

Оценка эффективности применения бетонного лома в качестве крупного заполнителя для бетона

Т.А. Иванова, Л.Г. Колесникова

Санкт-Петербургский Государственный Архитектурно-Строительный Университет

Аннотация: Статья посвящена проблемам использования строительных отходов при сносе домов, а также некондиционной продукции на предприятиях ЖБИ. Рассмотрены вопросы переработки бетонного лома, способы дробления его для получения материалов, которые можно повторно использовать для создания железобетонных изделий и конструкций. Проведено исследование бетонного лома на соответствие требованиям к крупному заполнителю для строительных работ. Разработаны составы на основе обычного крупного заполнителя, бетонного лома и обычного мелкого заполнителя. Для составов определены технологические характеристики бетонной смеси, а также физико-механические характеристики бетона в 28 суточном возрасте. Обосновано использование таких составов для производства железобетонных конструкций.

Ключевые слова: бетонный лом, вторичный щебень, бетон, характеристики бетонного лома, рециклинг, строительные отходы, крупный заполнитель из бетонного лома, применение бетонного лома.

Вопрос использования материалов, образующихся при сносе зданий, имеет важное значение с точки зрения обеспечения экологической безопасности и утилизации отходов. Строительные материалы, которые вывозятся на свалки (рис.1), занимают очень большие площади и загрязняют окружающую среду. Строительный мусор, который накапливается с каждым годом, нужно рассматривать как материал для вторичного использования.

Вопросом вторичного использования материалов, получаемых из бетонного лома, впервые заинтересовался советский ученый Глужке Павел Иванович. В 1946 году им были опубликованы разработки по применению строительных отходов в строительстве.

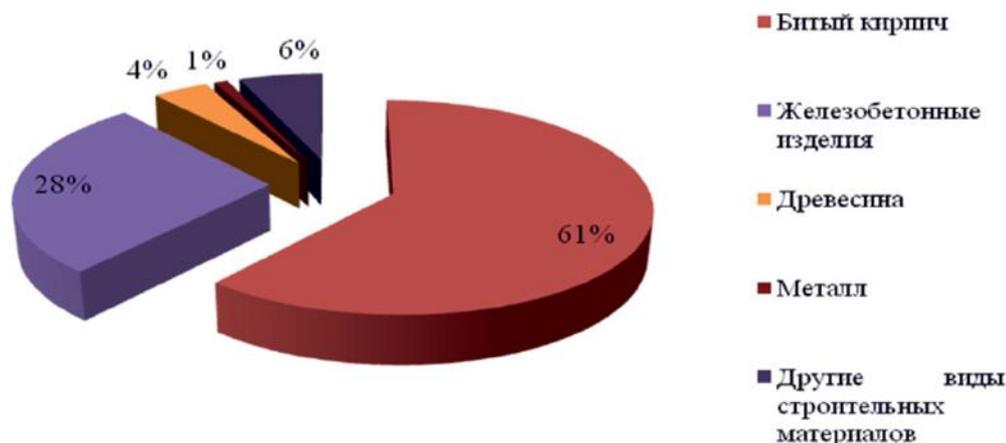


Рис. 1. – Строительные отходы, вывозимые на свалку

Процесс переработки бетонных и железобетонных изделий в процессе сноса зданий, для получения бетонного лома может быть организован двумя способами:

- транспортировка на стационарные полигоны, оснащенные дробильно-сортировочным оборудованием;
- установка мобильных комплексов на месте демонтажа (если объем демонтируемых конструкций значительный).

Результаты дробления бетонного лома на стационарном комплексном предприятии представлены в работе [1], получено следующее разделение по фракциям дробленных кусков: диаметром 20 мм – около 60 %, диаметром 10 около 20 % и диаметром 5 около 20%. Фракции до 5 мм используют в качестве наполнителя и песка для строительных растворов, свыше 5 мм в качестве крупного заполнителя для бетона.

Обоснование использования многостадийного измельчения бетонного лома, которое называют «мягким способом», приведено в работе [2]. Полученные в результате такого дробления заполнители имеют повышенные характеристики и могут быть использованы для создания не только

низкомарочных бетонов. При измельчении этим способом разрушение происходит по менее прочным частицам цементного камня, тем самым отделяя заполнитель.

При дроблении разрушение происходит преимущественно по цементно-песчаному камню или по границе с крупным заполнителем. Практически вся поверхность нераздробленных минеральных зерен покрыта тонким слоем цементного раствора. Частицы цемента заполняют первичные трещины и поры. Во вторичном щебне присутствуют разнородные по составу и свойствам зерна минерального заполнителя, их сростки с цементным камнем и агрегаты цементно-песчаного камня [3,4].

От количественного содержания контактных растворов на поверхности заполнителей будут изменяться и физико-механические свойства крупного заполнителя [1]. Вторичный щебень влияет на формирование структуры цементного камня. При затворении, вода из бетонной смеси активно поглощается крупным заполнителем, затем при твердении и образовании капиллярно-пористой структуры происходит отсасывание воды из пор заполнителя в твердеющий цементный камень.

Согласно исследованиям, в работе [5], большая часть цементной пленки прочно закрепляется на поверхности кислого заполнителя (песка, гранита) в процессе предыдущей эксплуатации и повторного дробления карбонизируется. В контактной зоне осаждаются отрицательно и положительно заряженные частицы гидратных фаз, это благоприятно сказывается на снижении проводимости контактной зоны для агрессивных ионов и повышении стойкости. Показана возможность применения в контакте с сульфатными средами.

Возможность замены традиционного сырья на бетонный лом должна быть осуществлена с сохранением удобоукладываемости бетонной смеси и прочности готовых изделий [6,7].

В строительных лабораториях после разрушения бетонные образцы тоже идут в строительные отходы. Для испытания образцы были измельчены в щековой дробилке. Полученный бетонный лом просеивали и отделяли крупный заполнитель (фракции 5 мм и выше).

В ходе исследования были определены: гранулометрический состав (рис. 2), насыпная плотность, пустотность, содержание зерен игольчатой и пластинчатой формы, содержание пылевидных и глинистых частиц. Результаты испытаний сравнивались с требованиями ГОСТ 32495-2013 «Щебень, песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона и железобетона. Технические условия» и ГОСТ 8263-93 «Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия».



Рис. 2. – Определение гранулометрического состава вторичного щебня

По гранулометрическому составу (таблица 1) все фракции щебня соответствуют требованиям и близки к заполнителям с непрерывной гранулометрией.

Таблица 1

Гранулометрический состав дробленного щебня из бетонного лома

Остатки на ситах	Размеры отверстий сит, мм				
	25	20	10	5	<5
Частные, г	177,5	1335	2575	810	102,5
Частные, %	3,55	26,7	51,5	16,2	2,05
Полные, %	3,55	30,25	81,75	97,95	100

Насыпная плотность вторичного щебня составляет 1173 кг/м^3 , пустотность 53 %. Содержание игловатых и пластинчатых зерен 22,8 %. Содержание пылевидных и глинистых частиц 0,04%.

Сравнивая результаты испытаний щебня, полученного из бетонного лома, отметим, что он удовлетворяет большинству требований, которым должен удовлетворять природный щебень.

Существует разделение на три категории при получении бетона с использованием бетонного лома [8]:

- 1- обычный мелкий заполнитель и вторичный щебень;
- 2- обычный и вторичный мелкий заполнитель, а также вторичный крупный заполнитель;
- 3- вторичный крупный и мелкий заполнитель.

Были подобраны лабораторные составы бетона класса В25 (таблица 2), не входящие в эти три категории, с использованием обычного мелкого заполнителя, обычного и вторичного крупного заполнителя (бетонного лома). Крупный заполнитель из дробленного бетонного лома был введен в количестве 15, 20, 25, 30, 35 и 40% от общей массы щебня.

В исследовании авторов работы [9] подбор состава конструкционного бетона на основе бетонного лома для формирования предпочтительных

свойств, рекомендуется проводить с использованием методов математического и натурального моделирования.

Таблица 2

Лабораторные составы бетонов с содержанием вторичного щебня

Расход материалов на 1 м ³	№ состава						
	1 (контрольный)	2	3	4	5	6	7
Цемент, кг	507	507	507	507	507	507	507
Вода, л	275	275	275	275	275	275	275
Песок, кг	788,6	788,6	788,6	788,6	788,6	788,6	788,6
Щебень, кг	1158,6	984,3	927	868,6	811	753	695
Вторичный щебень, кг (%)	-	174,3 (15%)	231,6 (20%)	290 (25%)	347,6 (30%)	405,6 (35%)	463,6 (40%)

После подбора составов было проведено определение следующих показателей: средняя плотность, удобоукладываемость, прочность, морозостойкость.

На диаграмме (рис. 3) отражено значение средней плотности для этих составов бетона (среднее значение для 6-ти образцов).

Для определения физико-механических характеристик данных составов были заформованы образцы кубы 10*10*10 см (по 6 образцов для каждого состава) и балочки 15*15*60 см (по 3 образца для каждого состава). При помощи гидравлического пресса определяли предел прочности при изгибе и сжатии, результаты занесены в таблицу 3.

В ходе исследования выявлено влияние содержания в составе бетонного лома на подвижность бетонной смеси. Подвижность бетонной

смеси, определенная с помощью конуса Абрамса, изменялась в зависимости от % содержания вторичного крупного заполнителя. Наибольшую осадку конуса показал состав № 2 с наименьшим количеством вторичного щебня (15%) 15 см.

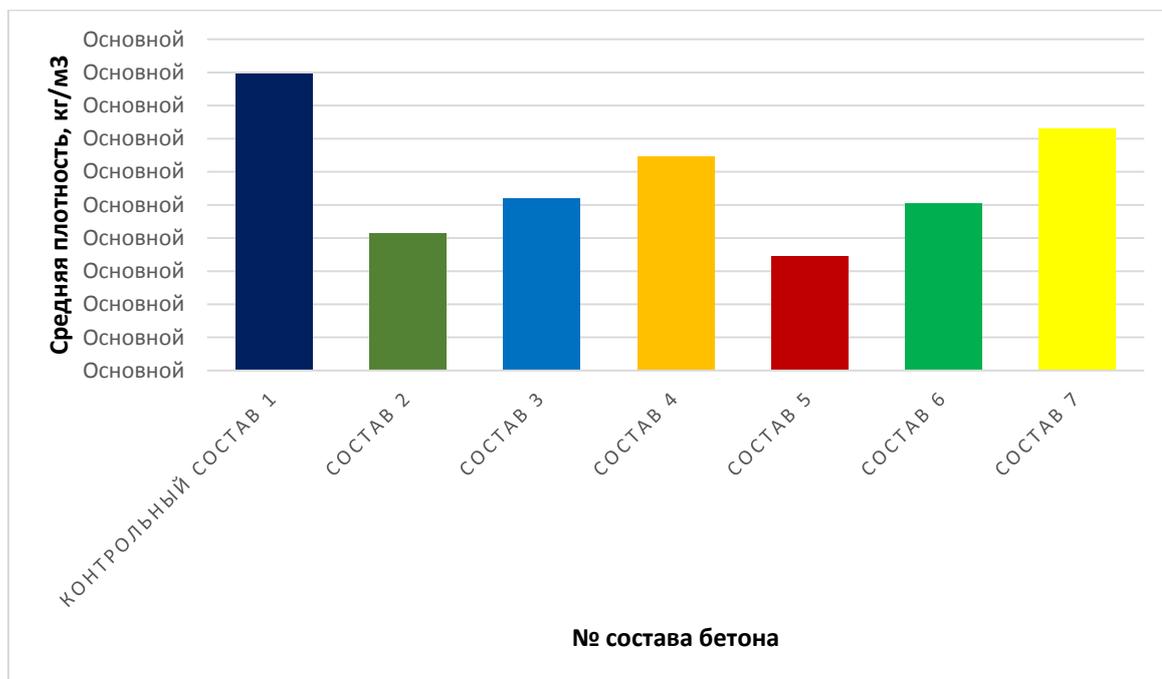


Рис. 3. – Средняя плотность бетона

Все составы достигли заданной проектной прочности на сжатие, но по сравнению с контрольным составом наблюдается снижение предела прочности при сжатии на 12-23% (рис.4). Значение предела прочности при изгибе же увеличивается, с уменьшением введенного щебня из дробленного бетона(рис.5). Состав № 2 (содержащий бетонный лом 15%) показал значения прочности при изгибе выше на 20 % по сравнению с контрольным составом.

Исследование авторов работы [10] показывают, что прочность на сжатие и модуль упругости незначительно снижается по мере увеличения процентного содержания бетонного лома (испытания проводили при замене 25 и 50 % крупного заполнителя).

Испытание на морозостойкость показало, что для большинства составов с заполнителем, содержащим дробленый бетонный лом, этот показатель ниже, чем у контрольного состава.

Таблица 3

Физико-механические характеристики бетонов

№ состава	Подвижность бетонной смеси (ОК), см	Среднее значение предела прочности при сжатии ($R_{сж}$), МПа	Среднее значение предела прочности при изгибе ($R_{изг}$), МПа	Морозостойкость (F), циклы
1	13	42,2	4,53	400
2	15	36,78	5,5	300
3	14,5	36,6	5,01	400
4	13	35,14	5,18	300
5	11,5	33,26	4,37	300
6	11	36,08	4,61	300
7	10	32,37	4,19	300

Исследование показало, что из бетонного лома можно получать бетоны класса В25. Рекомендуется использовать многостадийное дробление бетонного лома, для получения заполнителя с высокими прочностными характеристиками.

В ходе исследования определены оптимальные составы № 3 и 4. Они имеют наилучшие характеристики (осадка конуса, прочность, морозостойкость), близкие к контрольному составу с природным заполнителем.

Проведенные испытания доказали, что на механические показатели составов влияет качество дробления и размеры частиц бетонного лома.

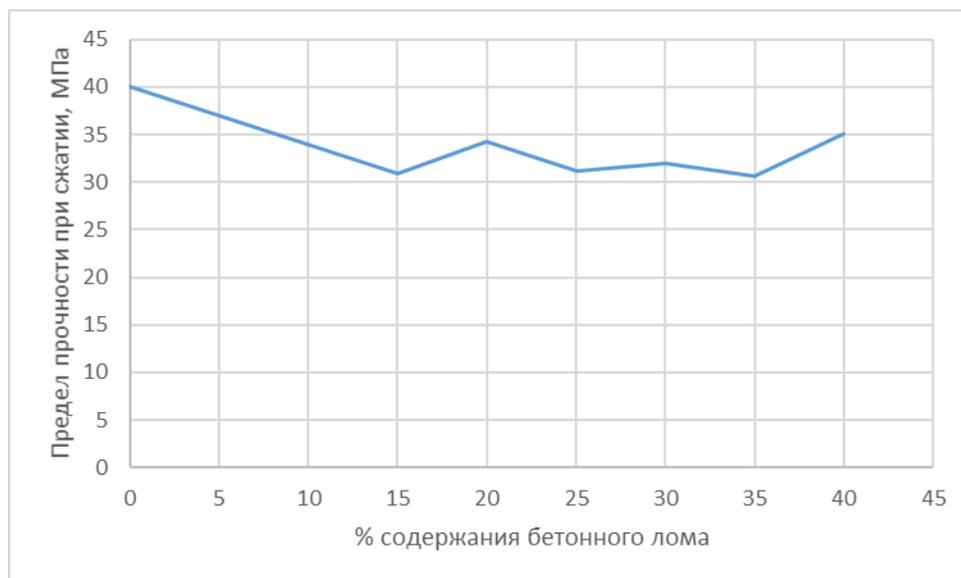


Рис. 4. – Зависимость прочности при сжатии от % введения вторичного щебня

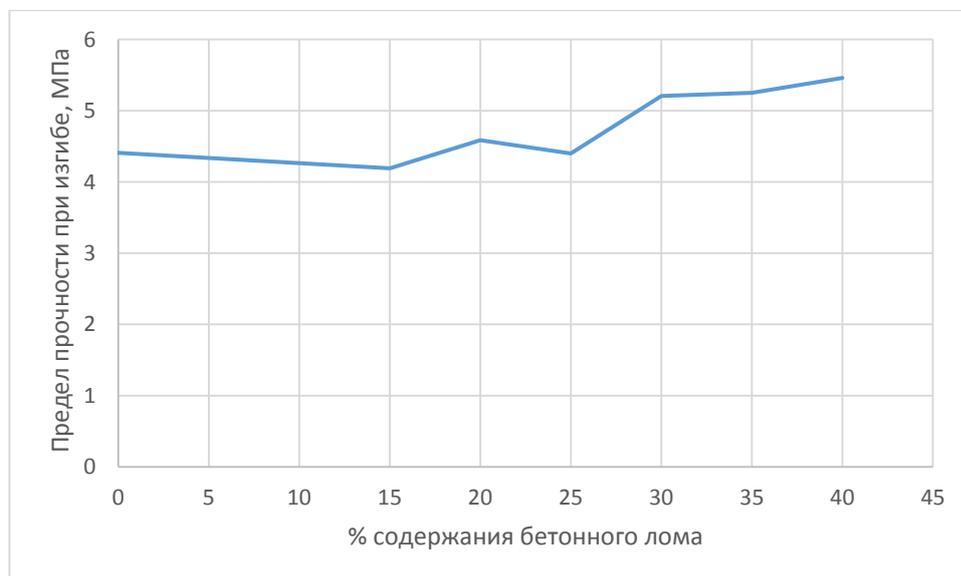


Рис. 5. – Зависимость прочности при изгибе от % содержания бетонного лома

Можно использовать введение бетонного лома, как части крупного заполнителя, до 40%. Это позволит интенсивнее использовать вторичные

отходы (бетонный лом) в строительной отрасли, уменьшив накопление отходов и улучшить экологическую обстановку.

Литература

1. Естемесов З.А., Сарсенбаев Б.К., Каршыга Г.О., Сейсенов А.Ф., Адилбаев А.А. Технология получения крупного и мелкого заполнителя из бетонного лома // Вестник ГГНТУ. Технические науки. 2021. Т.17. №1. С. 83-93.
 2. Коровкин М.О., Ерошкина Н.А., Христосов А.А. Повышение эффективности утилизации бетонного лома в технологии бетона// Образование и наука в современном мире. Инновации. 2020. №2. С. 158-166.
 3. Вайсберг Л.А., Каменева Е.Е. Исследование состава и физико-механических свойств вторичного щебня из дробленого бетона // Строительные материалы. 2014. №6. С. 41-45.
 4. Пуляев С. М., Каддо М. Б., Пуляев И. С. Исследование процесса раннего структурообразования бетона на щебне из бетонного лома // Вестник МГСУ. 2012. №1. С. 68-71
 5. Лесовик Р.В., Ахмед А.А.А., Аль Мамури С.К.Ш., Гунченко Т.С. Композиционные вяжущие на основе бетонного лома // Вестник БГТУ имени В. Г. Шухова. 2020. №7. С. 8-17.
 6. Фахратов М.А., Файзуллин Д.А. Организационные проблемы использования промышленных отходов // Инженерный вестник Дона. 2018. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5092
 7. Hoffmann Sampaio C., Cazacliu B.G., Ambrós W.M., et al. Demolished concretes recycling by the use of pneumatic jigs // Waste Management & Research. 2020. №38 pp. 392-399. doi: 10.1177/0734242X20902835
 8. Ламжав О., Сэдэд Д. Некоторые результаты исследования тяжелого бетона на заполнителях из бетонного лома // Современные инновации. 2020. №3. С. 13-17.
-

9. Егорочкина И.О., Серебряная И.А., Сукиасян А.А., Тупчиев А.К. Оптимизация состава модифицированного бетона на основе заполнителей из бетонного лома // Инженерный вестник Дона. 2020. №9. URL: vdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2020/6601
10. Bekoe P.A, Tia M., Bergin M.J. Concrete Containing Recycled Concrete Aggregate for Use in Concrete Pavement // Transportation Research Record. 2010. №2164. pp. 113-121. doi: 10.3141/2164-15

References

1. Estemesov Z.A., Sarsenbaev B.K., Karshyga G.O., Sejsenov A.F., Adilbaev A.A. Vestnik GGNTU. Tehnicheskie nauki. 2021.Т.17. №1. pp. 83-93.
2. Korovkin M.O., Eroshkina N.A., Hristosov A.A. Obrazovanie i nauka v sovremennom mire. Innovacii. 2020. №2. pp. 158-166.
3. Vajsberg L.A., Kameneva E.E. Stroitel'nye materialy. 2014. №6. pp. 41-45.
4. Puljaev S. M., Kaddo M. B., Puljaev I. S. Vestnik MGSU. 2012. №1. pp.68-71
5. Lesovik R.V., Ahmed A.A.A., Al' Mamuri S.K.Sh., Gunchenko T.S. Vestnik BGTU imeni V.G. Shuhova. 2020. №7. pp. 8-17.
6. Fahratov M.A., Fajzullin D.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2018. №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5092
7. Hoffmann Sampaio C, Cazacliu B.G, Ambrós W.M, et al. Waste Management & Research. 2020. №38. pp. 392-399. doi: 10.1177/0734242X20902835
8. Lamzhav Olzvojbaatar, Sjedjed Dorzh Sovremennye innovacii. 2020. №3. pp. 13-17.
9. Egorochkina I.O., Serebrjanaja I.A., Sukiasjan A.A., Tupchiev A.K. Inzhenernyj vestnik Dona. 2020. №9. URL: vdon.ru/ru/magazine/archive/n9y2020/6601
10. Bekoe P.A, Tia M, Bergin M.J. Transportation Research Record. 2010. №2164. pp. 113-121. doi: 10.3141/2164-15