

УДК 693.552

**С. И. ЧУРСИН, Е. А. ЛОБЗАНОВ**

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

## **ОСОБЕННОСТИ КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ИЗ ЛОМА ТЯЖЕЛЫХ БЕТОНОВ**

Дан краткий анализ технологий получения заполнителя из лома бетона. Выполнена оценка качества крупного заполнителя, полученного способом дробления лома бетонов. Определены зависимости свойств полученного заполнителя от прочностных характеристик бетонного лома. Изучены факторы, оказывающие влияние на свойства заполнителей из лома бетонов. Показано, что переработка лома бетона позволяет получить заполнитель, не уступающий по своим свойствам заполнителю из гранита.

**бетонный лом, вторичный заполнитель, выход заполнителя, зерновой состав, марка щебня, удобоукладываемость бетонной смеси**

### **ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ**

При переработке некондиционного бетона и железобетона механическим способом и получении щебня из дробленного бетона встает вопрос его рационального применения в технологии бетонных и железобетонных изделий и конструкций. Однако существующие сложности при получении щебня из лома бетонов, вызванные прежде всего особенностью свойств и неоднородностью исходного материала по прочности, зерновому составу, содержанию слабых составляющих и т. д., снижают возможность широкого использования такого щебня в технологии железобетонных изделий и конструкций.

Эффективное решение задачи рационального использования отходов бетонного лома в технологии железобетонных изделий и конструкций возможно прежде всего при правильной оценке свойств исходного бетона (остаточная структурная прочность, водопоглощение, возраст), изучении особенностей полученного заполнителя после умеренного измельчения и разработке модели бетона с учетом особенностей полученного заполнителя.

Переработка и повторное использование отходов бетонного лома позволит решить сразу несколько проблем: экономия природных ресурсов; уменьшение площадей для хранения отходов, снижение нагрузки на окружающую среду.

Анализ экспериментальных данных свидетельствует о неоднозначности, чаще всего ухудшении технологических и эксплуатационных свойств бетонов, полученных с применением вторичного щебня из дробленного бетона. Однако актуальность и эффективность использования щебня из лома бетона в качестве крупного заполнителя не вызывает сомнения.

### **АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ**

Как известно, тяжелый бетон и железобетон в виде некондиционных изделий и конструкций, безусловно, является эффективным сырьевым ресурсом и подлежит переработке с целью получения крупного и мелкого заполнителей для тех же бетонов и железобетонных конструкций. К этой категории могут быть отнесены и отслужившие свой срок эксплуатации изделия и конструкции, объем которых измеряется десятками миллионов кубометров и количество которых постоянно возрастает.

Анализ показателей утилизации отходов и использования их как вторичного сырья свидетельствует о значительной экономической эффективности этой сферы. Так, по данным статистической отчетности из 53 видов ресурсно-ценных строительных отходов количество их использования в 2004 г. достигло 125,8 млн т, что составляет 58,5 % от образования этих отходов. Также отмечается, что в

строительных отходах содержится более 3,2 млн т металла и около 50 млн т бетонного лома. В некоторых случаях замена строительными отходами природных ресурсов позволяет экономить их до 50 % [6].

Обычная технология переработки некондиционных железобетонных конструкций прежде всего, предусматривает извлечение металлической арматуры из бетона посредством разрушения конструкций с помощью различных дробилок и других достаточно известных способов. Полученный на этом этапе, так называемый, «бетонный лом» подвергается целенаправленному измельчению с основной задачей получения щебеночной фракции. Таким образом, при дроблении фрагментов бетона образуется не только крупный заполнитель, но и фракции менее 5 мм, которые составляют 25...30 % от общего количества отходов, и кроме как в засыпках, не нашедшие своего применения.

Многие исследователи [2, 3] отмечают, что полученный таким образом вторичный заполнитель из лома тяжелого бетона характеризуется достаточно высокими прочностными показателями, фактически не уступает природным заполнителям из гранита и имеет ряд особенностей при использовании его в бетоне.

К особенностям заполнителей из бетонного лома относятся повышенная шероховатость поверхности, что приводит к повышению жесткости бетонной смеси, повышенная гидравлическая активность, способствующая получению контактной зоны с пониженной капиллярной пористостью и стабильными продуктами гидратации, а также повышенная прочность сцепления цементного камня с заполнителем.

Также особенностью щебня из бетонного лома является то, что частицы щебня имеют практически сплошную оболочку из цементного камня. Эта оболочка обладает пористостью, что приводит к незначительному повышению водопоглощения заполнителя.

Щебень из бетонного лома состоит из фрагментов крупного и мелкого заполнителя, скрепленных цементным камнем, и контактной зоны между ними, состоящей преимущественно из кристаллов портландита, этtringита карбонатов кальция и других кристаллических гидросиликатов кальция. Теоретический интерес представляет положение о том, что при получении щебня из бетонного лома путем дробления происходит разрушение кусков бетона с образованием новых химически активных поверхностей как гранитного заполнителя, так и цементного камня, негидратированная часть которого может подвергаться дальнейшей гидратации.

Улучшение характеристик вторичного щебня путем многократного дробления обеспечивается за счет постепенного уменьшения содержания во вторичном щебне цементного камня, что подтверждается снижением водопоглощения и повышением средней насыпной плотности вторичного щебня. Кроме того, дробление в 2–3 стадии позволяет снизить межзерновую пустотность щебня за счет улучшения формы зерен. Результаты определения прочности щебня по дробимости в цилиндре также показывают эффективность многостадийного дробления бетонного лома [4].

Таким образом, щебень из бетонного лома активно влияет на формирование как структуры цементного камня, так и плотной контактной зоны между цементным камнем и заполнителем. Формирование цементного камня в этом случае происходит при пониженном водосодержании.

## ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основной целью данной работы является исследование различных факторов, оказывающих влияние на свойства крупного заполнителя из лома бетонов, а также теоретическое обоснование модели структурообразования эффективных цементных бетонов на заполнителях из бетонного лома.

Для решения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: определить основные характеристики некондиционного бетона, его остаточную прочность, водопоглощение и исследовать влияние остаточной прочности на коэффициент выхода щебня в процессе дробления бетонного лома; оценить свойства заполнителей, получаемых в результате дробления бетонного лома и изучить влияние крупного заполнителя из бетонного лома на удобоукладываемость бетонной смеси.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения исследований был использован тяжелый бетон классов В15-В25 в виде образцов – кубов со стороной 10 см, которые изготавливались для корректировки рабочих составов, хранились в естественных условиях (до 10...15 лет).

При дроблении бетонных образцов, как прототипе бетонного лома, получали крупный заполнитель фракций 5...10 и 10...20 мм, а также мелкозернистые фракции – отсев дробления. Выделенный

при фракционировании крупный заполнитель сравнивали с гранитным заполнителем аналогичных фракций.

Результаты испытаний показали, что реальная прочность бетонов классов В15 (М200) и В25 (350) увеличилась со временем до 26 и 45 МПа, соответственно. При этом водопоглощение бетона составляло 4,2...3,8 %. Более мелкие фракции представляют собой частицы, состоящие из обломков зерен гранитного щебня, а также мелких частиц цементного камня и цементно-песчаных структур.

Как свидетельствуют многочисленные исследования [2, 6], переработка лома тяжелого бетона позволяет получить крупный заполнитель, не уступающий по своим свойствам заполнителям из гранита, который можно эффективно использовать как компонент тяжелых бетонов.

Учитывая особенности технологии получения заполнителя, заключающегося в умеренном дроблении (степень дробления не более 1,5), представлял интерес, прежде всего, выход щебня фракций 5...20 мм при однократном и многократном дроблении и его качественные характеристики.

Как следует из расчета исходного состава бетонов различных марок, количество щебня практически не изменяется и находится в пределах 53...55 % от массы бетона (табл. 1).

**Таблица 1** – Расчетный состав бетонов и их характеристики

Номер состава	Марка бетона	Жёсткость бетонной смеси	Крупность заполнителя, мм	Расход воды, л	Расход цемента, кг	Расход песка, кг	Расход щебня, кг
1	М200	11...20	40	150	218	732	1 328
2		21...30		145	210	751	1 331
3	М350	11...20		150	294	696	1 301
4		21...30		145	284	712	1 307

Однако, при разрушении такого бетона количество крупного заполнителя становится значительно больше – до 83 %. Причем реальная прочность бетона, независимо от способа ее достижения, также влияет на выход крупного заполнителя. Чем выше прочность бетонной структуры, тем меньше выход крупного заполнителя. Полученный из бетонного лома заполнитель характеризуется шероховатой поверхностью за счет остатков цементного камня на поверхности гранитного заполнителя, а также поризованных цементно-песчаных структур, к тому же обладающих повышенным показателем водопоглощения.

Многократное дробление способствует, безусловно, повышению качества крупного заполнителя, незначительно снижая его выход и повышая количество песчаной фракции, в состав которой входят осколки цементного камня и песчаные частицы. Однако следует отметить, что многократное дробление снижает не только выход крупного заполнителя, но и разрушает кристаллические цементные структуры, образовавшиеся на поверхности, тем самым снижая химическую активность такого заполнителя, что в целом нерационально и экономически невыгодно.

По зерновому составу крупный заполнитель из лома бетонов вполне соответствует требованиям, предъявляемым к качественному заполнителю (рис. 1). Фракция 20...40 мм, в незначительном количестве (до 2 %), представлена частицами пластинчатой формы, образовавшейся за счет плоской бортовки. Остальные фракции – 10...20 мм и 5...10 мм имеют кубовидную форму и представлены частными остатками, соответственно 52 и 46 %.

Марка по дробимости при сдавливании в цилиндре крупного заполнителя из бетонного лома ниже, чем у гранитного щебня аналогичных фракций, что подтверждает предположение о влиянии цементных структур на поверхности такого заполнителя на его шероховатость и другие свойства. Об этом свидетельствуют и сравнительные данные таблицы № 2.

Характерные особенности крупного заполнителя из дробленного бетонного лома особенно проявились на стадии приготовления и оценки удобоукладываемости бетонной смеси. Как показали результаты испытаний, повышенная шероховатость крупного заполнителя, а также его большее водопоглощение привели к ожидаемому возрастанию жесткости бетонной смеси (рис. 2). Снижение жесткости бетонной смеси потребует пропорционального увеличения количества воды и цемента, что приведет к увеличению прочности.

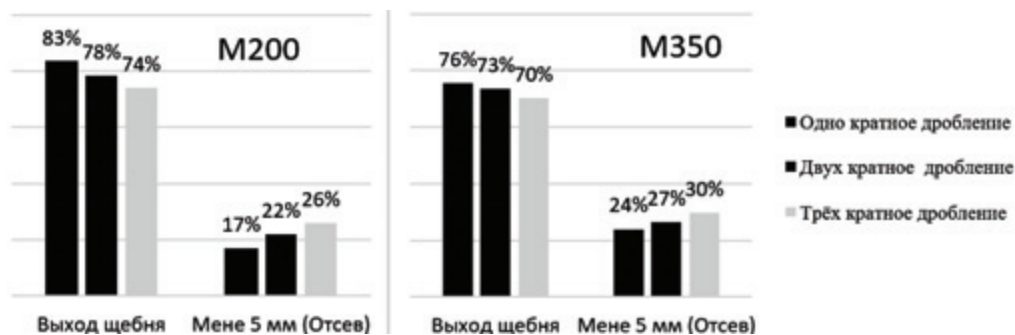


Рисунок 1 – Влияние кратности дробления на выход крупного заполнителя.

Таблица 2 – Зависимость свойств крупного заполнителя от его происхождения

Свойства заполнителя	Единица изм.	Происхождения щебня		
		вторичный из бетона М200	вторичный из бетона М350	щебень гранитный
Средняя насыпная плотность	кг/м <sup>3</sup>	1 182	1 238	1 420
Водопоглощение	%	2,1	1,6	0,5
Влажность	%	0,32	0,3	0,21
Содержание слабых зерен	%	12,5	12,1	10,6
Содержание пылевидных и глинистых частиц	%	2,6	2,2	1,0
Марка по дробимости щебня при сжатии в цилиндре	–	1 000	1 000	1 200

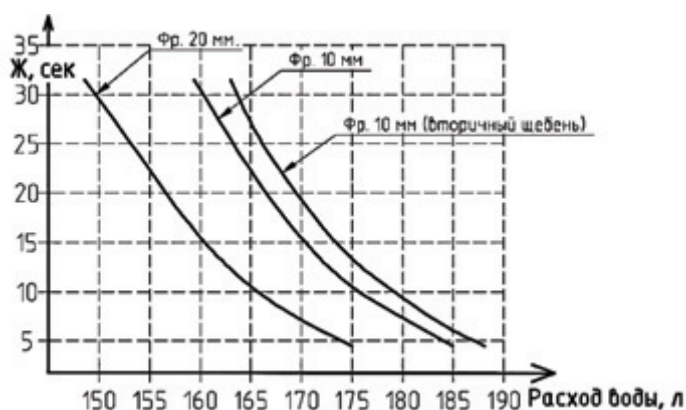


Рисунок 2 – Зависимость жесткости бетонной смеси от количества воды и вида заполнителей.

## ВЫВОДЫ

Результаты исследования показали, что на свойства крупного заполнителя из бетонного лома оказывают влияние как структурная прочность исходного бетона, так и кратность дробления, обеспечивая достаточно высокий выход самого заполнителя, а также приемлемые его показатели качества.

Присутствие цементных кристаллических структур на поверхности заполнителя, безусловно, способствует повышению жесткости бетонных смесей, однако, играя роль центров кристаллизации, обеспечит эффективность при твердении бетона.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия [Текст]. – Взамен ГОСТ 8267-82, ГОСТ 8268-82, ГОСТ 10260-82, ГОСТ 23254-78, ГОСТ 26873-86 ; введ. с 1995-01-01. – М. : ИПК Издательство стандартов, 2004. – 14 с.
- Гусев, Б. В. Вторичное использование бетонов [Текст] / Б. В. Гусев, В. А. Загурский. – М. : Стройиздат, 1988. – 96 с.

3. Дворкин, Л. И. Строительные материалы из промышленных отходов [Текст] : учеб. пособие для строит. вузов и фак. / Л. И. Дворкин, И. А. Пашков. – К. : Высшая школа, 1980. – 144 с.
4. Коровкин, М. О. Использование дробленого бетонного лома в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона [Электронный ресурс] / М. О. Коровкин, А. И. Шестернин, Н. А. Ерошкина // Инженерный вестник Дона. – 2015. – № 3. – Режим доступа : [http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD\\_31\\_Korovkin.pdf\\_26679ca420.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_31_Korovkin.pdf_26679ca420.pdf).
5. Производство сборных железобетонных изделий [Текст] : Справочник / Г. И. Бердичевский, А. П. Васильев, Л. А. Малинина [и др.]. – М. : Стройиздат, 1989. – 447 с.
6. Авралин, К. П. «Киевгорстрой» заработает на мусоре [Текст] / К. П. Авралин // Деловая столица. – 2005. – № 172. – С. 8–10.

Получено 11.03.2016

**С. І. ЧУРСІН, Є. А. ЛОБЗАНОВ**  
**ОСОБЛИВОСТІ КРУПНОГО ЗАПОВНЮВАЧА З БРУХТУ ВАЖКИХ**  
**БЕТОНІВ**

Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Подано короткий аналіз технологій одержання заповнювача з брухту бетону. Виконана оцінка якості крупного заповнювача, отриманого методом подрібнення брухту бетонів. Визначено залежності властивостей отриманого заповнювача від міцності бетонного брухту. Вивчено фактори, що впливають на властивості заповнювачів з брухту бетонів. Показано, що переробка брухту бетону дозволяє отримати заповнювач, який не поступається за своїми властивостями заповнювача з граніту.

**бетонний брухт, вторинний заповнювач, вихід заповнювача, зерновий склад, марка щебеню, легкоукладальність бетонної суміші**

**SERGEY CHURSIN, IEVGEN LOBZANOV**  
**FEATURES OF COARSE AGGREGATE OF SCRAP HEAVY WEIGHT CONCRETE**  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

A brief analysis of technologies for the production of aggregate from waste concrete has been given. The quality of coarse aggregate has been obtained by crushing of scrap concrete. It has been estimated the dependences of the properties of the obtained aggregate from the strength characteristics of concrete scrap. It has been determined the factors affecting the properties of aggregates from waste concrete. It is shown that the recycling of scrap concrete allows you to aggregate, which is not inferior in its properties to the filler of granite.

**concrete scrap, secondary aggregate, grain structure, make the crushed stone, the workability of concrete mixture**

**Чурсін Сергій Іванович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: переробка промислових відходів у будівельні матеріали.

**Лобзанов Євген Андрійович** – студент Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: дослідження різних факторів, що впливають на властивості крупного заповнювача з брухту бетонів.

**Чурсин Сергей Иванович** – кандидат технических наук, доцент кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: переработка промышленных отходов в строительные материалы.

**Лобзанов Евгений Андреевич** – студент Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: исследование различных факторов, оказывающих влияние на свойства крупного заполнителя из лома бетонов.

**Chursin Sergey** – Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Technologies of Building Constructions, Products and Materials Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: processing of industrial wastes in building materials.

**Lobzanov Ievgen** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: study of various factors affecting the properties of coarse aggregate from scrap concrete.