

## Формирование себестоимости строительных композитов, полученных с использованием керамического кирпичного боя

© 2012 С.-А.Ю. Муртазаев

доктор технических наук, профессор

© 2012 Д.К.-С. Батаев

доктор технических наук, профессор

© 2012 А.З. Абуханов

кандидат технических наук, профессор

© 2012 В.Х. Хадисов

кандидат технических наук, доцент

Грозненский государственный нефтяной технический университет  
им. академика М.Д. Миллионщикова

E-mail: s.murtazaev@mail.ru, kniiran@mail.ru, abuhanov54@mail.ru,  
v.hadisov77@mail.ru

Статья посвящена актуальной проблеме утилизации техногенных продуктов в виде керамического кирпичного боя, образующихся в результате сноса зданий и сооружений, а также отходов керамической промышленности с использованием его в качестве мелкого и крупного заполнителей в бетонах. Работа выполнена в рамках реализации ФЦП "Научные и научно-педагогические кадры инновационной России" на 2009 - 2013 гг.

*Ключевые слова:* керамический кирпичный бой, вторичное сырье, строительные композиты, опытные исследования, физико-механические свойства, себестоимость.

По данным различных источников<sup>1</sup> на территории Российской Федерации в отвалах и хранилищах уже накоплено более 80 млрд. т твердых промышленных и бытовых отходов, при этом количество таких отходов ежегодно увеличивается на 7 млрд. т, что создает реальную угрозу здоровью населения и наносит значительный вред окружающей среде. Из общего количества образующихся отходов производства и потребления утилизируется только 3 % отходов потребления и 30 % отходов производства, остальное количество отходов либо сжигается, либо закапывается на полигонах. Захоронение неотсортированных отходов ведет к безвозвратной потере до 90 % полезной продукции, имеющей реальный спрос на рынке вторичного сырья.

На территории Чеченской Республики продолжается процесс накопления твердых промышленных и бытовых отходов. Учетная годовая масса образующихся отходов производства по 1088 предприятиям республики, внесенных в региональный реестр, составляет 1 557 652,3 т / год. Из них I класса опасности - 6,4 т, II класса - 171,7 т, III класса - 1436,4 т, IV класса - 1 516 925,7 т и V класса - 40 438 т<sup>2</sup>.

В республике отсутствуют предприятия по приему и переработке промышленных отходов, которые могут рассматриваться как вторичные

материальные ресурсы, а также предприятия по приему опасных промышленных отходов и утилизации их для последующего обезвреживания и захоронения на специальных полигонах. Перечисленные проблемы, конечно, являются общими и для других субъектов Российской Федерации.

Большое количество отходов образуется на щебеночных заводах в виде известняковой пыли при получении щебня путем дробления плотных известняков<sup>3</sup>, а также на кирпичных заводах - в виде боя и брака.

Среди всего многообразия техногенных отходов, которые в больших количествах сбрасываются в отвалы, немалая часть составляет кирпичный бой. До 17 % кирпича превращается в бой и идет в отходы, причем 40 % оставшегося тоже имеют те или иные повреждения<sup>4</sup>. Его утилизация, естественно, вызывает определенные расходы. К тому же кирпичный бой, в отличие от органики, не разлагается и, попадая на свалки, способствует более быстрому их заполнению, увеличивая потребность отвода новых земель под них. А между тем кирпичный бой является ценным и эффективным вторичным ресурсом.

Широкие возможности для утилизации отходов кирпичного боя имеет промышленность строительных материалов. Известно, что приме-

нение кирпичного боя позволяет до 30 % снизить затраты на изготовление строительных изделий по сравнению с производством их из природного сырья, а экономия капитальных вложений составляет 30-50 %. Кроме того, утилизация 60 % отхода кирпичного боя обеспечивает сокращение загрязнения воздуха.

Известно, что производственная деятельность человека, направленная на повышение качества жизни, сопровождается сокращением запасов природных ресурсов и загрязнением окружающей среды. На определенном этапе это приводит к закономерному ухудшению качества жизни человека. Для общего представления динамики развития общества на определенном этапе на рис. 1<sup>5</sup> приведены графики взаимосвязи различных показателей (качество жизни человека, загрязнение окружающей среды и запасы природных ресурсов на период до 2100 г.).

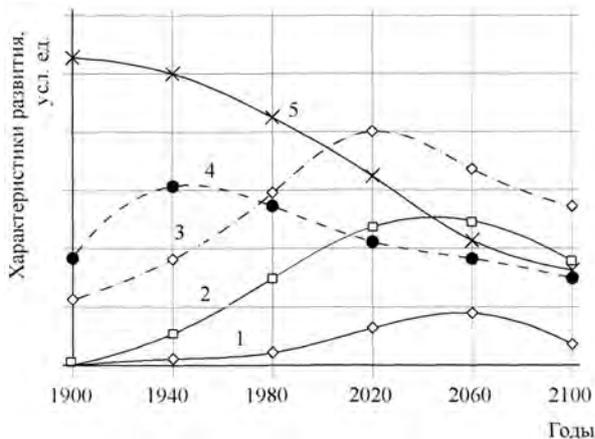


Рис. 1. Динамика развития общества:

1 - загрязнение окружающей среды; 2 - производственно-технологическое развитие; 3 - демографическая динамика; 4 - качество жизни; 5 - запас природных ресурсов

Как видно из рис. 1, по прогнозу загрязнение окружающей среды еще лет 40 будет продолжаться. Поэтому утилизация техногенных отходов, являясь прямым средством экономии материальных, энергетических и трудовых ресурсов, способствует решению экологических проблем и позволяет внести вклад в создание безопасной среды обитания человека и общества.

Для того чтобы выявить возможности утилизации техногенного сырья, в том числе и керамического кирпичного боя (ККБ), необходимо, прежде всего, исследовать их составы и свойства. На рис. 2 представлен алгоритм методики тестирования и диагностики утилизируемых отходов, согласно которому выявляются область применения вторичных продуктов и возможные

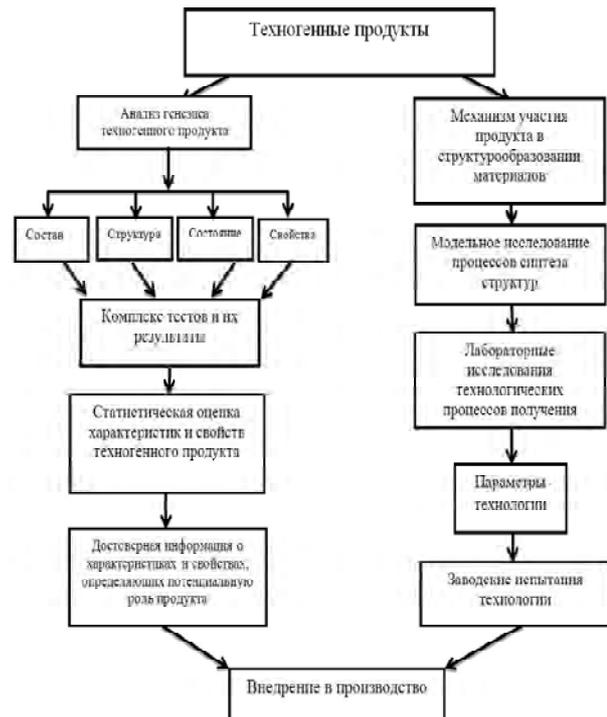


Рис. 2. Методика тестирования и диагностики техногенных продуктов в задачах утилизации

пути производства строительных композиционных материалов на их основе.

Основным конструкционным материалом для различных видов строительства в настоящее время и в обозримой перспективе остается бетон и железобетон. Поэтому расширение возможности использования отходов для изготовления различных бетонов и снижение их себестоимости являются наиболее актуальной проблемой в современном строительстве. Особенно это относится к легким бетонам. Такие бетоны на пористых заполнителях применяют для снижения собственной массы несущих конструкций<sup>6</sup>.

Известно, что цена на бетон складывается из нескольких факторов. Один из основных - это стоимость крупных заполнителей - гранитного, известнякового щебня, щебня из гравия и др., что тем более важно, поскольку их стоимость составляет до половины всей цены за бетон. Не случайно многие фирмы-заказчики предпочитают добавлять в бетонные смеси заполнитель, полученный в собственных дробильно-сортировочных установках, в конечном итоге это позволяет значительно снизить себестоимость готовой продукции.

В данной связи использование керамического кирпичного боя, бетонного лома и так далее для изготовления некоторых строительных изделий имеет важное народнохозяйственное

значение как с точки зрения снижения стоимости готовой продукции и экономии природных ресурсов, так и с точки зрения утилизации отходов для обеспечения экологической безопасности. Кроме того, производство вторичных строительных материалов и полуфабрикатов из техногенных отходов связано с меньшими энергетическими и транспортными расходами при добыче и доставке данного сырья, а также с низкой стоимостью самих техногенных ресурсов<sup>7</sup>. При этом полностью отсутствует риск останова процесса производства из-за возможных перебоев с поставкой сырьевых материалов и полуфабрикатов.

Вместе с тем с давних времен известен опыт применения толченого кирпича (так называемой цемянки) в роли активной гидравлической добавки для повышения водостойкости известковых вяжущих веществ. В настоящее время представляется перспективным использование отходов керамического производства для получения бесцементных пробужденных бетонов и строительных растворов. Пробужденный бетон - пластический затвердевающий строительный материал, который получается путем частичного помола на тяжелых бегунах кирпичного боя и других отходов в присутствии воды и активизатора (чаще всего известки, иногда цемента и т.д.).

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что сырьевая база строительного производства может быть существенно расширена за счет переработки и рационального использования разнообразных отходов предприятий стройиндустрии, а также других строительных производств, имеющих в Чеченской Республике и в других регионах РФ.

Данное исследование посвящено разработке и обоснованию технического решения по использованию керамического кирпичного боя при изготовлении легких бетонных конструкций с целью снижения себестоимости бетона и загрязнения окружающей среды.

- определен режим дробления керамического кирпичного боя;
- изучены основные свойства продукта дробления;
- проведены исследования по изучению кинетики набора прочностных характеристик легкого бетона и его твердения;
- выявлены возможности снижения себестоимости готовой продукции.

В исследованиях был использован керамический кирпичный бой из кирпичных заводов. Сведения, приведенные в различных литературных источниках, показывают, что использование кирпичного боя в легких бетонах вместо керамзита позволяет снизить его себестоимость на 30-35 %.

Кирпичный бой, как вторичный материал, получаемый при сносе кирпичной кладки, имеет ту же структуру, что и изначальный материал, - кирпич обладает своей проектной прочностью и стойкостью, имея пористую структуру и малую лещадность.

Для исследования кирпичного боя как вторичного материала нами производилось его измельчение с использованием щековой лабораторной дробилки ДС-200ЩЛ, затем на основе набора сит (ГОСТ Р 51568-99) выполнялся анализ гранулометрического состава.

За основу принят легкий керамзитовый бетон класса В15 с плотностью 1600 кг/м<sup>3</sup> состава 1:1,4:1,4 при В/Ц = 0,7 и с суперпластификатором С-3<sup>8</sup>. Подвижность бетонной смеси составляет 1-2 см.

Для изучения прочностных характеристик кирпичного боя были изготовлены 3 серии образцов (образцы-кубы размерами 10х10х10 см).

В I серии образцов вместо традиционного крупного заполнителя (керамзита) был использован вторичный щебень, полученный путем дробления кирпичного боя. Песок в данном составе использовался обычный кварцевый Червленого месторождения Грозненского района Чеченской Республики крупности  $M_k = 1,8$ .

Таблица 1. Компоненты исследуемого бетона

№ п/п	Компонент	Количество, кг
1	Вторичный щебень из ККБ	2,850
2	Песок	2,875
3	Цемент	2,075
4	Вода (В/Ц)	1,500 (0,7)

Для изучения возможности применения отходов строительства и сноса, керамической промышленности при изготовлении строительных материалов и изделий в учебно-научной лаборатории строительного факультета Грозненского государственного нефтяного технического университета были проведены экспериментальные исследования. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

Для исследования основных свойств полученного состава была приготовлена бетонная смесь объемом 0,007 м<sup>3</sup>. Необходимый состав компонентов для приготовления данного объема бетонной смеси приведен в табл. 1.

Во II серии образцов мелкий заполнитель заменен на песок из дробленого ККБ с модулем крупности  $M_k = 2,3$ .

Таблица 2. Сведения по исследованным образцам бетона

№ состава	Расход цемента Ц, кг/м <sup>3</sup>	Расход заполнителя, кг/м <sup>3</sup>		Расход воды В, кг/м <sup>3</sup>	Расход добавки С-3, кг/м <sup>3</sup>	В/Ц	ρ, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие R <sub>сж</sub> , (кН), через сутки		
		Щ	П					7	14	28
I	415	570	760 (обычный)	291	-	0,7	1970	122	298	392
II	415	570	575 (ККБ)	311	-	0,75	1745	116	232	297
III	403	605	610 (ККБ)	262	12	0,65	1790	167	311	414

Таблица 3. Стоимость 1 м<sup>3</sup> различных видов заполнителей

№ п/п	Вид заполнителя для бетона и фракция, мм	Стоимость 1 м <sup>3</sup> , руб.
1	Щебень гранитный, фракция 5-20	1580
2	Щебень гравийный, фракция 5-20	1400
3	Щебень известняковый, фракция 5-20	1200
4	Щебень керамзитовый, фракция 5-20	1500
5	Щебень вторичный из бетонного лома, фракция 5-20	920
6	Щебень вторичный кирпичный, фракция 5-20	770
7	Керамический кирпичный бой (отходы)	300

В III серии образцов при изготовлении бетонной смеси в состав добавлен суперпластификатор С-3 в количестве 2-3 % от массы цемента.

В результате проведения испытаний образцов получены следующие данные:

- прочность образцов на сжатие первой серии опытов (с использованием кварцевого песка Червленого месторождения и щебня из кирпичного боя) составляет  $R_{сж} = 392$  кН с плотностью бетона 1970 кг/м<sup>3</sup>;

- образцы II серии опытов (с использованием песка и щебня из кирпичного боя) показали прочность на сжатие  $R_{сж} = 297$  кН и плотность 1745 кг/м<sup>3</sup>;

- образцы III серии опытов с добавкой суперпластификатора С-3 (2 % от массы цемента) показали прочность на сжатие  $R_{сж} = 414$  кН и плотность 1790 кг/м<sup>3</sup>.

Остальные сведения по исследованным составам бетонов приведены в табл. 2.

Анализ данных табл. 2 показывает, что характеристики рассматриваемого бетона находятся в пределах: прочность на сжатие в возрасте 28 сут. составляет 29,7 - 41,4 МПа, плотность - 1745-1970 кг/м<sup>3</sup>.

Для обоснования эффективности применения в качестве крупного заполнителя для бетона керамического кирпичного боя проведено сравнение себестоимости традиционных природных заполнителей для бетонов (табл. 3). Так, например, 1 м<sup>3</sup> вторичного щебня из кирпичного боя в 2 раза дешевле, чем керамзитовый щебень<sup>9</sup>.

Анализ данных табл. 3 свидетельствует о том, что применение легкого бетона на основе заполнителя из керамического кирпичного боя экономически более целесообразно по себестоимости готовой продукции.

Таким образом, применение керамического кирпичного боя позволит в дальнейшем получить легкий бетон, который будет использоваться как для ремонтно-восстановительных работ, так и для работ по капитальному строительству, даст возможность снизить негативное влияние отходов на окружающую среду, освободить территории земель для других нужд и уменьшить себестоимость готовой продукции.

<sup>1</sup> См.: Чернышев Е.М. Фундаментальные и прикладные исследования РААСН по научному обеспечению развития архитектуры, градостроительства и строительной отрасли РФ в 2002 г.: сб. науч. тр. РААСН: в 2 т. Белгород, 2008. Т. 2. С. 154-179; Максаковский В.П. Географическая картина мира. В 2 кн. Кн. 2: Общая характеристика мира. М., 2007.

<sup>2</sup> Шахтамиров И.Я. Государственный доклад о состоянии окружающей среды Чеченской Республики в 2010 г. Грозный. 2011.

<sup>3</sup> Чирков А.С. Добыча и переработка строительных горных пород. М., 2009.

<sup>4</sup> Шевицов К.К. Охрана окружающей природной среды в строительстве: учеб. пособие для строит. спец. вузов. М., 1994.

<sup>5</sup> Форрестер Д. Мировая динамика: пер. с англ. М., 1978.

<sup>6</sup> Баженов Ю.М. Технология бетона. М., 2002.

<sup>7</sup> См.: Мелкозернистые бетоны из техногенного сырья для ремонта и восстановления поврежденных зданий и сооружений / Ю.М. Баженов [и др.]. Грозный, 2011. С. 342; Муртазаев С.-А.Ю., Исмаилова З.Х. Использование местных техногенных отходов в мелкозернистых бетонах // Строительные материалы. 2008. □ 3. С. 57.

<sup>8</sup> Дорф В.А., Довжик В.Г. Высокопрочный керамзитобетон (Обзор опыта производства, особенностей технологии и свойств). М., 1968.

<sup>9</sup> URL: <http://www.splyse.ru/buil>.