

УДК 614.841.332:691.328

Плотников Д.А., ассистент  
Башева Т.С., к.т.н., доцент  
Пашковский П.С., д.т.н., профессор  
ГОУ ВПО Донбасская национальная академия  
строительства и архитектуры

## ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ БЕТОННОГО ЛОМА ДЛЯ ВТОРИЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Значительное количество объектов промышленного и жилого комплекса Донбасского региона было возведено в 1960 - 1970 годах. Основным строительным материалом этих объектов является железобетон, давно исчерпавший свой ресурс. В литературных исследованиях неоднократно представлены доводы о целесообразности повторного использования железобетона в качестве сырья для получения путем дробления инертных заполнителей бетонных смесей, используемых в строительстве [1]. Так же актуальность данного вопроса подтверждает Концепция устойчивого развития (*sustainable development*) призывающая общественность ученых обратить свое внимание на проблему исчерпания ресурсного потенциала и тотального роста отходов. Как следствие, разработать механизмы рационального экономического развития с максимально возможным использованием отходов в качестве сырья. Например, в Директиве 2008/98 / ЕС об отходах, говорится, что к 2020 г., рециклинг малоопасных отходов демонтажа и строительства должно быть увеличено минимум до 70 % по массе [2]. Под действие данной директивы попадают такие много тоннажные и малоопасные отходы как лом железобетонных конструкций (50 % от общего количества отходов) и кирпич и каменные стеновые материалы – 34 % соответственно.

**Целью данной работы** является определение факторов влияющих на время сопротивления воздействию огня бетона, изготовленного с применением бетонного лома.

Первым этапом в технологии рециклинга бетона является сбор, сортировка, и подготовка отходов бетонного лома для повторного использования. Научный поиск и анализ литературных источников показал, что при использовании традиционной технологии «жесткого» режима дробления производить из бетонного лома конструкций качественный заполнитель невозможно [3], такой вторичный щебень из-за его низких характеристик обычно используется для производства низкомарочных бетонов, а также в дорожном строительстве [4].

Причина низкой прочности вторичного щебня, получаемого по такой технологии, - содержание в его составе значительного объема цементного камня, который имеет прочность на порядок ниже, чем крупный и мелкий заполнители [5]. Повышение прочностных и других характеристик вторичного

щебня возможно при дроблении по режимам, обеспечивающим разрушение преимущественно цементного камня. Для обеспечения такого режима измельчения создается специальное оборудование, например виброщековые или конусные инерционные дробилки [5].

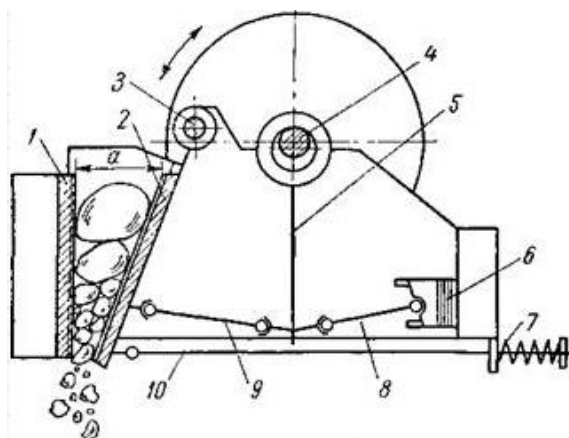


Рисунок 1. Конструктивная схема щековой дробилки: 1 - неподвижная щека; 2 - подвижная щека; 3 - ось подвески щеки; 4 - эксцентриковый вал; 5 - шатун; 6 - механизм изменения ширины разгрузочной щели; 7 - замыкающая пружина; 8 - задняя распорная плита; 9 - передняя распорная плита; 10 - тяга замыкающего устройства.

Для повышения характеристик заполнителя может быть использовано многостадийное измельчение бетонного лома по «мягкому» режиму в обычных щековых дробилках (рис. 1). При таком режиме разрушение бетонного лома происходит за счет контактного взаимодействия дробимого материала между собой в отличие от традиционного режима дробления, при котором разрушение материала происходит в результате «жесткого» воздействия на него подвижной щеки дробилки. Измельчение по «мягкому» режиму обеспечивает разрушение преимущественно менее прочных частиц цементного камня и растворной составляющей бетона, а также отделение этих компонентов бетона от зерен крупного заполнителя. В таком режиме степень измельчения материала снижается, поэтому он должен подвергаться двух- или трехкратному дроблению [6]. Многостадийное дробление позволяет повысить характеристики заполнителя, однако приводит к образованию большого объема мелких фракций, состоящих преимущественно из частиц цементного камня. Гранулометрический состав полученного крупного и мелкого заполнителей не позволяет их использовать для производства традиционных бетонов без отсева тонких и мелких фракций. Следовательно, данная технологическая операция приведет к образованию большого объема материала, который также нельзя использовать в общепринятой технологии бетона. С учетом зернового состава продуктов многостадийного дробления наиболее перспективной областью применения вторичного заполнителя является самоуплотняющийся бетон, так как его технология позволяет использовать большие объемы тонкой и мелкой фракции, которая образуется в результате дробления отходов бетона [6].

Второй существенной проблемой при использовании переработанного бетона является увеличенное водопоглощение, что в свою очередь может привести к снижению прочности и теплоизолирующей способности бетона, в том числе от воздействия факторов пожара, а именно уязвимости к взрывообразному разрушению. В работе [6], для оценки возможности использования заполнителя, полученного при дроблении бетонного лома по «мягкому» режиму было исследовано два состава. В первом применялись доломитовый щебень марки 1200 с плотностью 2880 кг/м и отсев его

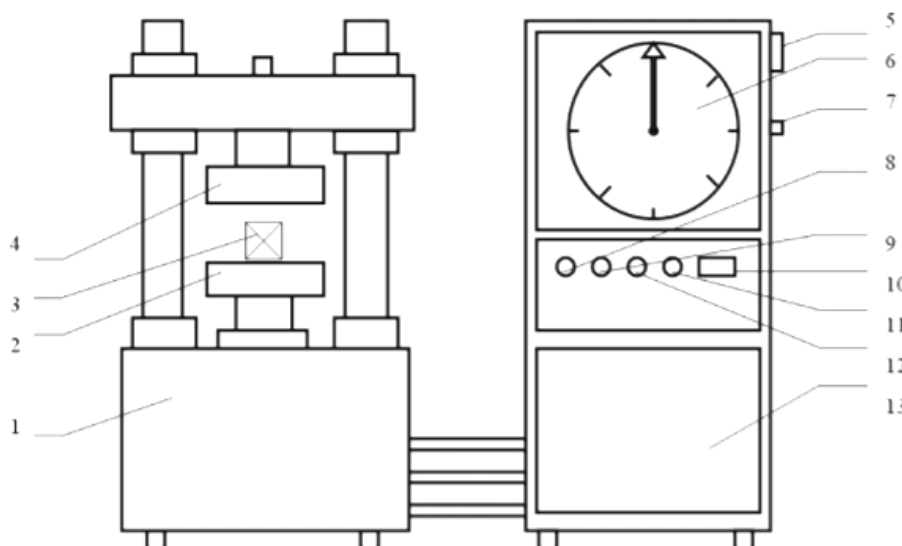


Рисунок 2. Схема гидравлического пресса МС-1000: 1- нагружающее устройство; 2 - нагружающая плита; 3 - образец; 4 - верхняя опорная плита; 5 - силовой измеритель; 6 - автоматический выключатель; 7 - реечная передача; 8 - управляющий маховик; 9 - кнопка Пуск; 10 - измеритель скорости нагружения; 11 - индикатор работы; 12 - кнопка Стоп; 13 - насосная установка.

дробления, а также доломитовая мука с Б<sub>уд</sub> = 340 м /кг в качестве тонкого заполнителя. Во втором составе в качестве крупного заполнителя использовался вторичный щебень фракций 5-10 и 10-20 мм [6]. В результате замена качественного заполнителя на бетонный лом приводит к снижению прочности бетона в возрасте 1 суток в 2 раза. Это связано с более высоким расходом воды в бетоне выполненного с использованием вторичного заполнителя. Через 28 суток прочность бетона на дробленом ломе также ниже, но снижение составляет всего 8 %. При хранении образцов, изготовленных с применением бетонного лома, в течение года в воздушно-сухих условиях бетон достиг прочности 73,8 МПа, а призмная прочность составила 57,5 МПа. При этом модуль упругости составил всего 24,3 МПа, что в 1,6 раза ниже значения, указанного в нормативном документе (СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции), регламентирующем этот показатель для бетона класса В55. Столь низкое значение модуля упругости исследованного бетона объясняется особенностью его состава и структуры. Причиной снижения модуля упругости бетона, изготовленного с применением бетонного лома, - использование в качестве тонкого

наполнителя измельченного цементного камня. Следовательно, перед исследованием температурных свойств бетона с применением бетонного лома, необходимо проверить соответствие прочностных характеристик образцов нормативным. Для исследования будет использоваться установка (рис. 2) гидравлический пресс МС-1000. Так же эта особенность исследованного материала должна учитываться при выборе области его применения.

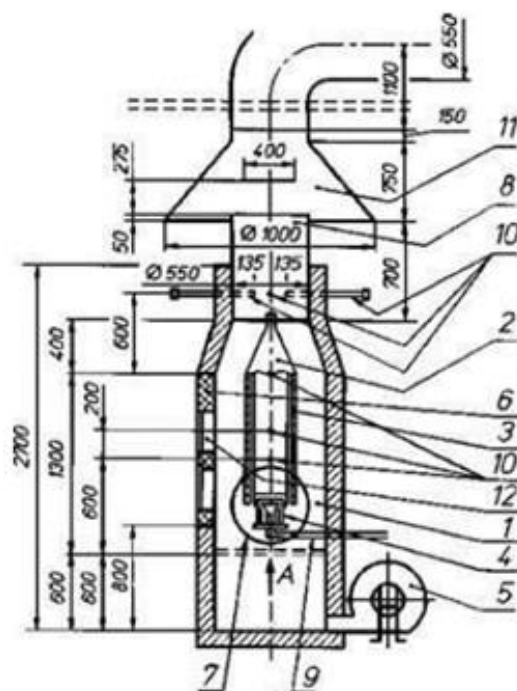


Рисунок 3. Установка для испытания температурных показателей: 1 - камера сжигания; 2 - держатель образца; 3 - образец; 4 – газовая горелка; 5 - вентилятор подачи воздуха; 6 - дверца камеры сжигания; 7 - диафрагма; 8 - вентиляционная труба; 9 - газопровод; 10 - термопары; 11 - вытяжной зонт; 12 - смотровое окно.

Следует отметить, что поведение рециклированного бетона при воздействии огня в литературе изучено не было. Для определения температурных показателей бетона с применением дробленого лома будет использоваться установка (рис. 3) состоящая из камеры сжигания, системы подачи воздуха в камеру сжигания, газоотводной трубы, вентиляционной системы для удаления продуктов сгорания. Стальные стенки камеры теплоизолируются минераловатными плитами. В камере сжигания устанавливают держатель образцов, источник зажигания, диафрагму. Переднюю стенку камеры сжигания оборудуют дверцей с остекленными проёмами для наблюдения. Данная установка может применяться для всех однородных и слоистых строительных материалов, в том числе используемых в качестве отделочных и облицовочных, а также лакокрасочных покрытий.

Выводы.

1. Для использования в строительстве отходов бетона недостаточно применения общепринятых технологий переработки. Следует использовать, например, многостадийное дробление по «мягкому» режиму.

2. Наибольшую актуальность для дальнейших исследований показателей огнестойкости рециклированного бетона, представляет заполнитель фракции 20-40, 10-20 и 5-10 мм. Это связано с тем, что при использовании технологии многостадийного дробления образуются большие объемы мелкой и тонкой фракции заполнителя.

3. Бетон с заполнителем из бетонного лома полученный в результате многостадийного дробления по «мягкому» режиму, имеет более высокие показатели прочности и может быть использован в качестве заполнителя для самоуплотняющегося бетона. Бетон из такого заполнителя представляет наибольший научный интерес для определения его температурных свойств и времени огнестойкости.

### Список литературы

1. Плотников, Д.А. Огнестойкость железобетонных конструкций из вторичного сырья./ Д.А. Плотников, Т.С. Башева // Научный вестник НИИГД «Респирактор». – Донецк, 2017 № 3(54), 57–65 с.
2. Башева, Т.С. Проблема отходов строительства и сноса в контексте экологической безопасности государства./ Актуальные проблемы экологии и охраны труда : сб. статей VIII Международной науч. – практ. Конф.//– 12 мая 2016 года. – Курск: Юго-Зап. гос. ун-т, 2016. – С. 91-95.
3. Florea M.V.A., Brouwers H.J.H. Properties of various size fractions of crushed concrete related to process conditions and re-use // Cement and Concrete Research. 2013. Vol. 52. pp. 11-21.
4. Курочка П.Н., Мирзалиев Р.Р. Свойства щебня из продуктов дробления вторичного бетона как инертного заполнителя бетонных смесей // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 (часть 2) URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1441](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1441).
5. Арсентьев В.А., Мармандян В.З., Добромислов Д.Д. Современные технологические линии для строительного рециклинга // Строительные материалы. 2006. № 8. С. 64-66.
6. 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).