

ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

УДК 691.33

**Г. Я. Дрозд, д-р техн. наук, А. В. Назарова, канд. техн. наук,
М. Ю. Хвортова, канд. техн. наук**

**ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет им. Владимира Даля»,
г. Луганск**

ДРОБЛЕННЫЙ БЕТОННЫЙ ЛОМ – ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ВТОРИЧНЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС

Приведены данные результатов исследований свойств вторичного заполнителя, полученного из дробленого бетонного лома. Показано, что по основным физико-механическим характеристикам крупный вторичный заполнитель сопоставим с заполнителем, получаемым из природных горных пород. Бетоны, полученные на вторичном заполнителе, могут быть использованы при изготовлении различных бетонных и железобетонных конструкций, а также в других сферах строительного производства.

***Ключевые слова:** дробленый бетон, бетонный лом, щебень из дробленого бетона, плотность, зерновой состав, водопоглощение, прочность, бетон*

Актуальность проблемы

Многолетняя война на Донбассе привела к колоссальным разрушениям и потерям жилого фонда и инфраструктуры. Так, на 1 мая 2017 г. от военных действий в Донбассе пострадало: в ДНР более 24700 частных и 4750 многоэтажных домов, в ЛНР – более 17000 домов (только в Станично-Луганском районе повреждено около 3700 домов, из которых 300 (8 %) не подлежат восстановлению) [1]. По нашим подсчетам количество строительных отходов оценивалось в 1,5 млн т. На начало апреля 2022 года количество поврежденных и разрушенных зданий (рисунок 1) в республиках превышает уже более 66000 зданий). При этом количество строительного лома (отходов) составляет не менее 3 млн т. Не столь важна точность данной цифры, важно понимание масштабности проблемы.

Проблема по своей сути триединая. Включает в себя следующие вопросы: социальные (восстановление жилья и инженерной инфраструктуры), технико-экономические (строительные материалы и изделия и финансовые ресурсы), экологические (отчуждение и загрязнение территории полигонами для хранения строительных отходов).

Наиболее очевидным решением проблемы было бы максимально вовлечь эти отходы в хозяйственный оборот.

Анализ работ предшественников

Исследования А. С. Балашкина [2] подтверждают возможность использования бетонного лома в качестве заполнителя для изготовления бетонных и железобетонных изделий. Из зарубежного опыта [3] видно, что бетонный лом активно используется в строительстве. Например, образовавшийся после разрушения зданий и сооружений во время Второй мировой войны лом использовали в качестве крупного заполнителя для приготовления бетонной смеси в Англии и Германии. Стоит отметить, что в Великобритании [3] утвержден документ, где указано, что для производства нового бетона допускается замена заполнителя на вторичный на 20 %. В результате использования вторичного сырья можно сократить на 15–30 % объемы завозимых заполнителей для бетона [4]. Плюсом использования также является снижение стоимости работ и экономичность. В промышленно развитых странах заметно повысился интерес к использованию бетонного лома в строительном производстве. В Донбассе, как показано выше, объем строительных отходов исчисляется миллионами тонн, в составе которых доля бетонных и железобетонных поврежденных конструкций и обломков составляет порядка 50 %.

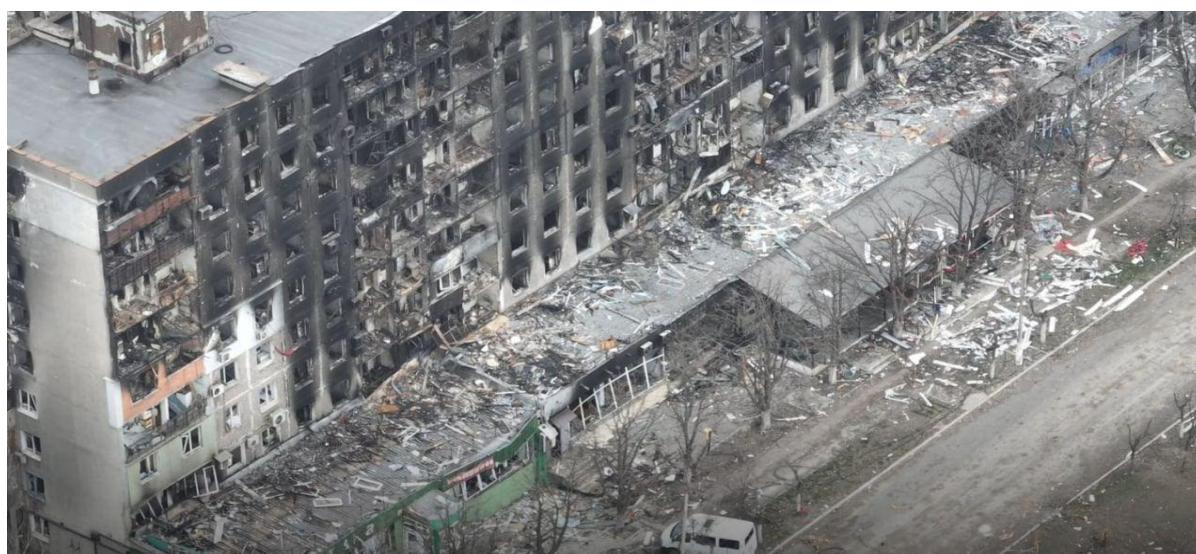


Рисунок 1 – Состояние жилого фонда городов Донецка, Северодонецка, Мариуполя после военных действий в 2022 году

На основании анализа отечественного и зарубежного опыта можно сказать, что полученный после переработки бетонный лом рекомендуется использовать в строительстве: при устройстве подстилающего слоя автомобильных дорог; слоев аэродромных покрытий; фундаментов под складские, производственные помещения и небольшие механизмы; при устройстве основания или покрытия пешеходных дорожек, автостоянок, прогулочных аллей, откосов вдоль рек и каналов; для рекультивации, благоустройства и планирования территорий; для изготовления бетонных и железобетонных изделий [5], что и регламентирует соответствующий ГОСТ 32495-2013 [6].

Целью исследования является анализ возможности использования дробленого бетона при изготовлении строительных материалов, а именно в качестве заполнителей для бетонных и железобетонных конструкций.

При выполнении экспериментальной части работы из обломочного бетона класса по прочности В30 были изготовлены по 2 партии вторичного заполнителя (крупного и мелкого) по установленному режиму дробления на лабораторной щековой дробилке. Продукты данной переработки были отсортированы и представляли собой щебень с максимальным размером зерна 40 мм (70 %) и песок с размером зерна менее 5 мм (30 %).

Свойства полученных таким образом заполнителей изучали на соответствие их требованиям ГОСТ 32495-2013. Щебень, песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона и железобетона. Технические условия.

Результаты и обсуждение

Данные проведенных исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Физико-механические характеристики полученной смеси фракций щебня 5–40 мм

Истинная плотность, кг/м ³	2600
Влажность, %	2
Водопоглощение, %	6
Насыпная плотность, кг/м ³	1260
Пустотность, %	49
Марка по дробимости	600

Результаты просеивания щебня из дробленого бетона, щебня из природного камня Успенского карьера (Луганская Народная республика) и нормируемые значения для щебня фракции 5–40 мм представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Зерновой состав природного и вторичного крупных заполнителей

Наибольшая крупность заполнителя, мм	Содержание фракций в крупном заполнителе, %			
	5–10	10–20	20–40	40–70
Дробленый щебень, партия № 1	24	35	41	–
Дробленый щебень, партия № 2	19	38	43	–
Известняковый щебень Успенского карьера	21	32	47	–
Стандартный щебень по ГОСТ 26633-2015	15–25	20–35	40–65	–

Анализ результатов рассева дробленого крупного заполнителя партии № 1 и партии № 2 в виде смешанных фракций 5–40 мм показывает, что по зерновому составу щебень вполне пригоден для использования в тяжелых бетонных смесях.

Результаты отсева дробленого бетонного песка представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Зерновой состав мелкого продукта дробления бетонного лома (песка)

Номера сит, мм	Остатки на ситах, %			
	частные		полные	
	Проба № 1	Проба № 2	Проба № 1	Проба № 2
2,5	12,1	12,1	9,9	9,9
1,25	11,0	23,1	13,1	23,0
0,63	9,8	32,9	7,8	30,8
0,314	7,3	40,2	8,4	39,2
0,16	6,1	46,3	5,2	44,4
Менее 0,16	53,7	100,0	55,7	100,0

Модуль крупности дробленого песка партий № 1 и № 2 равен $M_k = 1,55$ и $M_k = 1,47$ соответственно, но при этом необходимо отметить, что количество частиц размером более-менее 0,16 мм составляло 53,7 % и 55,7 %, а полные остатки на сите № 063 не соответствуют нормативным требованиям для этого продукта. В связи с этим его дальнейшее участие в разработке бетонов исключается.

Далее были изготовлены для сравнения бетонные образцы-кубы размером 0,15x0,15x0,15 м. Образцы составов № 1 и № 3 (песок кварцевый местный Пионерского карьера с $M_k = 1,2$, известняковый щебень Успенского карьера фракции 5–40 мм). Образцы составов № 2 и № 4 (песок кварцевый местный Пионерского карьера, вторичный дробленый щебень из бетона фракции 5–40мм). Во всех составах использован портландцемент класса ЦЕМ1 42,5Н ОАО «Новоросцемент» (г. Амвросиевка, Донецкая Народная Республика). Образцы выдерживались в нормальных условиях до стандартного возраста. Результаты испытаний полученных бетонов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты испытаний бетонов

№ состава	Цемент, кг	Песок, кг	Щебень, кг		В/Ц	Прочность, МПа	Плотность, кг/м ³
			Известняковый	Из дробленого бетона			
№ 1	260	690	1210	–	0,65	21,6	2329
№ 2	260	690	–	1210	0,65	19,8	2329
№ 3	345	570	1170	–	0,65	30,4	2309
№ 4	345	570	–	1170	0,65	28,8	2309

Данные таблицы 4 показывают, что при замене крупного природного заполнителя (из известнякового щебня смешанной фракции 5–40 мм) крупным заполнителем из дробленого бетона прочность тяжелого бетона при водоцементном отношении 0,65 снижается в зависимости от расхода цемента в составах № 2 и № 4 на 8,3 % и 5,3 % соответственно, т. е. незначительно.

Выводы

1. Установлено, что вторичный крупный заполнитель из дробленого бетона партий № 1 и № 2 в данных исследованиях соответствует нормативно-техническим требованиям по физико-механическим характеристикам и может быть использован в тяжелых бетонах класса по прочности В 22,5 и ниже.

2. Бетонная смесь с заполнителями из бетонного лома и продуктов его дробления может применяться при возведении монолитных фундаментов при малоэтажном строительстве,

подготовке под чистые полы, изготовлении мелкоштучных стеновых изделий, для строительства и ремонта обычных (нескоростных) автомобильных дорог III–V категорий, а также для рекультивации, благоустройства и планировки территорий. Принципиальная схема получения и использования вторичных ресурсов иллюстрирует рисунок 2.

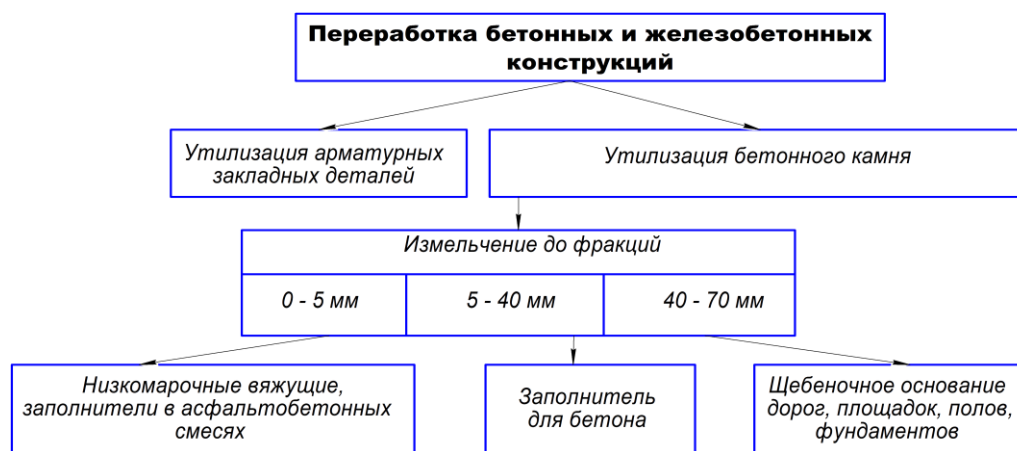


Рисунок 2 – Принципиальная схема получения и использования вторичных ресурсов

3. В связи с недостаточной практической изученностью в настоящее время вопроса технических свойств бетонов и других строительных материалов на основе бетонного лома в виде щебня, песка и песчано-щебеночной смеси необходимо выполнить комплекс исследований для изучения возможности его использования в более широком строительном диапазоне. Например, отсев дробленого лома с размерами зерна менее 5 мм целесообразно использовать как мелкий заполнитель или для замены части природного песка не только в тяжелых бетонах, но и в ячеистых бетонах, асфальтобетонах и строительных растворах.

4. Повторное использование бетонного лома в большинстве случаев целесообразно и отвечает принципам концепции «устойчивого развития», основные положения которой предусматривают экономию материалов и энергии, повышение долговечности конструкций и уменьшение негативного воздействия на окружающую природу, в том числе сохранение невозполнимых источников природных ресурсов.

Список литературы

1. Дрозд, Г. Я. Переработка и утилизация разрушенных войной строительных объектов в Донбассе / Г. Я. Дрозд // Экологический вестник России. – 2017. – № 12. – С. 12–16. –
2. Балакшин, А. С. Повышение эффективности малощебеночных бетонов путем комплексного использования бетонного лома : специальность 05.23.05 «Строительные материалы и изделия» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Балакшин Андрей Сергеевич ; ГОУ ВПО «Московский государственный строительный университет». – Москва, 2017. – 19 с.
3. Коллинз АРДЖ. Использование вторичных материалов в качестве заполнителей в строительной промышленности. Стратегический доклад по стандартизации (проект): Европейская тематическая сеть (ETNrecy.net), апрель 2001 г.
4. Ефименко, А. З. Бетонные отходы – сырье для производства эффективных строительных материалов / А. З. Ефименко // Технологии бетонов. – 2014. – № 2. – С. 17–21.
5. Физико-механические особенности материалов на основе бетонного лома / Д. С. Денисевич, А. В. Димакова, А. В. Шнайдер, Е. Е. Ибе. – Текст : электронный // Вестник Евразийской науки. – 2020. – № 3. – URL: <https://esj.today/PDF/58SAVN320.pdf>.
6. ГОСТ 32495–2013. Щебень. Песок и песчано-щебеночные смеси из дробленого бетона и железобетона Технические условия : межгосударственный стандарт: издание официальное : утвержден и введен в действие Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14 ноября 2013 г. № 44-П) : введен впервые : дата введения 2015–01–01 / разработан ФГУП «ВНИИПИИСтромсырье». – Москва : Стандартинформ, 2014. – 8 с.

Г. Я. Дрозд, А. В. Назарова, М. Ю. Хвортова
ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный университет им. Владимира Даля», г. Луганск
Дробленый бетонный лом – перспективный вторичный строительный ресурс

Отходы от ремонта и реконструкции, нового строительства, сноса зданий и сооружений, а также от брака на предприятиях стройиндустрии всегда являлись серьезной экологической проблемой в вопросе захоронения и размещения на специальных полигонах. Для современного Донбасса с его разрушенной военными действиями инфраструктурой, часть которой необходимо будет сносить, ремонтировать и восстанавливать, объем строительных отходов составляет около 3 млн т, а количество строительных объектов, подлежащих восстановлению, превышает 66 тыс. единиц. Возникает необходимость ликвидации специфических строительных отходов и восполнения потребности в строительных ресурсах для ремонта и восстановления объектов. Вовлечение строительных отходов в хозяйственно-строительный оборот позволит частично решить экологическую проблему и проблему дефицита мелкого и крупного заполнителей для бетона и железобетона.

Анализ литературы по данному вопросу свидетельствует о широком использовании бетонного лома в мировой практике в качестве вторичного сырья после предварительной подготовки (сортировки, дробления, отсева). Однако отмечается недостаточная изученность физико-механических свойств получаемых материалов и их соответствия нормативным документам.

Проведенными исследованиями показано, что получаемый вторичный щебень по основным показателям соответствует требованиям ГОСТ 32495-2013, а образцы тяжелого бетона по прочности сопоставимы с бетоном на природных заполнителях.

Повторное использование бетонного лома в большинстве случаев целесообразно и отвечает принципам концепции «устойчивого развития», основные положения которой предусматривают экономию материалов и энергии, повышение долговечности конструкций и уменьшение негативного воздействия на окружающую природу, в том числе сохранение невозобновимых источников природных ресурсов.

ДРОБЛЕННЫЙ БЕТОН, БЕТОННЫЙ ЛОМ, ЩЕБЕНЬ ИЗ ДРОБЛЕНОГО БЕТОНА, ПЛОТНОСТЬ, ЗЕРНОВОЙ СОСТАВ, ВОДОПОГЛОЩЕНИЕ, ПРОЧНОСТЬ, БЕТОН

G. Ya. Drozd, A. V. Nazarova, M. Y. Khvortova
Lugansk State University named after Vladimir Dal, Lugansk
Crushed Concrete Scrap is a Promising Secondary Construction Resource

The waste from repair and reconstruction, new construction, housebreaking, as well as from defects at construction industry enterprises has always been a serious environmental problem in the matter of landfill and placement at special refuse dumps. For modern Donbass with its infrastructure destroyed by military actions, a part of which will need to be redeveloped, repaired and restored, the volume of the construction waste is about 3 million tons, and the number of construction objects to be restored exceeds 66 thousand units. There is a need to eliminate specific construction waste and fill the need for construction resources for the repair and restoration of facilities. The construction waste involvement in the economic and construction turnover will partially solve the environmental problem and the shortage problem of small and large concrete and reinforced concrete aggregates.

The analysis of the literature on this issue indicates the widespread use of concrete scrap in world practice as a secondary raw material after preliminary preparation (sorting, crushing, screening). However, there is an insufficient knowledge of the physical and mechanical properties of the materials obtained and their compliance with the regulatory documents.

The conducted studies have shown that the secondary broken concrete obtained meets the requirements of the State Standard 32495-2013 by the main indicators, and samples of heavy concrete are comparable in strength to concrete on natural aggregates.

In most cases the concrete scrap reuse is expedient and meets the principles of the «sustainable development» concept, the main provisions of which provide for saving materials and energy, increasing the durability of structures and reducing the negative impact on the environment, including the preservation of irreplaceable sources of natural resources.

CRUSHED CONCRETE, CONCRETE SCRAP, CRUSHED BROKEN CONCRETE, DENSITY, GRAIN DISTRIBUTION, WATER ABSORPTION, STRENGTH, CONCRETE

Сведения об авторах:

Г. Я. Дрозд

SPIN-код РИНЦ: 2083-3434
 Author ID: 775640
 Телефон: +38 (072) 159-18-48
 Эл. почта: drozd.g@mail.ru

А. В. Назарова

Телефон: +38 (072) 171-39-20
 Эл. почта: nazarova-anto@ya.ru

М. Ю. Хвортова

Телефон: +38 (072) 140-43-79
 Эл. почта: drozd.g@mail.ru

Статья поступила 28.04.2022

© Г. Я. Дрозд, А. В. Назарова, М. Ю. Хвортова, 2022

Рецензент: М. В. Коновальчик, канд. техн. наук, АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»