

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНОВ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ НА ОСНОВЕ БЕТОННОГО ЛОМА

Сафончик Д.И. <sup>1</sup>, Сазон Д.А. <sup>2</sup>

(1) доцент кафедры строительного производства ГрГУ им. Янки Купалы, к.т.н., доцент, [d.safonchik@mail.ru](mailto:d.safonchik@mail.ru)

(2) студент инженерно-строительного факультета ГрГУ им. Янки Купалы, [dashka010402@gmail.com](mailto:dashka010402@gmail.com)

***Аннотация.** Статья посвящена исследованию отходов бетона. Приведены основные сведения о целесообразности переработки строительных отходов. Представлены экспериментальные результаты исследования заполнителя и бетонов, изготовленных из бетонного лома. Установлено, что физико-механические характеристики заполнителя из бетонного лома значительно уступают аналогичному заполнителю из природного щебня. Сделано заключение о том, что применение бетонного лома для изготовления тяжелого бетона требует специальной подготовки строительных отходов.*

***Ключевые слова:** природный щебень, бетонный лом, заполнитель, бетон, физико-механические характеристики, водопоглощение, дробимость, прочность.*

## STUDY OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF CONCRETE MADE ON THE BASIS OF SCRAP CONCRETE

Safonchik D.I. <sup>1</sup>, Sazon D.A. <sup>2</sup>

(1) Associate Professor of the Department of Construction Production, Yanki Kupala state university, Ph.D., Associate Professor, [d.safonchik@mail.ru](mailto:d.safonchik@mail.ru)

(2) a student of the Faculty of Civil Engineering of the Yanki Kupala state university, [dashka010402@gmail.com](mailto:dashka010402@gmail.com)

***Annotation.** The article is devoted to the study of concrete waste. The basic information about the expediency of processing construction waste is given. The experimental results of the study of aggregates and concretes made from concrete scrap are presented. It has been established that the physical and mechanical characteristics of the aggregate from concrete scrap are significantly inferior to the similar aggregate from natural crushed stone. It is concluded that the use of concrete scrap for the manufacture of heavy concrete requires special preparation of construction waste.*

***Keywords:** natural crushed stone, concrete scrap, aggregate, concrete, physical and mechanical characteristics, water absorption, crushability, strength.*

**Введение.** Экономическое развитие современного мирового сообщества привело к ухудшению экологии и нехватке различных ресурсов. При этом часто экологические проблемы связаны с иррациональным расходом ресурсов и отсутствием приемлемых технологий переработки бытовых и промышленных отходов. Снизить экологическую нагрузку на окружающую среду возможно за счёт переработки различных отходов, что позволило бы сократить объём отчуждаемых под свалки территорий и уменьшить количество потребляемых ресурсов, необходимых для создания различных материальных ценностей.

**Актуальность темы и постановка задач.** Ежегодно в мире образуется большое количество твердых строительных отходов. Среди этих отходов особое место

занимают отходы из бетона и железобетона, образующиеся в результате сноса старых домов [1].

Согласно статистике, ежегодно в Республике Беларусь образуется около 3 миллионов тонн строительных отходов. Из них около 1,8 миллионов тонн это отходы бетона и железобетона, то есть более 50% всех строительных отходов [2-5]. При этом эффективность утилизации бетонных отходов оставляет желать лучшего, так как чаще всего их вывозят и складировуют открытым способом на свалках либо измельчают и используют в качестве подсыпки под дороги.

Основной причиной того, что вторичный бетон практически не задействован в технологии создания новой строительной продукции, является то, что отсутствуют технологии более рациональной переработки строительных отходов [6-8].

В Республике Беларусь есть только одно месторождение природного гранитного щебня (близ города Микашевичи). Объёмы этого месторождения невелики, поэтому для нашей страны очень актуальна проблема создания крупного заполнителя из вторичных ресурсов, например, из бетонного лома. Однако заполнитель из бетонного лома имеет более низкие физико-механические характеристики, чем природный гранитный щебень. Кроме того, использование бетонных отходов для получения заполнителя затрудняется ещё и тем, что перерабатываемые бетонные конструкции зачастую загрязнены другими материалами (бумага, пластик, древесина и т.д.). Без предварительной очистки бетонный лом, примененный для получения вторичного заполнителя, будет иметь низкую адгезию с остальными компонентами бетона. Загрязнение лома приведёт также к повышению водопотребности бетона [9, 10]. Следовательно, научные исследования, цель которых заключается в разработке технологии получения бетонов на основе заполнителя из бетонного лома, являются актуальными.

**Результаты исследования и рекомендации.** В бетонах крупный заполнитель это самый прочный компонент из всех его составляющих. Но щебень и самый крупный по своим размерам. Следовательно, пустотность крупного заполнителя определяет количество песка и цемента в бетоне. Известно, что цементный камень это самая слабая часть бетона. Как правило, марка цемента по прочности составляет 400 или 500, тогда как марка по прочности гранитного щебня обычно более 1000. Значит, при проектировании состава бетона нужно, чтобы как можно больший объём в бетоне занимал именно крупный заполнитель с высокими физико-механическими характеристиками.

Бетонный лом по своей макроструктуре очень сильно отличается от природного гранитного щебня (рис. 1). Это объясняется тем, что получают его путём дробления

бетонных конструкций. Во время дробления разрушение происходит, как правило, по цементному камню.

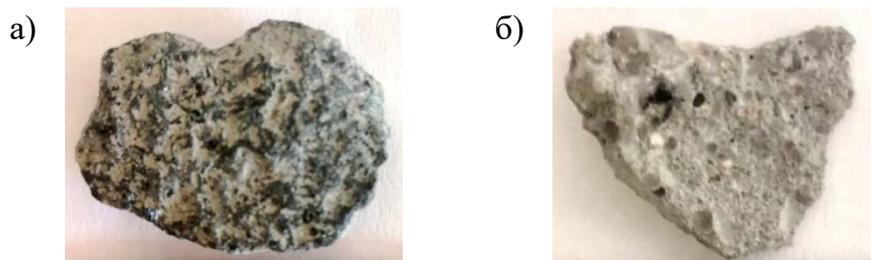


Рисунок 1. Крупный заполнитель для бетона (а –гранитный щебень; б – бетонный лом)

В лаборатории инженерно строительного факультета Гродненского государственного университета имени Янки Купалы детально были изучены заполнители, полученные из бетонного лома. При этом использовался USB микроскоп Микрон Mobile (рис. 2).

Микроскопические исследования показали, что чаще всего в бетонном ломе встречается камень, состоящий из большого количества цементного раствора и небольшого щебня (рис. 2а). Присутствует также заполнитель, где поверхность природного щебня покрыта остаточной частью цементного камня (рис. 2б). Кроме того, в процессе получения щебня необходимой фракции бетонный лом может только получить микротрещины, но при этом не нарушить свою целостность (рис. 2в). Микротрещины в последующем могут увеличиваться и срачиваться, что приводит к ослаблению бетона.

Предварительное изучение макроструктуры заполнителя из бетонного лома позволило сделать следующие предположения:

- присутствие цементного камня внутри заполнителя из бетонного лома будет определять водопотребность бетонной смеси. В сравнении с традиционным заполнителем водопотребность заполнителя из отходов будет более высокая;
- повышенная водопотребность бетонного лома приведет к снижению подвижности бетонной смеси и к снижению прочности бетона.

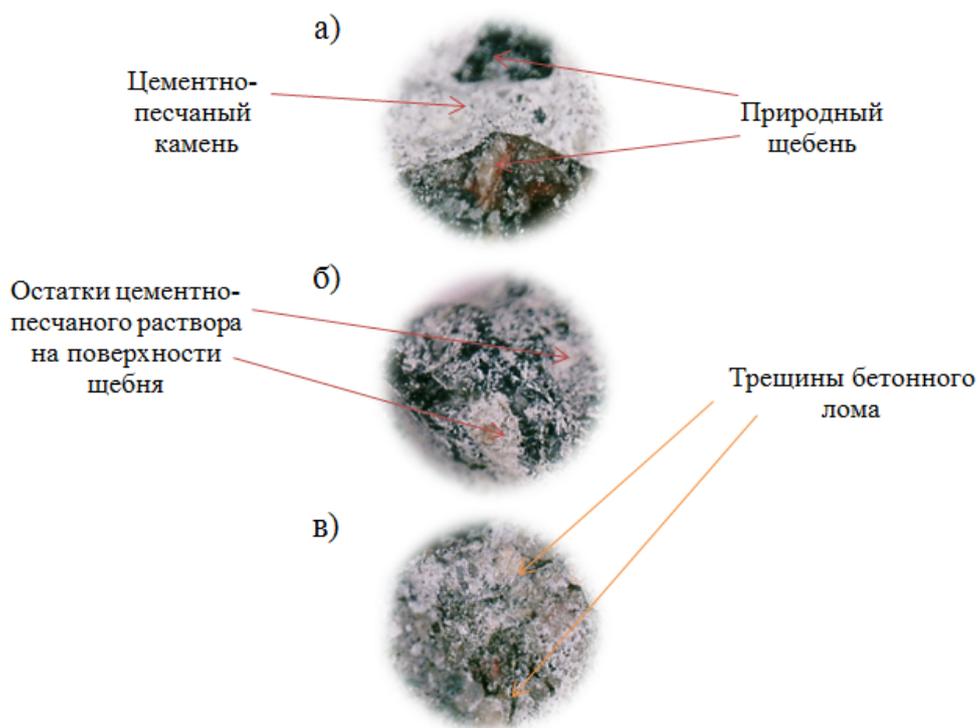


Рисунок 2. Фото бетонного лома под микроскопом

Для проверки теоретических предположений был выполнен ряд экспериментов.

Для подтверждения теории о том, что наличие цементного камня ухудшит прочные показатели заполнителя из бетонного лома, была определена дробимость крупного заполнителя (табл. 1).

Таблица 1 – Дробимость заполнителей

Заполнитель	Дробимость (%) фракции (мм)		Марка по прочности
	5-10	10-20	
Бетонный лом	21,82	19,34	600
	19,75	17,45	
Природный гранитный щебень	6,98	8,68	1200
	7,82	6,68	

Проведенный эксперимент подтвердил, что прочность заполнителя из природного щебня примерно в 2 раза выше прочности заполнителя из бетонного лома.

Далее были выполнены исследования кинетики водопоглощения крупного заполнителя (табл. 2) и определены прочностные показатели бетонов, изготовленных с применением этих заполнителей (табл. 3).

Таблица 2 – Кинетика изменения водопоглощения заполнителем

Время, ч	Кинетика изменения величины водопоглощения крупного заполнителя, %	
	Бетонный лом	Щебень
фракция 5-10 мм		
0	0	0
0.50	8.09	2.35
1.00	8.26	2.68
2.00	8.26	2.85
3.00	9.11	3.35
24.00	8.77	3.69
48.00	9.61	3.69
фракция 5-20 мм		
0	0	0
0.50	4.74	1.91
1.00	5.14	2.01
2.00	4.74	2.21
3.00	4.74	2.11
24.00	5.24	2.31
48.00	4.84	2.41

Экспериментально установлено, что водопоглощение бетонного лома фракции 5-10 в 2,6 раза выше, чем у гранитного природного щебня. Для фракции 10-20 мм водопоглощение у бетонного лома в 2,2 раза выше.

Таблица 3 – Прочностные показатели образцов-кубов

Особенности состава	№ образца в серии	Прочность образца на сжатие, МПа	Средняя прочность на сжатие серии образцов, МПа	Разница по прочности, %
Бетон на природном щебне (фракция 5-20 мм)	1-1	26,10	25,74	-18,53
	1-2	25,37		
	1-3	25,75		
Бетон на бетонном леме (фракция 5-20 мм)	2-1	20,92	20,97	
	2-2	20,98		
	2-3	21,00		

Повышенное водопоглощение бетонным ломом было прогнозируемо, так как ранее уже было показано наличие в бетонном леме большого количества цементного камня. Цементный камень более пористый материал, чем щебень или песок.

Использование бетонного лома привело к значительному снижению прочности бетона на сжатие (18,53 %).

**Заключение.** Для Беларуси проблема получения крупного заполнителя из строительных отходов является актуальной, так как на территории страны есть только одно месторождение природного щебня; применять бетонный лом для изготовления крупного заполнителя бетонов без предварительной подготовки нецелесообразно, необходимо использовать дополнительные технологические приёмы, направленные на снижение водопотребности бетонного лома.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ибрахимов Р. А.** БНТУ. Экономические преимущества вторичной переработки железобетона. 2016.
2. **Мисюченко В. М.** Переработка промышленных отходов и разработка документов для предприятия : учеб.-метод. пособие / В. М. Мисюченко, Минск : ИВЦ Минфина, 2018.
3. **Шеховцов И. В., Малахов В. В.** Зарубежный опыт использования вторичного щебня в качестве заполнителя в железобетонных конструкциях 2019.
4. **Невгин А. Д.** БНТУ. Способы переработки отходов бетона и железобетона. 2019.
5. **Аль-Бу-Али Уатик Саед Джассам** [и др.]. Прочность На Сжатие Для Бетона С Крупным Переработанным Заполнителем // Пожарная и техносферная безопасность: Проблемы И Пути Совершенствования. 2020. № 1 (5).
6. **Бибик М. С., Тулунов И. И.** Особенности Физико-Механических Характеристик Заполнителей Из Дробленого Бетона // Вестник Полоцкого Государственного Университета. Серия В: Прикладные Науки. Строительство. 2008. № 6.
7. **Викторовна К. М.** [и др.]. Анализ методов утилизации отходов строительства с последующим вовлечением их во вторичный оборот // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2015. № 4–4 (17). С. 804–809.
8. **Аль-Хаваф А.ф.-К., Никулин А. И.** Анализ декоративно-прочностных характеристик бетонов, изготовленных с добавлением крупного заполнителя из бетонного щебня // Строительные Материалы. 2020. № 10.
9. **Аркадьевна Ш. В., Андреевна Ш. С.** Исследование возможности получения заполнителя для бетонов из бетонного лома // Эпоха науки. 2017. № 9. С. 165–168.
10. **Плотников Д. А., Башевая Т. С., Пашковский П. С.** Особенности Переработки Бетонного Лома Для Вторичного Использования Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2017.С. 604.