

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-11-32-40

**Аль-Бу-Али У.С., Лесовик Р.В., Сопин Д.М., Ахмед А.А.А., Лесовик Г.А.
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова
E-mail: walboali@yahoo.com

ПЕРЕРАБОТАННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ ОТХОД КАК БЕТОННЫЙ ЗАПОЛНИТЕЛЬ ДЛЯ УСТОЙЧИВЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. В данной работе было проведено экспериментальное исследование, с целью сравнения свойств заполнителя из бетонных отходов, образующихся при сносе, бетонных лабораторных отходов и природных заполнителей – которые использовались в качестве контрольных образцов. В ходе исследования изучается возможность использования отходов сноса для разработки строительных материалов со стабильными свойствами, с целью получения экономической выгоды от утилизации техногенных отходов. Первоначально получение заполнителей из отходов производилось путем дробления бетонного лома из отходов сноса и лабораторных отходов, с последующим исследованием их физических и химических свойств для получения заполнителей и бетонных смесей, изготовлением образцов, определением прочности на сжатие, изгиб и разрыв. Между результатами, полученными из различных экспериментов, была проанализирована корреляционная зависимость и отмечена линейная корреляция между прочностью на сжатие и другими установленными механическими свойствами. Представлена возможность утилизации строительных отходов, ведущая к решению нескольких проблем: снижение стоимости переработки промышленных отходов и повышение физико-механических свойств бетона, за счет введения их в качестве заполнителя.

Ключевые слова: бетонные отходы сноса, бетонные лабораторные отходы, природные заполнители, бетонный лом, утилизация отходов.

Введение. Строительная индустрия представляет собой важную отрасль, назначением которой является ввод в действие новых конструктивных решений, формирующих искусственную среду обитания человека, способствующую повышению уровня его жизнедеятельности. В этом смысле окружающую природную среду рассматривают в аспекте защиты зданий, сооружений и функционирующего в них человека от негативных и агрессивных воздействий внешних факторов среды. Процесс агрессивного взаимодействия строительной деятельности человека и окружающей среды на природу в полной мере стал предметом рассмотрения сравнительно недавно [1]. Между тем, строительство – один из сильнейших факторов антропогенного воздействия на природу, в том числе и на человека – неотъемлемой части природы. Антропогенное воздействие строительства на природную среду разнообразно по своему характеру и происходит на всех этапах строительной деятельности, начиная от добычи и производства строительных материалов и конструкций до переработки и повторного использования строительных отходов от сноса зданий и сооружений [2, 3].

После сноса старых дорог и зданий, тонны строительного мусора выбрасываются, разрушенный бетон также часто считается бесполезным и утилизируется как отходы сноса [4]. Главной задачей ученых всего мира является создание комфортной среды обитания человека или опти-

мизация системы «человек-материал-среда обитания» [5]. Однако большая часть строительных отходов считается инертной и потенциально может использоваться в качестве сырья для получения строительных материалов.

Природные ресурсы, как правило, потребляются в строительном секторе в значительных количествах, также образуется значительное количество отходов строительства и сноса, составляющих самый большой объем всех твердых отходов [6].

Огромное количество строительных отходов в разных странах выявило важность действий стран по управлению, переработке и повторному использованию отходов, образующихся в течение всего жизненного цикла конкретной инфраструктуры [6].

Образование строительных отходов и нерациональное использование истощающихся природных ресурсов для строительных материалов также связаны с неблагоприятным воздействием строительной промышленности на окружающую среду. По оценкам, в глобальном масштабе примерно 10–30 % отходов, размещаемых на свалках, образуются в результате строительных работ и работ по сносу [7].

Кроме того, чрезмерное использование природных ресурсов для производства щебня и гравия, становится все более серьезной экологической проблемой, для решения которой необходима разработка устойчивых комплексных про-

грамм управления и подходящих процессов переработки, что позволит получить экономическую отдачу от этих отходов. Увеличение объемов переработки и повторного использования отходов сноса и строительства внутри отрасли поможет сохранить истощающиеся природные ресурсы [8].

Благодаря разработке эффективных строительных материалов и обязательных правил утилизации отходов сноса и строительства, экологические цели могут быть достигнуты, так как существует большая потребность в разработке подходящих процессов утилизации для защиты окружающей среды, а также для получения экономической отдачи от отходов.

Во многих частях мира растет интерес к переработке и повторному использованию отходов строительной отрасли, так, в Нидерландах самый высокий уровень переработки строительных отходов – 93 %, за ним следует Турция, где эффективное управление отходами позволило использовать почти 90 % отходов сноса и строительства [9]. Австралия достигла 87 % переработки отходов сноса и строительства [10], а затем Дания – 82 % [11] и Германия – 18 % [12].

Общие объемы использования отходов сноса и строительства для Англии в 2008 году оценивались в 86,9 млн. тонн, из которых 53 миллиона тонн были переработаны и еще 11 миллионов тонн были распределены на свободных

участках для мелиорации земель, улучшения сельского хозяйства или инфраструктурных проектов [13].

Повторное использование и переработка бетонных отходов, которые составляют наибольшую долю отходов сноса и строительства, предлагается как решение проблемы утилизации отходов и сохранения природных ресурсов, в то время как 40 % используемых в мире щебня, гальки и песка, применяются в строительной отрасли, количество материалов надлежащего качества постоянно снижается [14].

Кроме того, члены Европейского Союза производят около 50 миллионов тонн бетонных отходов каждый год, по сравнению с 60 миллионами тонн в США и 10–12 миллионами тонн в Японии, которая сократила использование заполнителей на 2,5 млн. м³ путем утилизации бетонных отходов в производство готовых бетонных смесей [15].

Методика и применяемые материалы

– Характеристики вяжущего

В данной работе в качестве вяжущего использовался цемент марки СЕМ I 42,5Н (ГОСТ 10178-85, ГОСТ 30515-2013) производства ЗАО Белгородский цемент. Физико-механические характеристики цемента определялись в соответствии с ГОСТ 30744-2001 (табл. 1).

Таблица 1

Свойства Белгородского портландцемента СЕМ I 42,5Н

Белгородский портландцемент СЕМ I 42,5Н		
Строительно-технические свойства цемента		
Показатели	Значение	Нормируемое ГОСТ
Удельная поверхность, м ² /кг	330	Не нормируется
Сроки схватывания,		
Начало, ч.	2,5 ч	Не ранее 2,00
Конец, ч.	3,35 ч	Не позднее 10,00
Предел прочности при сжатии цементного раствора. МПа в возрасте:		
3 сут.		
-изгиб	5,8	Не нормируется
-сжатие	33,00	Не нормируется
7 сут.		
-изгиб	-	-
-сжатие	-	-
28 сут.		
-изгиб	8,1	Не менее 5,9
-сжатие	56,6	Не менее 49
Тонкость помола, остаток на сите 0,008,%	7,00	Не менее 85
Нормальная густота цементного теста, %	25,5	Не нормируется
Содержание оксида серы So ₃ , %	2,42	Не менее 1,00 Не более 3,5
Содержание хлорид-иона Cl, %	0,002	Не более 0,1
C ₄ AF	13,1	не нормируется

Цементы испытывались в соответствии с требованиями действующих стандартов. Применявшийся цемент полностью отвечает предъявляемым к нему требованиям. При этом следует отметить, что данный цемент показывает высокий предел прочности при сжатии в возрасте 28 суток, значительно превышающий требуемый уровень.

– Характеристика мелкого и крупного заполнителя

В качестве мелкого заполнителя для бетона

применяли кварцевые пески (месторождения Графовское) с модулем крупности $M_{кр}=1,01$, насыпной плотностью в неуплотненном состоянии $\rho_{н(неуп)}=1495 \text{ кг/м}^3$, в уплотненном состоянии $\rho_{н(упл)}=1570 \text{ кг/м}^3$, истинной плотностью $\rho_{ист}=2640 \text{ кг/м}^3$, пустотностью по ГОСТ 8735-88 – 43,4 %, водопотребностью – 5,5 %, цементопотребностью – 0,530. Пески должны удовлетворять требованиям ГОСТ 8736–93, качество песка оценивается зерновым составом, модулем крупности и химическим составом (табл. 2 и 3).

Таблица 2

Химический состав мелкого заполнителя

Месторождения	Содержание, масс.%					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	R ₂ O	п.п.п
Графовское	96,8	0,5	0,9	0,38	0,98	0,44

Таблица 3

Гранулометрический состав мелкого заполнителя

Месторождения песка	Размер ячеек сита, мм	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	M _{кр}
Графовское	Полный остаток, %	0,7	1,3	4,6	19,4	75,4	1,01

Крупный заполнитель должен удовлетворять требованиям ГОСТ 8269.0-97 по прочности, объемной насыпной массе, зерновому составу, морозостойкости, суммарной удельной эффективной активности естественных радионуклидов.

В таблице 4 представлен химический состав бетонного лома из разрушенных зданий, который состоит из SiO₂ (52,5 %), CaO (31,4 %), Al₂O₃ (6,48 %), Fe₂O₃ (4,05 %), MgO (1,93 %), SO₃ (0,947 %), Na₂ (0,927 %), K₂O (0,913 %). На рис. 1 показана микроструктура и химический состав

бетонного лома где, (а) - фото бетонного лома, характеризующее состав и контактные зоны между цементным раствором и крупным заполнителем бетонного лома, (б) – карта химического состава бетонного лома, (с) – присутствующие химические элементы O (55,5 %), Si (21,9 %), Ca (19,5 %), Al (1,6 %), S (1,2 %) и K (0,3 %).

В таблице 5 показан гранулометрический состав крупного заполнителя полученного из бетонного лома, соответствующий требованиям с ГОСТ 8267-93.

Таблица 4

Химический состав бетонного лома

Содержание, масс.%								
SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	SO ₃	Na ₂	K ₂ O	п.п.п
52,5	31,4	6,48	4,05	1,93	0,947	0,927	0,913	0,853

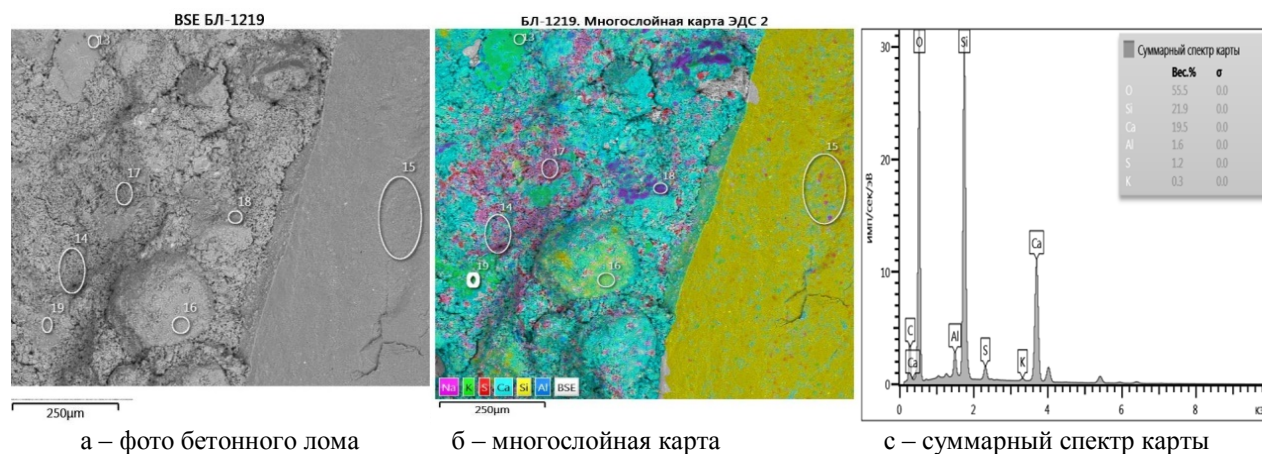


Рис. 1. Микроструктура и химический состав бетонного лома

Таблица 5

Гранулометрический состав фрагментов бетонного лома (крупного заполнителя)

№ п/п	Номера сит	Ед. измерения	Показатели		
			Частные остатки	Полные остатки	Нормативное значение по ГОСТ 8267-93
1	20	%	10	10	до 10 %
2	10		64	74	30–80 %
3	5		20	94	90–100 %
4	2,5		5	99	95–100 %

Химический состав лабораторных бетонных отходов (таблица 6) представлен SiO_2 (91,85 %), CaO (1,28 %), Al_2O_3 (3,98 %), Fe_2O_3 (0,626 %),

MgO (0,660 %), Na_2O (0,2 %), TiO_2 (0,623 %), K_2O (0,673 %).

Таблица 6

Химический состав лабораторных бетонных отходов

Содержание, масс. %								
SiO_2	CaO	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	Na_2O	TiO_2	K_2O	п.п.п
91,85	1,28	3,98	0,626	0,660	0,200	0,623	0,673	0,108

Основная часть. Это исследование рассматривает тематические изыскания из двух разных источников, первого (С1) – где были рассмотрены фрагменты, полученные из разрушенных

при испытаниях бетонных образцов-кубов (лабораторные бетонные отходы), (рис. 2-б) и второго (С2) – с фрагментами разрушенных зданий и сооружений из Ирака (рис. 2-а).



а – фрагменты разрушенных зданий



б – лабораторные бетонные отходы

Рис. 2. Отходы строительства

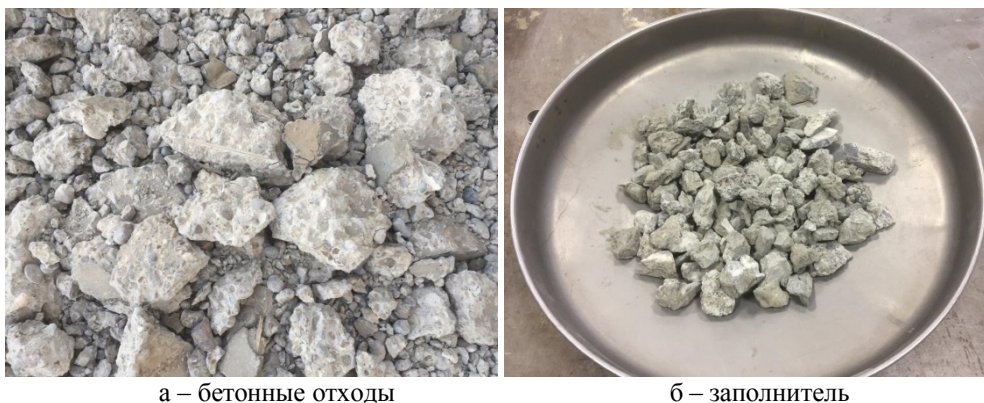
Было проведено экспериментальное исследование для сравнения свойств заполнителя, полученного из бетонных отходов различного происхождения: фрагментов разрушенных зданий и сооружений, лабораторных бетонных отходов и контрольного заполнителя из природных материалов.

После дробления бетонных отходов было рассчитано количество материала (рис. 3). Установлено, что из 100 кг разрушенных бетонных отходов можно получить 30 кг качественного заполнителя.

С целью изучения свойств заполнителя был проведен ситовой анализ, определены устойчивость к распаду крупного заполнителя, удельный вес, водопоглощение, насыпная плотность и пустотность.

На основе заполнителей, полученных из отходов и природного сырья, были изготовлены лабораторные образцы бетона класса по прочности В35 и определены их показатели по прочности при сжатии, растяжении и изгибе, после чего проведена корреляция между полученными результатами.

Полученные результаты показывают, что насыпная плотность испытанных лабораторных бетонных отходов была выше, чем в контрольном образце природного состава, тогда как количество пустот снижалось. Это связано с угловатостью частиц, поскольку использовалось дробление для создания однородного заполнителя размером 15 мм.



а – бетонные отходы

б – заполнитель

Рис. 3. Переработка строительных отходов в заполнители

Результаты и их обсуждение. Результаты (табл. 7) показывают, что удельный вес увеличивается с уменьшением водопоглощения. Удельный вес измельченного заполнителя ниже, чем у идентичного традиционного заполнителя, который обычно составляет около 2,2%–2,5% в условиях насыщенной сухой поверхности. Из-за цементного раствора, прикрепленного к частицам, водопоглощение переработанного заполнителя намного выше, чем у аналогичного первичного материала, который обычно составляет от 2% до 6% для крупного заполнителя. Результаты

подходят и попадают в приемлемый диапазон.

Возможная причина высокой скорости абсорбции испытанных в лабораторных бетонных отходах и бетонных отходах разрушенных зданий в более высоком водоцементном соотношении, используемом в смеси. Когда вода испаряется, она оставляет пустоты, которые занимают пространство в бетоне.

Результаты на рис. 4 показывают, что прочность при сжатии в возрасте 28 суток увеличивалась с уменьшением водоцементного отношения для всех смесей

Таблица 7

Физические свойства щебня

Показатели	Природный щебень	Щебень из лабораторных отходов	Щебень из отходов сноса зданий
Насыпная плотность, (кг/м ³)	1485	1478,3	1245,25
Удельный вес	2,630	2,527	2,520
Водопоглощение,%	2,3	2,74	11,2
Дробимость,%	28	26	35
Марка щебень	600	600	800
Пустотность,%	21	39	48.2

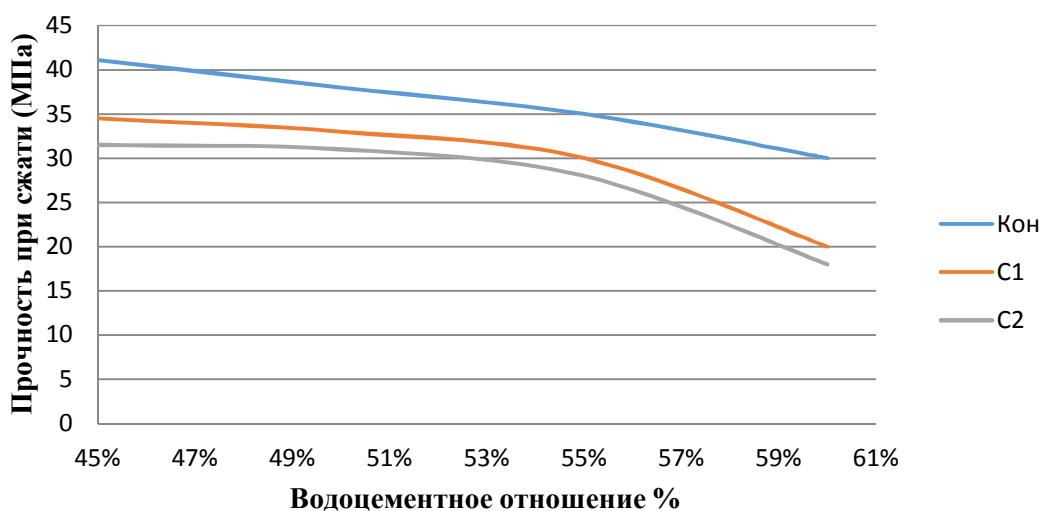


Рис. 4. Прочность и водоцементное отношение.

Были изготовлены три состава бетонных образцов с заполнителем из различных источников:

фрагменты разрушенных зданий и сооружений, лабораторные бетонные отходы из прошедших

лабораторные испытания образцов, и традиционный заполнитель, реализуемый на рынке строительных материалов, который использовался для подготовки контрольных образцов. Все образцы были разработаны с проектной прочностью на сжатие 35 МПа. Прочность на сжатие каждого образца и расход составляющих для бетонной смеси (Табл.8) была определена через 7, 14 и 28 суток.

Результаты показывают, что контрольные образцы превысили расчетную прочность 35 МПа. Самую высокую прочность имеют образцы, изготовленные из отходов испытанный в лаборатории образцов С1, на которых была достигнута расчетная прочность, тогда как образцы С2, изготовленные из случайных бетонных отходов, были немного ниже расчетной прочности.

Таблица 8

Расход составляющих для бетонной смеси и прочность при сжатии

Класс бетона	Ед. изм	Контрольная смесь	Смесь отходов (С1)	Смесь отходов (С2)
Цемент	кг/м ³	400	400	400
Щебень	кг/м ³	1023	-	-
Песок	кг/м ³	891	839	814
Щебень из отходов	кг/м ³	-	1075	1100
Вода	л/м ³	180 (45 %)	198 (50 %)	205(51 %)
Прочность при сжатии				
-3суток	МПа	33	28,2	18,3
-7суток	МПа	35,6	28,5	24,1
-28суток	МПа	41,1	34	31

При определении прочности при изгибе для сравнения был использован бетон, изготовленный с заполнителем испытанных в лаборатории бетонных отходов, бетон с отходами сноса и традиционно используемый заполнитель.

Три образца каждого состава были испытаны через 7, 14 и 28 суток (табл. 9). Прочность образцов бетона, изготовленных из традиционного заполнителя, как правило, была выше, чем у

образцов, изготовленных из заполнителя С1. Кроме того, прочность при изгибе образцов, изготовленных с использованием бетонных отходов из С1, также, как правило, немного выше, чем прочность образцов, изготовленных с заполнителем из С2.

Результаты (рис. 5.) показывают, что прочность при изгибе увеличивалась с увеличением прочности при сжатии для всей смеси.

Таблица 9

Средняя прочность при изгибе (МПа) в различном возрасте

Время твердения (суток)	Смесь отходов (С1)	Смесь отходов (С2)	Контрольная смесь
7	2,4	1,9	2,34
14	2,8	2,1	2,91
28	2,9	2,3	3,2

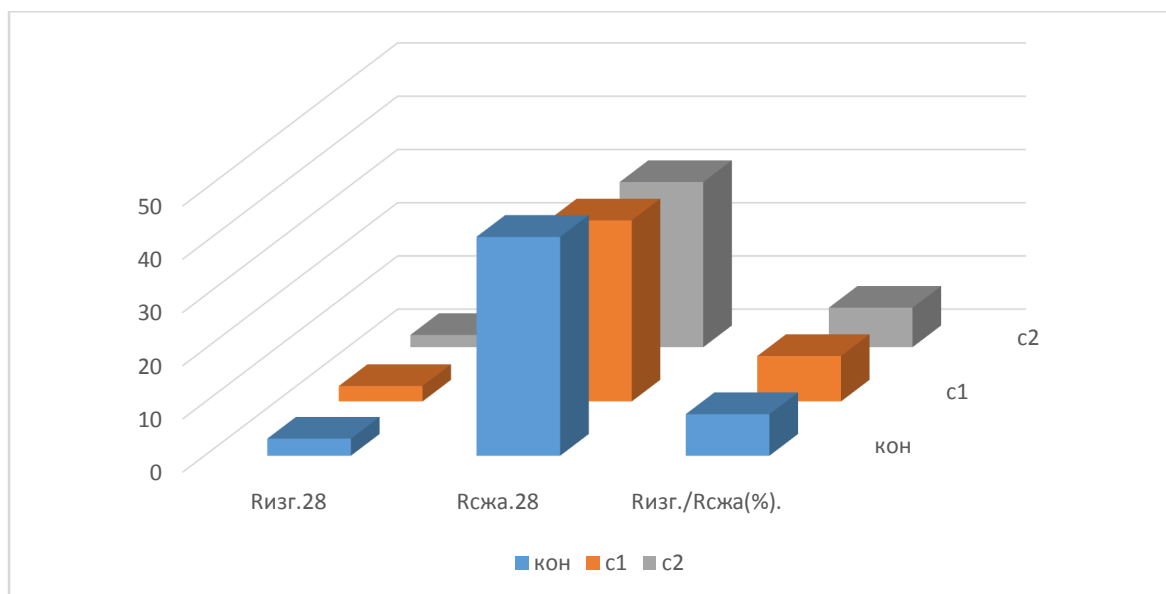


Рис. 5. Прочностные характеристики в зависимости от вида смеси

Выводы. Таким образом, изучена возможность утилизации строительных отходов, способствующая решению нескольких проблем: дешевой утилизации отходов и увеличению физико-механических свойств бетона, за счет введения переработанного отхода в качестве заполнителя. Исходя из изложенного материала, можно сделать следующие выводы:

– Объемная плотность (удельный вес) отходов для контрольного образца была выше, чем у С 1, тогда как количество пустот было меньше.

– Удельный вес измельченного переработанного заполнителя С2 был ниже, чем у обычного заполнителя, который обычно имеет значения от 2,2 до 2,5.

– Значение водопоглощения для переработанного заполнителя было намного выше, чем у обычного заполнителя, что объясняется присутствием цементного раствора, прикрепленного к частицам.

– При изучении прочности на сжатие было обнаружено, что контрольный образец имеет наибольшую прочность, со средним значением 41,1 МПа. Результаты также показывают, что средняя прочность на сжатие бетонных отходов С1 имеет самое высокое значение 34 МПа, что является весьма близким к расчетной прочности на сжатие 35 МПа, с увеличением прочности бетона на сжатие происходит также увеличение прочности на изгиб.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Лесовик В.С. Геоника (геомиметика) примеры реализации в строительном материаловедении. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 287 с.

2. Лесовик В.С., Потапов В.В., Алфимова Н.И., Ивашова О.В. Повышение эффективности работы с наномодификаторами // Строительные материалы. 2011. № 12. С. 60–62.

3. Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagordnyuk L.K., Volodchenko A.A., Yurievich P.D. The role of the law of affinity structures in the construction material science by performance of the restoration works // Research Journal of Applied Sciences. 2014. Vol. 9. No.12. Pp. 1100–1105.

4. Katrina Mc Neil, Thomas H.K. Kang. Recycled Concrete Aggregates: A Review // International Journal of Concrete Structures and Material. 2013.

Vol. 7. No.1. Pp. 61–69. doi: 10.1007/s40069-013-0032-5.

5. Лесовик В.С. Генетические основы энергосбережения в промышленности строительных материалов // Известия высших учебных заведений. Строительство. 1994. № 7–8. С. 96–100.

6. Hakan Arslan, Nilay Coşgunand Burcu Salgın. Construction and Demolition Waste Management in Turkey. Waste Management - An Integrated Vision, Dr. Luis Fernando Marmolejo Rebellon (Ed.). 2012. InTech, doi: 10.5772/46110. Available from: <http://www.intechopen.com/books/waste-management-an-integrated-vision/construction-and-demolition-waste-management-inturkey>.

7. Fishbein B.K. Building for the future: strategies to reduce construction and demolition waste in municipal projects. 2010. Pp. 5–6. Available from: <http://www.informinc.org>.

8. Mills T.H., Showalter E, Jarman D.A. Cost Effective Waste Management Plan. Cost Engineering. 1999. Vol. 41 (3). Pp. 35–43.

9. Öztürk. M. İnşaat Yıkıntı Atıkları Yönetimi [In English: Construction Debris Management, Ministry of the Environment and Forestry]. Ankara. 2005. Pp. 12–15.

10. Construction Waste Recycling Exceeds Target. Pp. 2–3. <http://eied.deh.gov.au/minister/env/2000/mr22jun00.html>. (Accessed 2000 February 01)

11. European Commission, Directorate-General, Environment, Directorate E-Industry and Environment, ENV.E.3 - Waste Management, DGENV.E.3. Management of Construction and Demolition Waste. 2000. Working Document No.1. Pp. 3.

12. Corinaldesi V., Moriconi G. Reusing and Recycling C&D Waste in Europe. Construction Demolition Waste. Ed. M.C. Limbachiya, J.J. Roberts. USA. 2004. Pp. 62–65.

13. Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2010. 246 p. <http://www.defra.gov.uk/statistics/environment/waste/wrfg09-condem>. (Accessed 2012 April)

14. Ngowi A.B. Creating Competitive Advantage by Using Environment-Friendly Building Processes. Building and Environment. 2001. Vol. 36(3). Pp. 291–298.

15. Hansen T.C. Recycling of Demolished Concrete and Masonry (Rilem Repot 6). Taylor & Francis Group London. New York, 1992. Pp. 14.

Информация об авторах

Лесовик Руслан Валерьевич, доктор технических наук, профессор, проректор по международной деятельности. E-mail: ruslan_lesovik@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Аль-Бу-Али Уатик Саед Джассам, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: walboali@yahoo.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Сопин Дмитрий Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительства и городского хозяйства. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Ахмед Ахмед Анис Ахмед, аспирант кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: civileng85@yahoo.com. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Лесовик Галина Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций. E-mail: galina.lesovik@mail.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 12.09.2020 г.

© Аль-Бу-Али У.С., Лесовик Р.В., Сопин Д.М., Ахмед А.А.А., 2020

**AlboAli W.S., Lesovik R.V., Sopin D.M., Ahmed A.A.A., Lesovik G.A.*

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**E-mail: walboali@yahoo.com*

RECYCLED CONSTRUCTION WASTE AS A CONCRETE AGGREGATE FOR SUSTAINABLE BUILDING MATERIALS

Abstract. *In this work, an experimental study is conducted to compare the properties of aggregate from concrete waste generated during demolition, concrete laboratory waste and natural aggregates – which are used as control samples. The study examines the possibility of using demolition waste to develop building materials with stable properties, in order to obtain economic benefits from the disposal of man-made waste. Initially, the production of aggregates from waste is carried out by crushing concrete scrap from demolition waste and laboratory waste, followed by the study of their physical and chemical properties to obtain aggregates and concrete mixtures, the production of samples, and the determination of compressive, flexural and tensile strength. The correlation between the results obtained from various experiments is analyzed and a linear correlation between the compressive strength and other established mechanical properties is noted. The possibility of recycling construction waste, leading to the solution of several problems, is presented: reducing the cost of industrial waste disposal and improving the physical and mechanical properties of concrete by introducing it as a filler.*

Keywords: *concrete demolition waste, concrete laboratory waste, natural aggregates, concrete scrap, recycling.*

REFERENCES

1. Lesovik V.S. Geonika (geomimetics) are examples of implementation in building materials science. [Geonika (geomimetika) primery realizacii v stroitel'nom materialovedenii]. pub.in Belgorod: BSTU. 2014. 287 p. (rus)
2. Lesovik V.S., Potapov V.V., Alfimova N.I., Ivashova O.V. Improving the efficiency of work with nanomodifiers [Povyshenie effektivnosti raboty s nanomodifikatorami]. Building materials. 2011. No 12. Pp. 60–62. (rus)
3. Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagordnyuk L.K., Volodchenko A.A., Yurievich P.D. The role of the law of affinity structures in the construction material science by performance of the restoration works. Research Journal of Applied Sciences. 2014. Vol. 9. No.12. Pp. 1100–1105.
4. Katrina Mc Neil, Thomas H.K. Kang. Recycled Concrete Aggregates: A Review. International Journal of Concrete Structures and Materials. 2013. Vol. 7. No. 1. Pp. 61–69. doi: 10.1007/s40069-013-0032-5.
5. Lesovik V.S. Genetic principles of energy conservation in the building materials industry [Geneticheskie principy energosberezheniya v promyshlennosti stroitel'nyh materialov]. Proceedings of the higher educational institutions. Building. 1994. No. 7–8. Pp. 96–100. (rus)
6. Hakan Arslan, Nilay Coşgunand Burcu Salgın. Construction and Demolition Waste Management in Turkey. Waste Management - An Integrated Vision. Dr. Luis Fernando Marmolejo Rebellon (Ed.) Chapter: 14, Publisher: InTech. 2012. Pp. 313–332. doi: 10.5772/46110. Available from:

<http://www.intechopen.com/books/waste-management-an-integrated-vision/construction-and-demolition-waste-management-inturkey>.

7. Fishbein B.K. Building for the future: strategies to reduce construction and demolition waste in municipal projects. 2010. Pp. 5–6. Available from: <http://www.informinc.org>.

8. Mills T.H., Showalter E., Jarman D.A. Cost Effective Waste Management Plan. Cost Engineering. 1999. Vol. 41 (3). Pp. 35–43.

9. Öztürk. M. İnşaat Yıkıntı Atıkları Yönetimi [In English: Construction Debris Management, Ministry of the Environment and Forestry]. Ankara. 2005. Pp. 12–15.

10. Construction Waste Recycling Exceeds Target Pp. 2-3: <http://eied.deh.gov.au/minister/env/2000/mr22jun00.html>. (Accessed 2000 February 01)

11. European Commission, Directorate-General, Environment, Directorate E-Industry and Environment, ENV.E.3 – Waste Management,

DGENV.E.3. Management of Construction and Demolition Waste. 2000. Working Document. No. 1. Pp. 3.

12. Corinaldesi V., Moriconi G. Reusing and Recycling C&D Waste in Europe. Construction Demolition Waste. Ed. M.C. Limbachiya, J.J. Roberts. USA. 2004. Pp. 62–65.

13. Department for Environment, Food and Rural Affairs. 2010. 246 p. <http://www.defra.gov.uk/statistics/environment/waste/wrfg09-condem>. (Accessed 2012 April)

14. Ngowi A.B. Creating Competitive Advantage by Using Environment-Friendly Building Processes. Building and Environment. 2001. Vol. 36(3). Pp. 291–298.

15. Hansen T.C. Recycling of Demolished Concrete and Masonry (Rilem Repot 6). Taylor & Francis Group London. New York. 1992. Pp. 14.

Information about the authors

Lesovik, Ruslan V. DSc, Professor. E-mail: ruslan_lesovik@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Albo, Ali Wathiq S.J. Postgraduate student. E-mail: walboali@yahoo.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Sopin, Dmitry M. PhD Associate Professor. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukov, 46.

Ahmed, Ahmed Anees A. Postgraduate student. E-mail: civileng85@yahoo.com. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Lesovik, Galina A. PhD, Assistant professor. E-mail: galina.lesovik@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received 12.09.2020

Для цитирования:

Аль-Бу-Али У.С., Лесовик Р.В., Сопин Д.М., Ахмед А.А.А. Переработанный строительный отход как бетонный заполнитель для устойчивых строительных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 11. С. 32–40. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-11-32-40

For citation:

AlboAli W.S., Lesovik R.V., Sopin D.M., Ahmed A.A.A. Recycled construction waste as a concrete aggregate for sustainable building materials. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 11. Pp. 32–40. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-11-32-40