

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-
СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра технологии строительных материалов,
изделий и конструкций

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторно-практических работ по дисциплине
**«Безотходные технологии в производстве строительных материалов
изделий и конструкций»**

для студентов направления подготовки 08.04.01 «Строительство»
по программе магистратуры «Инновационные технологии высокопрочных
и высокофункциональных бетонов»

Квалификация (степень) выпускника – Магистр

Казань
2016

УДК 666.982
ББК 38.33
К78

К78 Методические указания к выполнению лабораторно-практических работ по дисциплине «Безотходные технологии в производстве строительных материалов изделий и конструкций» для студентов направления подготовки 08.04.01 «Строительство» по программе магистратуры «Инновационные технологии высокопрочных и высокофункциональных бетонов». Квалификация (степень) выпускника – Магистр / Сост.: Н.М. Красникова, В.Г. Хозин, Н.М. Морозов, О.В. Хохряков. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2016. – 23 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета

В методических указаниях приводятся основные сведения о технологических особенностях использования вторичных продуктах или отходов промышленности в строительной индустрии, необходимые для приобретения навыков утилизации промышленных отходов.

Табл. 7; библиогр. 5 наименов.; ил. 2.

Рецензент

Кандидат технических наук, генеральный директор
ООО «ИнжЦ «Стройхимкомпозит»
А.Н. Богданов

УДК 666.982
ББК 38.33

© Казанский государственный
архитектурно-строительный
университет, 2016

© Красникова Н.М., Хозин В.Г.,
Морозов Н.М., Хохряков О.В.,
2016

Содержание

Введение.....	4
Лабораторно-практическая работа № 1. Способы утилизации бетона.....	5
Лабораторно-практическая № 2. Вторичное использование бетонного лома в качестве крупного заполнителя.....	8
Лабораторно-практическая работа № 3. Вторичное использование бетонного лома в качестве мелкого заполнителя.....	13
Лабораторно-практическая работа № 4. Вторичное использование прогидратированного цемента в качестве активной добавки в цементных бетонах.....	19

ВВЕДЕНИЕ

Строительство, как самая материалоемкая отрасль народного хозяйства по объему и разнообразию исходных сырьевых компонентов, является самым мощным потребителем отходов, способным рационально использовать их в виде вторичного сырья для производства строительных материалов и их компонентов. Возврат такого рода отходов в общий производственный (материальный) оборот в качестве вторичного сырья – неизбежная и прогрессирующая во всем мире тенденция использования потенциала вторичных ресурсов, а также повышение ресурсо- и энергосбережения.

Так, например, по данным Европейской ассоциации по сносу зданий, каждый год на планете образуется свыше 2,5 млрд т строительных отходов.

В России необходимо переработать и утилизировать свыше 45 млн т бетонного лома и свыше 1,5 млн т металлических конструкций. Только в Москве ежегодно в среднем требуется переработать свыше 1,5 млн т различных строительных отходов, произведенных предприятиями строительного комплекса.

Поэтому проблема экономии и рационального использования материальных ресурсов в условиях нынешнего этапа развития экономики приобрела особую актуальность. Уменьшение материальных затрат оказывает непосредственное влияние на снижение себестоимости и повышение рентабельности производства, так как они составляют 80% издержек предприятий, из которых 63,6% приходится на сырье и материалы, 4,1% на топливо, 2,8 – на энергию и 7,9 – на амортизацию. Сокращение материальных затрат на производство единицы продукции – это значительно более крупный резерв экономии по сравнению со снижением трудоемкости и фондоемкости промышленного производства.

Курс «Основы безотходных технологий» и лабораторный практикум направлены на формирование у студентов полного и ясного представления:

- о основах рационального ресурсопользования при переработке природного сырья в строительные материалы с применением промышленных, с/х и бытовых отходов;
- об эффективном использовании строительных материалов;
- изучение взаимосвязи промышленного производства с окружающей природной средой;
- представление модели полного «жизненного цикла» строительной продукции и его рециклинг.

Лабораторно-практическая работа № 1

СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ БЕТОНА

В результате разборки зданий и сооружений, а также накопления некондиционной продукции на предприятиях сборного железобетона образуется значительное количество бетонного лома.

Первое применение дробленого бетона началось с использованием его в качестве подсыпки под временные дороги и для заполнения пустот и оврагов.

В настоящее время переработка бетонного лома направлена в основном на получение вторичных заполнителей и извлечение арматурной стали.

Переработка строительных отходов осуществляется, **в основном, механическим способом на дробильно-сортировочных установках.** Разрушение конструкций при утилизации бетонного лома может производиться ударными методами, раскалыванием, резкой, дроблением. Из средств разрушения ударными методами применяют гидравлические и пневматические молоты, раскалыванием – гидроклинья; резкой – алмазные круги, оборудование для плазменной резки и др.; дроблением – бетоноломы с перемещаемыми прямыми или изогнутыми зубьями, подвешиваемые на экскаваторе вместо ковша. При разрушении крупногабаритных конструкций может быть использована энергия взрыва и расширения. Применение расширяющихся реактивов позволяет уменьшить шум, вибрации и выброс строительного мусора при

разрушении конструкций. Ряд расширяющихся реактивов разработан на основе извести.

Примечание. Для разрушения железобетонных конструкций длиной до 12 м применяют гидравлические прессы, развивающие давление до 2 МПа.

Арматура из бетона извлекается с помощью магнитных сепараторов. После извлечения арматуры бетонный лом поступает на щековую дробилку для получения вторичного щебня.

В работе предлагается изучить новый способ утилизации бетонного лома – термический метод. Известно, что при температуре выше 900⁰С начинается дегидратация цементного камня. То есть связующие (прогидратированный цемент) при обжиге переходят в порошкообразное (возможно первоначальное) состояние и материалы бетона (заполнители) распадаются (расщепляются) на составляющие.

Целью данной работы является – получение бетонного лома двумя способами – механическим и термическим.

Задачи лабораторно-практической работы следующие.

1. Получение бетонного лома механическим способом с использованием лабораторной щековой дробилки.

1.1. Рассев полученного лома на составляющие: крупный, мелкий заполнители и цемент.

2. Получение бетонного лома термическим способом, с использованием лабораторной печи для обжига.

2.2. Рассев полученного лома на составляющие: крупный, мелкий заполнители и цемент.

Выводом лабораторно-практической работы должно быть получение составляющих материалов для бетона из отходов лома бетона.

Перечень приборов, приспособлений и оборудования, необходимых для выполнения лабораторно-практической работы:

- щековая лабораторная дробилка;
- лабораторная обжиговая печь;
- весы лабораторные по ГОСТ 24104;

- обжиговая печь;
- набор стандартных сит (КСИ): 0,14 мм, 5 мм, 10 мм, 20 мм, 40 мм
- металлический цилиндрический сосуд объемом 1 л.

Работа выполняется двумя бригадами. Каждая бригада выполняет одно из нижеуказанных заданий. Характеристика исходных материалов, состав задается преподавателем.

Задание № 1. Получение бетонного лома механическим способом.

Задание № 2. Получение бетонного лома термическим способом с использованием лабораторной печи для обжига.

Работа выполняется в следующем порядке.

Работа выполняется двумя бригадами. Каждая бригада выполняет одно из вышеуказанных заданий.

1. Бетонные образцы дробятся в щековой дробилке.

1.1. Бетонные образцы обжигаются в печи.

2. Полученный после дробления/обжига бетонный лом рассеивается на крупный, мелкий заполнители и цемент на стандартном наборе сит.

2.1. Полученные пробы просеять ручным или механическим способом через сита с круглыми отверстиями диаметрами 40, 20, 10, 5, 2,5 и 0,14 мм. При этом толщина слоя бетонного лома на каждом из сит не должна превышать $\frac{1}{3}$ высоты сита. Продолжительность просеивания должна быть такой, чтобы при контрольном интенсивном ручном встряхивании каждого сита в течение 1 мин через него проходило не более 0,1% общей массы просеиваемой пробы. Просеивание считают законченным, если при этом не наблюдается падение зерен.

3. Крупный заполнитель из бетонного лома, находящийся на ситах диаметром 20, 10 и 5 мм, помещается в тару для выполнения лабораторной работы № 2.

4. Мелкий заполнитель из бетонного лома, находящийся на ситах

диаметром 2,5 и 0,14 мм, помещается в тару для выполнения лабораторной работы № 3.

5. Сыпучий материал, прошедший сито 0,14 мм, помещается в герметичную тару для выполнения лабораторной работы № 4.

Лабораторно-практическая работа № 2

ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕТОННОГО ЛОМА В КАЧЕСТВЕ КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ

Энергозатраты при добыче природного щебня в 8 раз выше, чем при получении щебня из бетона, а себестоимость бетона, приготавливаемого на вторичном щебне, снижается на 25%.

Положительный эффект достигается при использовании крупного заполнителя из дробленого бетона в сочетании с природным кварцевым песком.

Применение крупного заполнителя из дробленого бетона не уменьшает, а в некоторых случаях увеличивает морозостойкость. Это обусловлено высокой прочностью сцепления зерен этого заполнителя и цементного камня. Применение мелкого заполнителя из дробленого бетона приводит к снижению морозостойкости из-за его высокого водопоглощения и, как следствие, повышенной капиллярной пористости бетона.

Следует отметить, что в настоящее время в г. Москве ежегодно образуется около 1500 тыс. т строительных отходов. Только 70-80 тыс. т **(5%) перерабатывается в щебень, остальные вывозятся на полигоны, либо скапливаются на десятках несанкционированных свалок.**

Прочность щебня и гравия характеризуют маркой, определяемой по дробимости щебня (гравия) при сжатии (раздавливании) в цилиндре. Марки по дробимости щебня из осадочных и метаморфических пород должны соответствовать требованиям табл. 1, а марки по дробимости щебня из изверженных пород – табл. 2, гравия – табл. 3.

Таблица 1

Марка по дробимости щебня из осадочных и метаморфических пород	Потеря массы при испытании щебня, %	
	в сухом состоянии	в насыщ. водой состоянии
1200	До 11 включ.	До 11 включ.
1000	Св. 11 до 13	Св. 11 до 13
800	Св. 13 до 15	Св. 13 до 15
600	Св. 15 до 19	Св. 15 до 20
400	Св. 19 до 24	Св. 20 до 28
300	Св. 24 до 28	Св. 28 до 38
200	Св. 28 до 35	Св. 38 до 54

Таблица 2

Марка по дробимости щебня из изверженных пород	Потеря массы при испытании щебня, %	
	из интрузивных пород	из эффузивных пород
1400	До 12 включ.	До 9 включ.
1200	Св. 12 до 16	Св. 9 до 11
1000	Св. 16 до 20	Св. 11 до 13
800	Св. 20 до 25	Св. 13 до 15
600	Св. 25 до 34	Св. 15 до 20

Марки по дробимости щебня из гравия и гравия должны соответствовать требованиям табл. 3.

Таблица 3

Марка по дробимости щебня из гравия и гравия	Потеря массы при испытании щебня, %	
	щебня из гравия	гравия
1000	До 10 включ.	До 8 включ.
800	Св. 10 до 14	Св. 8 до 12
600	Св. 14 до 18	Св. 12 до 16
400	Св. 18 до 26	Св. 16 до 24

Целью данной работы является – определить эффективность использования бетонного лома в качестве крупного заполнителя.

Задачи лабораторно-практической работы следующие.

1. Сравнить физико-механические свойства природного крупного заполнителя и заполнителей, полученных из бетонного лома (лабораторная работа № 1).
2. Определить влияние вида крупного заполнителя на прочностные характеристики бетона.

Решение задачи № 1

Средства контроля и вспомогательное оборудование

- пресс гидравлический с максимальным усилием до 500 кН;
- цилиндры стальные с внутренними диаметрами 75 и 150 мм и высотой, соответственно, 75 и 150 мм со съемным дном и плунжером;
- весы настольные циферблатные по ГОСТ 29329;
- сита с отверстиями диаметром 2,5; 5; 10; 20 мм;
- сито с сеткой 1,25 мм;
- шкаф сушильный.

Выполнение работы

Работа выполняется звеньями по 3–4 человека. Первое звено определяет марку природного щебня. Второе звено – заполнителя, полученного термическим методом, третье – заполнителя, полученного механическим способом.

Дробимость щебня определяют по степени разрушения зерен при сжатии (раздавливании) в цилиндре.

Порядок выполнения

Испытывают три вида крупного заполнителя: природный и два вида подготовленного крупного заполнителя на лабораторной работе № 1.

1. Каждую фракцию щебня (гравия) испытывают отдельно. Щебень (гравий) фракции 5-10, 10-20 мм испытывают в сухом состоянии в стальном цилиндре диаметром 75 мм, фракцию 20-40 мм – в цилиндре Ø 150 мм.

2. Из остатков на сите с отверстиями 5 мм, 10 мм отобрать по 2 аналитические пробы массой не менее 0,5 кг каждая.
3. Насыпать в цилиндр пробу щебня (гравия) с высоты 50 мм так, чтобы после разравнивания верхний уровень материала примерно на 15 мм не доходил до верхнего края цилиндра.
4. В цилиндр вставить плунжер так, чтобы плита плунжера была на уровне верхнего края цилиндра. Если верх плиты на плунжере не совпадает с краем цилиндра, то удаляют или добавляют несколько зерен щебня (гравия).
5. Поместить цилиндр на плиту пресса.
6. Увеличивая силу нажатия пресса на 1-2 кН в секунду (100 – 200 кгс) довести ее при испытании щебня (гравия) в цилиндре диаметром 75 мм до 50 кН (5000 кгс).
7. После сжатия испытываемую пробу высыпать из цилиндра и взвесить.
8. Затем ее просеять в зависимости от фракции через сито с отверстиями размером:
 - 1,25 – для щебня фракции 5-10 мм;
 - 2,5 – для щебня фракции 10-20 мм.
9. Взвесить остаток щебня на сите после взвешивания.

Обработка результатов

Дробимость D_p , в % определяют с точностью до 1% по формуле:

$$D_p = (m - m_1) / m * 100,$$

где m – масса аналитической пробы щебня (гравия), г;

m_1 – масса остатка на контрольном сите после просеивания раздробленной в цилиндре пробы щебня (гравия), г.

За результат принимают среднеарифметическое значение двух параллельных испытаний щебня.

При испытании щебня (гравия), состоящего из смеси фракций, дробимость определяют по формуле:

$$D_p = \frac{D_{p5} * a_5 + D_{p10} * a_{10}}{a_5 + a_{10}},$$

где D_{p5} , D_{p10} – дробимость щебня (гравия), соответственно, 5 – 10, 10 – 20 мм, в %;

a_5 , a_{10} – содержание щебня (гравия), соответственно, фракции 5 – 10, 10 – 20 мм, в % (данные берутся из п.4.5 – определение зернового состава).

По окончании испытаний определяется марка по дробимости щебня и гравия. Решением задачи № 1 должно быть – установление целесообразности использования отходов лома бетона в качестве крупного заполнителя.

Решение задачи № 2

Работа выполняется двумя бригадами. Каждая бригада выполняет одно из нижеуказанных заданий. Характеристика исходных материалов, состав задаются преподавателем.

Перечень приборов, приспособлений и оборудования, необходимых для выполнения лабораторной работы:

- весы лабораторные по ГОСТ 24104;
- набор стандартных сит (КСИ): 5 мм, 20 мм, 40 мм;
- сосуд металлический цилиндрический объемом 1 л;
- формы для изготовления контрольных образцов бетона по ГОСТ 22685;
- лабораторная виброплощадка;
- испытательная машина.

Порядок выполнения

1. Приготовить бетонную смесь на плотном природном заполнителе.
2. Приготовить бетонную смесь с использованием крупного заполнителя, полученного из бетонного лома термическим методом.

3. Приготовить бетонную смесь с использованием крупного заполнителя, полученного из бетонного лома механическим методом.

4. Оценка свойств бетона каждого состава.

Решением задачи № 2 должно быть установление целесообразности использования отходов лома бетона в качестве крупного заполнителя.

Выводом лабораторно-практической работы должно быть установление целесообразности использования отходов лома бетона в качестве крупного заполнителя.

Лабораторно-практическая работа № 3

ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕТОННОГО ЛОМА В КАЧЕСТВЕ МЕЛКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ

Песок – мелкий заполнитель, в бетонной смеси наиболее тесно связан с цементным тестом, составляя с последним растворную часть. Чем больше песка вводится в смесь, тем большей (при прочих равных условиях) оказывается вязкость растворной части (вязкость необходима для поддержания крупного заполнителя во взвешенном состоянии во избежание расслаивания бетонной смеси), тем меньшим будет расход цемента. Однако чрезмерное содержание песка приводит к снижению прочности бетона. Поэтому содержание песка должно быть оптимальным.

Песок в зависимости от значений нормируемых показателей качества (зернового состава, содержания пылевидных и глинистых частиц) подразделяют на два класса (первый и второй).

В зависимости от зернового состава песок подразделяют на группы по крупности:

1 класс – очень крупный, повышенной крупности, крупный, средний и мелкий.

2 класс – очень крупный, повышенной крупности, крупный, средний, мелкий, очень мелкий, тонкий и очень тонкий.

Каждую группу песка характеризуют значением модуля крупности и полным остатком на сите № 063, указанным в табл. 1.

Содержание зерен крупностью свыше 10, 5 и менее 0,14 мм, а также содержание в песке пылевидных и глинистых частиц, а также глины в комках не должно превышать значений, в % по массе (не более), указанных в табл. 2.

Природный песок при обработке раствором гидроксида натрия (колориметрическая проба на органические примеси по ГОСТ 8735) не должен придавать раствору окраску, соответствующую или темнее цвета эталона.

Таблица 1

Группа песка

Группа песка	Модуль крупности (M_k)	Полный остаток на сите № 063, в % по массе
Очень крупный	Свыше 3,5	Свыше 75
Повышенной крупности	От 3,0 до 3,5	65 – 75
Крупный	От 2,5 до 3,0	45 – 65
Средний	От 2,0 до 2,5	30 – 45
Мелкий	От 1,5 до 2,0	10 – 30
Очень мелкий	От 1,0 до 1,5	до 10
Тонкий	От 0,7 до 1,0	Не нормируется
Очень тонкий	До 0,7	Не нормируется

Таблица 2

Класс песка

Класс и группа песка	Содержание зерен крупностью			Содержа- ние пыле- видных и глинис- тых ч-ц	Содер- жание глины в комках
	свыше 10 мм	свыше 5 мм	менее 0,16 (0,14) мм		
I класс					
Очень крупный	Не нормируется			-	-
Повышенной круп – ти Крупный и средний	0,5	5	5	2	0,25
Мелкий	0,5	5	10	3	0,35
II класс					
Очень крупный Повышенной круп – ти	5	20	10	-	-
Крупный и средний	5	15	15	3	0,5
Мелкий и очень мелкий	0,5	10	20	5	0,5
Тонкий и очень тонкий	Не допускается		Не норм.	10	1,0

Целью данной работы является – определить эффективность использования бетонного лома в качестве мелкого заполнителя.

Задачи лабораторно-практической работы:

1. Сравнить свойства природного мелкого заполнителя и заполнителей, полученных из бетонного лома (лабораторная работа № 1).
2. Определить влияние вида мелкого заполнителя на прочностные характеристики бетона.

Решение задачи № 1

Средства контроля и вспомогательное оборудование.

- весы по ГОСТ 23711, ГОСТ 24104;
- набор сит по ГОСТ 6613 с сетками 1,25; 0,63; 0,315; 0,14 и сита с круглыми отверстиями 10; 5; 2,5 мм.

Выполнение работы

Работа выполняется звеньями по 3-4 человека. Первое звено определяет модуль крупности природного мелкого заполнителя. Второе звено – заполнителя, полученного термическим методом, третье – заполнителя, полученного механическим способом.

Порядок выполнения

1. Взвесить 2 кг высушенного непросеянного песка.
2. Просеять его через сита с круглыми отверстиями диаметрами 10 и 5 мм.
3. Взвесить остатки на ситах 10 и 5 мм.

Вычислить содержание в песке фракции гравия с размером зерен от 5 до 10 мм (G_{p5}) и свыше 10мм (G_{p10}) в процентах по массе по формулам:

$$G_{p10} = M_{10} / M * 100;$$

$$G_{p5} = M_5 / M * 100,$$

где M_{10} – остаток на сите с отверстиями диаметром 10 мм, г;

M_5 – остаток на сите с отверстиями диаметром 5 мм, г;

M – масса пробы, г.

4. Из части пробы песка, прошедшего через сито с отверстиями диаметром 5 мм, отобрать навеску массой 1000 г (1 кг) для определения зернового состава песка.

5. Просеять 1 кг песка через набор сит с круглыми отверстиями диаметром 2,5 мм и сетками № 1,25; 0,63; 0,315; 0,14.

Просеивание производят механическим или ручным способами. Продолжительность просеивания должна быть такой, чтобы при контрольном интенсивном ручном встряхивании каждого сита в течение 1 минуты через него проходило не более 0,1% общей массы просеиваемой навески.

При ручном просеивании допускается определять окончание просеивания, интенсивно встряхивая каждое сито над листом бумаги. Просеивание считают законченным, если при этом практически не наблюдается падение зерен песка.

Обработка результатов

По результатам просеивания вычисляют:

- частый остаток на каждом сите (a_i) в % по формуле:

$$a_i = m_i / m * 100,$$

где m_i – масса остатка на данном сите, г;

m – масса просеиваемой навески, г.

- полный остаток на каждом сите (A_i) в % по формуле:

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + a_{0,63} + a_{0,315} + \dots + a_i,$$

где $a_{2,5}$, $a_{1,25}$, $a_{0,63}$, $a_{0,315}$. . . a_i – частные остатки на соответствующих ситах;

- модуль крупности песка (M_k) без зерен размером крупнее 5 мм по формуле:

$$M_k = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14}) / 100 ,$$

где $A_{2,5}$, $A_{1,25}$, $A_{0,63}$, $A_{0,315}$, $A_{0,14}$ – полные остатки на соответствующих ситах.

Результат определения зернового состава песка оформляют в таблице или изображают графически в виде кривой просеивания.

Таблица 3

Остатки на ситах

№ сита	Остаток на ситах, г	Остатки на ситах, %	
		частные	полные
2,5	$m_{2,5}$	$a_{2,5}$	$A_{2,5}$
1,25	$m_{1,25}$	$a_{1,25}$	$A_{1,25}$
0,63	$m_{0,63}$	$a_{0,63}$	$A_{0,63}$
0,315	$m_{0,315}$	$a_{0,315}$	$A_{0,315}$
0,14	$m_{0,14}$	$a_{0,14}$	$A_{0,14}$
дно	$m_{дно}$	$a_{дно}$	$A_{дно}$

По окончании испытаний определяется модуль крупности песка. Решением задачи № 1 должно быть установление целесообразности использования отходов лома бетона в качестве мелкого заполнителя.

Решение задачи № 2

Работа выполняется двумя бригадами. Каждая бригада выполняет одно из нижеуказанных заданий. Характеристика исходных материалов, состав задаются преподавателем.

Перечень приборов, приспособлений и оборудования, необходимых для выполнения лабораторной работы:

- весы лабораторные по ГОСТ 24104;
- набор стандартных сит (КСИ): 5 мм, 20 мм, 40 мм
- сосуд металлический цилиндрический объемом 1 л;
- формы для изготовления контрольных образцов бетона по ГОСТ 22685;
- лабораторная виброплощадка;
- испытательная машина.

Порядок выполнения

1. Приготовить бетонную смесь на плотном природном заполнителе.
2. Приготовить бетонную смесь с использованием мелкого заполнителя, полученного из бетонного лома термическим методом.
3. Приготовить бетонную смесь с использованием мелкого заполнителя, полученного из бетонного лома механическим методом.
4. Оценка свойств бетона каждого состава.

Решением задачи № 2 должно быть установление целесообразности использования отходов лома бетона в качестве мелкого заполнителя.

Выводом лабораторно-практической работы должно быть установление целесообразности использования отходов лома бетона в качестве крупного заполнителя.

Лабораторно-практическая работа № 4

ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГИДРАТИРОВАННОГО ЦЕМЕНТА В КАЧЕСТВЕ АКТИВНОЙ ДОБАВКИ В ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНАХ

Теория твердения портландцемента развивается на базе основополагающих работ Ле-Шателье, Михаэлиса, А.А. Байкова, П.А. Ребиндера и других выдающихся ученых. Большой вклад в науку о вяжущих веществах внесли П.И. Боженков, П.П. Будников, Ю.М. Бутт, А.В. Волженский, В.А. Воробьев, С.И. Дружинин, В.А. Кинд, О.П. Мчеделов-Петросян, В.Н. Юнг и др.

В данной работе мы будем исследовать влияние гидратированного цементного камня, как активной добавки к портландцементу или его полной замены.

Гипотеза основана на представлении строения цементного камня В.Н. Юнгом. **Микроструктура цементного камня** состоит из непро-реагированных частиц цемента, новообразований и микропор различных размеров, микроструктура цементного камня напоминает строение бетона и поэтому была названа профессором В.Н. Юнгом микробетоном.

Сущность способа вторичного использования гидратированного цемента

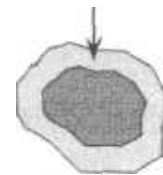
Активность цемента теряется при его взаимодействии с влагой и в том числе с влагой воздуха (рис. 1 а, б).

Бетоны не являются после их разрушения и даже длительного хранения химически активными продуктами.



а

Гидратированная часть
цементного зерна



б

Рис. 1: а) цементное зерно; б) частично гидратированное цементное зерно

Как видно из рис. 1, процесс гидратации частицы цемента с поверхности. По мере увеличения толщины слоя гидратных новообразований, процесс дальнейшей гидратации постепенно затухает. Таким образом, цемент теряет свою активность. Для дальнейшего использования этого вяжущего необходимо снять с поверхности частиц гидратную оболочку путем дополнительного помола цемента. Прочность гидратов ниже, поэтому они после помола имеют большую дисперсность, чем частицы цемента.

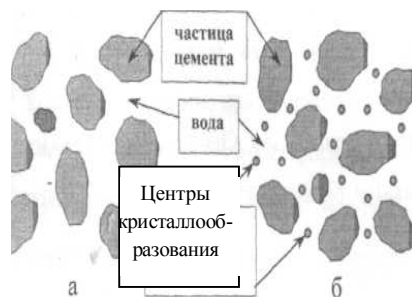


Рис. 2: а) свежий цемент; б) молотый гидратированный цемент

Зачастую активность молотого гидратированного цемента (МГЦ) выше активности свежего цемента до момента гидратации. Это связано с тем, что при затворении МГЦ водой процесс кристаллообразования происходит быстрее за счет появления центров кристаллизации (рис. 2). В то время как в свежем цементе происходит длительное формирование кристаллических центров, в МГЦ они уже есть, в виде гидратированного цемента, и поэтому

процесс роста кристаллов схватывания и твердения там протекает, намного быстрее.

Такие центры кристаллообразования называют затравками, и они относятся к добавкам третьего класса (В.Б. Ратинов, Т.И. Розенберг «Добавки в бетон»). Также к затравкам относится 2-водный гипс, который используется при производстве изделий из полуводного гипса.

Примечание

Бетоны не являются после их разрушения и даже длительного хранения химически активными продуктами.

Целью данной работы является утилизация гидратированного цемента и использование его в качестве затравки для ускорения процессов твердения цементных растворов или для полной его замены.

Задачи лабораторно-практической работы:

1. Дать характеристику порошкообразного материала. Определить удельную поверхность вяжущего.
2. Оценить активность промышленно выпускаемого портландцемента и вяжущего на основе прогидратированного цемента.

Решение задачи № 1

Определить насыпную плотность и удельную поверхность (ПСХ-12) всех порошкообразных образцов.

Решение задачи № 2

1. Приготовить растворную смесь на промышленно выпускаемом цементе (ПЦ 400, ПЦ 500).

2. Приготовить растворную смесь с использованием гидратированного вяжущего, полученного термическим способом.

3. Приготовить растворную смесь с использованием гидратированного вяжущего, полученного механическим способом.

Перечень приборов, приспособлений и оборудования, необходимых для выполнения лабораторной работы:

- весы лабораторные по ГОСТ 24104;
- встряхивающий столик;

– формы для изготовления контрольных образцов бетона по ГОСТ 310.4;

– лабораторная виброплощадка;

– испытательная машина.

Работа выполняется в следующем порядке

Работа выполняется бригадами по 2-3 человека. Каждая бригада выполняет одно из вышеуказанных заданий.

Приготовление растворов по ГОСТ 310.4: в чашу, засыпается необходимое количество всех компонентов раствора. После тщательного перемешивания раствора определяется его расплыв на встряхивающем столике. Диаметр расплыва должен составлять 106-115 мм. Для определения расплыва на встряхивающий столик устанавливают стандартный конус. Внутреннюю поверхность конуса и диск столика перед испытанием протирают влажной тканью. Заполняют раствором форму-конус на половину высоты и уплотняют 15 штыкованием металлической штыковкой. Затем наполняют конус раствором с небольшим избытком и штыкуют 10 раз. После уплотнения верхнего слоя избыток раствора удаляют ножом. Нож предварительно протирают влажной тканью. Затем снимают конус в вертикальном направлении. Раствор встряхивают на столике 30 раз за (30 ± 5) с, после чего штангенциркулем измеряют диаметр конуса по нижнему основанию и двух взаимно перпендикулярных направлениях и берут среднее значение. Расплыв конуса с $B/C=0,40$ должен быть в пределах 106-115 мм. Если расплыв конуса окажется менее 106 мм, количество воды увеличивают для получения расплыва конуса 106-108 мм. Если расплыв конуса окажется более 115 мм, количество воды уменьшают для получения расплыва конуса 113-115 мм.

Водоцементное отношение, полученное при достижении расплыва конуса 106-115 мм, принимают для проведения дальнейших испытаний.

4. Оценка свойств каждого вяжущего. Испытание контрольных образцов по ГОСТ 310.4.

На основании полученных данных делают выводы и выбирают оптимальные составы, позволяющие получить максимальную прочность. Составы заносятся в табл. 1.

Таблица 1

Оптимальный состав

№	Цемент, г	МГЦ,		Песок, г	Вода, мл	Расплав, мм	Прочность, МПа	
		г	Способ получения				R _{изг}	R _{сж}
1	500	0		1500				
2	400	100	термический	1500				
3	250	250	термический	1500				
4	0	500	термический	1500				
5	400	100	механический	1500				
6	250	250	механический	1500				
7	0	500	механический	1500				

Выводом лабораторно-практической работы должно быть установление целесообразности использования отходов вяжущего из лома бетона в качестве затравки для ускорения процессов твердения цементных растворов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баженов Ю.М. Технология бетона.– М.: Изд-во АСВ, 2003 – 500 с.
2. ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. Технические условия.
3. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия
4. Ицкович С.М., Чумаков Л.Д., Баженов Ю.М. Технология заполнителей бетона: учеб. для строит. вузов. – М.: Высшая школа, 1991. – 272 с.
5. ГОСТ 8735-88. Песок для строительных работ. Методы испытаний.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторно-практических работ по дисциплине
**«Безотходные технологии в производстве строительных материалов
изделий и конструкций»**

для студентов направления подготовки 08.04.01 «Строительство»
по программе магистратуры «Инновационные технологии высокопрочных
и высокофункциональных бетонов»

Квалификация (степень) выпускника – Магистр

Составители: Красникова Наталья Михайловна,
Хозин Вадим Григорьевич,
Морозов Николай Михайлович,
Хохряков Олег Викторович