collection: *Reliability and durability of building materials, structures and foundations. Materials of the VI International scientific and technical conference*. 2011, pp. 137–141. (In Russian).
9. Beppaev Z.U., Astvatsaturova L.H., Kolodyazhny S.A., Vernigora S.A. Prospects for the use of recycling crushed battle of ceramic bricks as aggregates for production of concrete for general construction purpose. *Tekhnologii betonov*. 2021. No. 5, pp. 23–28.