

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЗАМЕНЫ ПРИРОДНОГО ЩЕБНЯ НА ВТОРИЧНЫЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ БЕТОНА

Ю.Ю. Курятников

Тверской государственной технической университет (г. Тверь)

© Курятников Ю.Ю., 2020

Аннотация. С применением вторичного щебня фракции 5–20 мм и вторичной щебеночно-песчаной смеси (ЩПС) фракции 0–60 мм, полученных при переработке бетонного лома, разработаны составы бетона классов по прочности В7,5–В22,5. Замена природного щебня на вторичный дает заметный экономический эффект при его использовании.

Ключевые слова: вторичный щебень, вторичная щебеночно-песчаная смесь, бетонный лом, тяжелый бетон, переработка некондиционной продукции, улучшение экологической обстановки.

DOI: 10.46573/2658-7459-2020-4-32-38

ВВЕДЕНИЕ

В рамках национального проекта «Жилье и городская среда» действует «Адресная программа Тверской области по переселению граждан из аварийного жилищного фонда на 2019–2025 годы», в которую включены 362 многоквартирных дома, признанных аварийными и подлежащими сносу или реконструкции в связи с физическим износом в процессе их эксплуатации, общей площадью 89,7 тыс. м². В результате разборки физически и морально устаревших зданий образуется большое количество лома бетонных конструкций. Специализированные фирмы, оснащенные современным оборудованием для демонтажа зданий и сооружений, производят снос строений с отделением железобетонных изделий от других строительных отходов.

Кроме того, бетонный лом постоянно образуется в результате переработки некондиционной продукции и технологических отходов на заводах сборного железобетона и строительных площадках.

Согласно Федеральному классификационному каталогу отходов лом железобетонных изделий относят к 5-му классу отходов. Но при захоронении на полигонах такой крупногабаритный строительный мусор требует значительного места и расходов на утилизацию. После переработки бетонный лом содержит большое количество бетонной пыли, относящейся уже к 4-му классу отходов, которая разносится ветром и загрязняет воздух, почву и воду. Строительные свалки, в том числе несанкционированные, появляются и растут с большой скоростью, поэтому необходимо развивать производство по переработке отходов и внедрять новые технологии.

В связи с этим актуальность проблемы переработки и повторного использования строительных отходов, в первую очередь бетонного и железобетонного лома, становится совершенно очевидной. Переработка бетонного лома – это получение дешевых материалов для изготовления железобетонных изделий, сокращение транспортных потоков, связанных с поставкой заполнителей для бетона, сохранность природных ресурсов, улучшение экологической обстановки.

Применение вторичного щебня в качестве заполнителя для бетонов и методы его активации рассматриваются в работах Ю.М. Баженова [1], С.-А.Ю. Муртазаева [2], В.А. Шевченко [3], А.И. Бедова [4] и др. Для повышения прочности бетона применяются

многостадийное дробление по «мягкому» режиму с разделением по фракциям, механоактивация смеси, поличастотное виброуплотнение смеси и другие способы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях применяли вторичный щебень, полученный путем переработки железобетонных изделий, которые не соответствуют стандартам и техническим характеристикам. Такие изделия измельчали гидромолотом, отделяли арматурный лом, дробили в специальном дробильном ковше, отбирали фракции 0–60 и 5–20 мм. Дробильный ковш устанавливается на экскаватор. Оборудование состоит из металлической рамы с двумя дробящими щеками, одна из которых подвижная, а вторая – неподвижная. Подвижная щека, соединенная к эксцентриковому валу и маховику, и коленчатый рычаг в верхнем положении создают четырехнаправленное движение таким образом, что подвижная щека смыкается с неподвижной и в то же время создает вертикально-маятниковое движение, способствуя разрушению материала. Вторичный щебень после первичного измельчения и вторичного дробления представлен на рис. 1, 2.

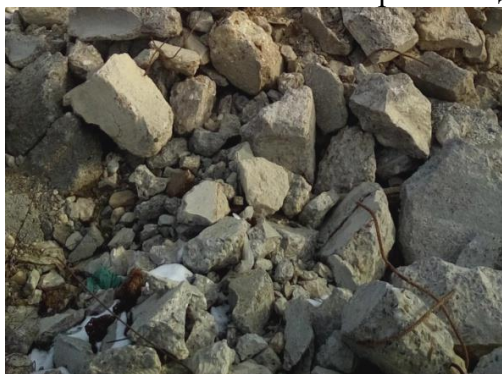


Рис. 1. Щебень после первичного измельчения



Рис. 2. Щебень после вторичного дробления

В исследованиях применяли цемент ПЦ 500 Д0-Н, песок природный средний, щебень природный фракции 5–20 мм, щебень вторичный фракции 5–20 мм, вторичную ЦПС фракции 0–60 мм.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Были изготовлены бетоны классов по прочности на сжатие от В10 до В22,5 на основе продуктов дробления железобетонных изделий. Физико-механические свойства бетонов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические свойства бетонов на основе продуктов дробления железобетонных изделий

Применяемый крупный заполнитель			Осадка конуса, см	Плотность бетона, кг/м ³	Прочность на сжатие, МПа	
Щебень природный 5–20 мм	Щебень вторичный 5–20 мм	ЦПС вторичная 0–60 мм			После тепло-влажностной обработки	28 сут при нормальном твердении
Класс бетона по прочности на сжатие В10						
+	–	–	2,5	2 310	10,1	15,2
–	–	+	2,5	2 180	9,9	14,1
Класс бетона по прочности на сжатие В12,5						
+	–	–	4,0	2 335	10,7	22,2
–	+	–	4,0	2 220	8,5	18,8
Класс бетона по прочности на сжатие В15						

+	-	-	7,0	2 355	13,0	23,6
-	+	-	7,0	2 210	9,2	20,4
Класс бетона по прочности на сжатие В20						
+	-	-	6,0	2 340	18,3	28,0
-	+	-	6,0	2 220	14,8	25,6
Класс бетона по прочности на сжатие В22,5						
+	-	-	7,0	2 345	22,4	35,5
-	+	-	7,0	2 210	17,5	32,3

Как видно из данных, приведенных в табл. 1, замена природного щебня на вторичный при одинаковых расходах цемента, параметрах бетонной смеси и условиях твердения приводит к снижению средней плотности и прочности бетона после тепловлажностной обработки на 1-е сутки твердения до 30 %, марочной прочности до 15 % в зависимости от класса бетона. Снижение средней плотности и прочности свидетельствует о более пористой структуре вторичного щебня и подтверждается данными его водопоглощения. Тем не менее с применением вторичного щебня фракции 5–20 мм и ЩПС фракции 0–60 мм для всех исследуемых составов обеспечивается требуемая марочная прочность бетона.

Для минимизации отрицательного влияния на прочность бетона проводили механоактивацию вторичного щебня путем подбора оптимальных режимов дозирования и перемешивания в смесителе. Результаты представлены в табл. 2. Механоактивация вторичного щебня дает рост прочности бетона до 23 % без дополнительных капиталовложений.

Таблица 2

Сравнение эффективности различных сценариев загрузки материалов

№ п/п	Состав бетонной смеси, кг/м ³				Осадка конуса, см	Плотность бетонной смеси, кг/м ³	Прочность на сжатие, МПа		
	Цемент	Песок	Щебень вторичный	Добавка			Тепловл. обработка	7 сут	28 сут
1.1	250	390	1 450	0 %	5,5	2 165	6,3	11,2	13,7
1.2	250	390	1 450	0 %	5,0	2 210	8,4	13,6	16,9
2.1	350	300	1 400	0,3 %	6,5	2 190	19,7	26,5	30,6
2.2	350	300	1 400	0,3 %	5,5	2 250	22,3	30,7	36,9

Примечания:

1. Замесы № 1.1 и 2.1 выполнялись при классической загрузке всех материалов в бетоносмеситель.
2. Замесы № 1.2 и 2.2 выполнялись при загрузке материалов в бетоносмеситель по специальному сценарию.
3. Специальный сценарий загрузки:
загрузка вторичного щебня в смеситель и предварительное перемешивание;
загрузка в смеситель 2/3 части необходимой воды и перемешивание;
загрузка в смеситель песка, цемента, оставшейся воды и перемешивание.

Механизм действия механоактивации вторичного щебня можно объяснить следующим. При предварительном перемешивании вторичного щебня в сухом виде от него отделяются слабые частицы, которые оказывают отрицательное влияние на процессы, происходящие в контактной зоне цемент – заполнитель. При перемешивании вторичного щебня и воды мелкодисперсные пылевидные частицы переходят в водную фазу. При добавлении в смесь цемента и ее перемешивании частицы цемента находятся во взвешенном состоянии в воде. Далее происходит распределение мелкодисперсных пылевидных частиц между частицами цемента. Затем система пылевидные частицы –

цемент осаждается на поверхность зерен заполнителя, т. е. мелкодисперсные пылевидные частицы включаются в цементную матрицу и не образуют прослоек между цементным камнем и зёрнами заполнителя, что ведет к повышению прочности бетона.

Замена природного щебня на вторичный дает заметный экономический эффект в первую очередь за счет низкой себестоимости вторичного щебня, которая складывается из оплаты труда рабочих, затрат на содержание и эксплуатацию оборудования для дробления. Средняя себестоимость вторичного щебня составляет 553,29 руб. на тонну. Цена природного щебня складывается из закупочной цены и доставки и в среднем составляет 1 046 руб. за тонну, что в 2 раза выше, чем у вторичного щебня. Себестоимость произведенного бетона на вторичном щебне соответственно дешевле аналогичного на природном щебне. В среднем эта разница составила 588 руб. за куб бетона. В табл. 3 представлен расчет себестоимости 1 м³ полуфабрикатного бетона.

Таблица 3

Расчет себестоимости 1 м³ полуфабрикатного бетона

Состав 1 м ³ полуфабрикатного бетона	Ед. изм.	Цена без НДС, руб.	(М100) В7,5 на природном щебне		(М100) В7,5 на вторичном щебне	
			Норма расхода, ед./1м ³	Стоимость, руб./м ³	Норма расхода, ед./1м ³	Стоимость, руб./м ³
Цемент ПЦ 500 Д0-Н	т	4 218	0,175	738,2	0,175	738,2
Песок средний	т	292	0,89	260,2	0,62	181,3
Щебень природный 5–20 мм	т	1 046	1,2	1 255,7	–	–
ЩПС из дробленого бетона 0–60 мм	т	553	–	–	1,35	746,9
Изготовление бетона	руб./м ³	412	1	412	1	412
Итого	–	–	–	2 666	–	2 078

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существуют следующие риски и сложности реализации проекта по применению вторичного щебня на предприятиях железобетонных изделий:

1. Указанные расчеты не учитывают затраты на модернизацию бетоносмесительного узла: необходимо иметь свободный дополнительный расходный бункер под вторичный щебень. При его отсутствии необходимо четко планировать формовку на вторичном щебне на определенные дни, чтобы успевать опустошать бункер с одним материалом и засыпать туда вторичный щебень.

2. Для хранения вторичного щебня необходим закрытый склад инертных материалов во избежание пыления и контроля влажности.

3. Себестоимость вторичного щебня сильно зависит от вида, габаритов и возраста перерабатываемых ЖБИ. Балки, лежавшие на земле больше 20 лет и набравшие очень большую прочность, поддаются переработке во много раз сложнее мелкоштучных, тонкостенных изделий.

4. Для отделения щебня фракции более 40 мм, металла, мусора и вторичного песка с пылью, которые ухудшают качество изделий и значительно повышают трудоемкость работ, необходим виброгροхот.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов Ю.М., Муртазаев С.-А.Ю. Эффективные бетоны для строительных и восстановительных работ с использованием бетонного лома и отвальных зол ТЭС // *Вестник МГСУ*. 2008. № 3. С. 124–127.
2. Муртазаев С.-А.Ю., Сайдумов М.С., Абдуллаев М.А.-В., Хасиев А.А. Использование механоактивированных отсеков дробления бетонного лома в производстве бетонокомпозитов // *Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки*. 2011. № 22. С. 136–140.
3. Шевченко В.А., Шатрова С.А. Исследование возможности получения заполнителя для бетонов из бетонного лома // *Эпоха науки. Технические науки*. 2017. № 9. С. 165–168.
4. Бедов А.И., Ткач Е.В., Пахратдинов А.А. Вопросы утилизации отходов бетонного лома для получения крупного заполнителя в производстве железобетонных изгибаемых элементов // *Вестник МГСУ*. 2016. № 7. С. 91–100.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

КУРЯТНИКОВ Юрий Юрьевич – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры производства строительных изделий и конструкций, ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет», 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22. E-mail: yuriy-k@yandex.ru

БИБЛИОГРАФИЧЕСКАЯ ССЫЛКА

Курятников Ю.Ю. Техничко-экономические аспекты замены природного щебня на вторичный при производстве бетона // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Строительство. Электротехника и химические технологии»*. 2020. № 4 (8). С. 32–38.

TECHNICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF SUBSTITUTION OF NATURAL CRUSHED BY SECONDARY CRUSHED IN THE PRODUCTION OF CONCRETE

Y.Y. Kuryatnikov

Tver State Technical University (Tver)

Abstract. With the use of secondary crushed stone of fraction 5–20 mm and secondary crushed stone-sand mixture of fraction 0–60 mm, obtained during processing of concrete scrap, concrete compositions of strength classes B7.5–B22.5 have been developed. Replacing natural crushed stone with a secondary one gives a noticeable economic effect when using it.

Keywords: secondary crushed stone, secondary crushed stone-sand mixture, concrete scrap, heavy concrete, processing of substandard products, improving the ecological situation.

REFERENCES

1. Bazhenov Yu.M., Murtazaev S.-A.Yu. Effective concretes for construction and restoration work using concrete scrap and waste ash from TPPs. *Vestnik MGSU*. 2008. No. 3, pp. 124–127.
2. Murtazaev S.-A.Yu., Saidumov M.S., Abdullaev M.A.-V., Khasiev A.A. The use of mechanically activated screenings of crushing of concrete scrap in the production of concrete composites. *Bulletin of the Dagestan State Technical University. Technical science*. 2011. No. 22, pp. 136–140.
3. Shevchenko V.A., Shatrova S.A. Investigation of the possibility of obtaining aggregate for concrete from concrete scrap. *Epoch of Science. Technical science*. 2017. No. 9, pp. 165–168.
4. Bedov A.I., Tkach E.V., Pakhratdinov A.A. Issues of recycling waste concrete scrap to obtain a large aggregate in the production of reinforced concrete bent elements. *Vestnik MGSU*. 2016. No. 7, pp. 91–100.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

KURYATNIKOV Yury Yuryevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Production of Building Products and Structures, Tver State Technical University, 22, embankment of Af. Nikitin, Tver, 170026, Russia. E-mail: yuriy-k@yandex.ru

CITATION FOR AN ARTICLE

Kuryatnikov Y.Y. Technical and economic aspects of substitution of natural crushed by secondary crushed in the production of concrete // Vestnik of Tver State Technical University. Series «Building. Electrical engineering and chemical technology». 2020. No. 4 (8), pp. 32–38.