

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Архитектурно-строительный институт

(наименование института полностью)

Кафедра «Промышленное, гражданское строительство и городское хозяйство»

(наименование кафедры)

08.04.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки, специальности)

«Техническая эксплуатация и реконструкция зданий и сооружений»

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему «Определение прочностных и деформативных параметров тяжелых бетонов на крупных заполнителях из боя кирпича»

Студент

Х. У. Тагоев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

Д. С. Тошин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

руководитель

Руководитель программы

д.т.н., доцент, В. А. Ерышев

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

«_____» _____ 20____ г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой ПГСигХ

к.т.н., доцент, Д. С. Тошин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

«_____» _____ 20____ г.

Тольятти 2018

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
Глава 1 Теоретический обзор состояния проблемы	6
1.1 Тяжелый бетон.....	6
1.2 Бой кирпича как материал для получения заполнителей бетона.....	17
1.3 Использование отсевов дробления ККБ и ПБК в качестве наполнителя в многокомпонентных бетонах.....	19
1.4 Экологические аспекта применения вторсырья для изготовления строительных конструкций.....	22
Глава 2 Характеристика исходных материалов, применяемые приборы и методика исследований	28
2.1 Разработка программы проведения испытаний опытных образцов	28
2.2 Характеристики материалов	28
2.2.1 Результаты испытания кирпича.....	29
2.2.2 Прочностные характеристики крупного заполнителя из боя кирпича....	36
2.3 Методики, приборы и оборудование для проведения исследований	37
2.4 Результаты испытания кубов и призм, изготовленных с применением боя кирпича.....	38
Глава 3 Техничко-экономическое обоснование применению керамобетонов	60
3.1 Технология керамобетона на основе вторичных заполнителей из отходов ККБ и ПБК	60
3.2 Экономическое обоснование эффективности производства керамобетонов с использованием заполнителей из ККБ и ПБК.....	61
3.3 Рекомендации по применению керамобетонов	66
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	69
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	70
ПРИЛОЖЕНИЕ А	73
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	74
ПРИЛОЖЕНИЕ В	75
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	76

ВВЕДЕНИЕ

В современное время опережающей экономки разрабатываются все новые методы снижения затрат на строительство. В данной работе будет произведен эксперимент по включению крупных заполнителей в бетонную смесь боем керамического кирпича, вместо привычных классических заполнителей.

Данный эксперимент будет проводиться с целью выяснить, необходимость замены заполнителя, так как в экономическом смысле использования строительных отходов в новом строительстве, существенно снизит затраты на воспроизводство строительных изделий.

Так же вследствие необходимости утилизации строительных отходов, данный проект имеет перспективу на дальнейшее развитие, так как на данное время старый жилой фонд имеет не выгодное положение по сравнению с новым типом строительства. Поскольку старый жилой фонд в большей степени возводился из кирпичного материала, вследствие этого до 75% отходов, после сноса подобных построек, остается по всей стране, и необходимость применить этот материал в данном проекте довольно высока, так как количество зон накопления подобного строительного мусора увеличивается в геометрической прогрессии.

Таким образом, необходимо решить задачи по способу изготовления боя из кирпича и способу добавления полученного материала, для сбалансированного заполнения бетонной смеси.

Ввиду этого инструментами тестирования стали пресс, измерительные инструменты, и обоснованные формульные расчеты с приведенными графиками.

Новизна научной работы в том, чтобы применять кирпичный бой в качестве крупного заполнителя, для строительства тяжелых сооружений.

Похожие научные изыскания освещались такими авторами как: Соколов Андрей Александрович и Хаджиев Магомед Рамзанович.

Актуальность: Снос здания с минимальным отходом и повтором использованием строительных материалов в строительстве новых зданий. Обычно решение о сносе здания принимается не по причине состояния кирпича. Часто старое здание перестает отвечать современным требованиям, и принимается решение о его реконструкции. После сноса здания кирпичи подлежат восстановлению, переработке или повторному использованию. Благодаря своей минеральной структуре кирпич с площадок сноса после переработки может использоваться в качестве:

- заполнителя для бетона;
- красного дробленого кирпича для покрытия на теннисных кортах;
- субстрата для растений.

Поскольку кирпич изготавливается исключительно из натурального сырья, он не оказывает вредного действия при контакте с грунтовыми или поверхностными водами.

Цель: Экспериментальная оценка прочностных и деформативных параметров бетонов на крупных заполнителях из боя керамического кирпича с разработкой рекомендаций по применению в строительстве.

Задачи:

- Анализ опыта применения альтернативного крупного заполнителя при изготовлении тяжёлого бетона.
- Изготовления опытных образцов с крупными заполнителями из боя керамического кирпича.
- Получение опытных данных по прочностным и деформативным параметрам тяжелого бетона.
- Оценка полученных результатов с рекомендациями о возможности практического применения тяжелого бетона на крупных заполнителях из боя кирпича.

Объект исследования: - тяжелый бетон на крупных заполнителях из боя кирпича.

Предмет исследования - прочностные и деформационные параметры бетонов.

Методами исследования стали лабораторный пресс, измерительные инструменты, и обоснованные формульные расчеты с приведенными графиками.

Научная новизна исследования: в том, чтобы применять кирпичный бой в качестве крупного заполнителя, для строительства тяжелых сооружений.

Апробация результатов исследования: Достоверность результатов исследования подтверждена приведенными в диссертации теоретическими разработками и практическим рекомендациями.

Результаты ВКР обобщены и опубликованы автором в 1-х научных статьях:

Тагоев, Х.У. Определение прочностных и деформативных параметров тяжелых бетонов на крупных заполнителях из боя кирпича / Х.У. Тагоев // Вопросы науки и образования: новое время. - 2017. №8 (9). - С. 31-34.

Глава 1 Теоретический обзор состояния проблемы

1.1 Тяжелый бетон

Бетон является самым востребованным строительным материалом. Он состоит из цемента, песка, воды и заполнителя. Также для улучшения характеристик в состав бетона включают различные добавки. В зависимости от типа заполнителя различают несколько видов – особо тяжелые, тяжелые, облегченные, тяжелые, особо тяжелые бетоны. Несмотря на большое разнообразие, наиболее популярным и широко используемым является тяжелый бетон. Он применяется не только в частном и гражданском строительстве, но и в промышленности, при возведении крупных заводов, строительстве мостов и АЭС.

Для получения тяжелых бетонов используются особые заполнители, которые обладают повышенной прочностью, надежностью и, соответственно, более тяжелым весом. Тяжелый бетон является достаточно плотным материалом, его плотность достигает 2500кг/м³ [1].

Состав тяжелых бетонов:

1. Цемент. Для приготовления берется определенная марка цемента, например, М400 или М600. За основу можно также взять портландцемент, он придает бетону максимальную прочность.

2. Вода. Чистая вода, без примесей кислот (органических или минеральных), жиров, позволяет сделать состав смеси более однородным, не нарушает баланс песка и добавок.

3. Чистый песок. Важно, чтобы песок не имел примесей глины. Глина в составе бетона ухудшает его свойства. Для тяжелых бетонов используется песок с крупными зернами, они позволяют сделать смесь более прочной.

4. Заполнитель. Он является ключевым показателем, который и определяет марку получившегося бетона. Для тяжелых бетонов используется заполнитель из горных пород, такой как щебень, гранит. Дополнительную прочность может придать мраморная крошка. Хотя цены на нее достаточно

высокие, но коэффициент надежности при ее применении увеличивается в несколько раз. Диаметр зерен заполнителя достигает 7 см.

5. Добавки. Специальные добавки позволяют улучшить уже существующие характеристики бетонной смеси. Каждая добавка выполняет определенную функцию. Некоторые способны сократить срок застывания цемента и ускорить строительные работы. Другие обеспечивают дополнительную устойчивость к перепадам температур. Все добавки выбираются в зависимости от того, какие цели преследуются в процессе строительства.

Для показателя качества бетона используется специальная маркировка. К классу тяжелых бетонов относятся марки от М100 до М500. Определяющими характеристиками при производстве тяжелого бетона является количество цемента в бетонной массе и вид заполнителя.

Основные характеристики и свойства:

Для определения степени качества тяжелых бетонов существует ряд показателей:

Прочность. Главным показателем является прочность на сжатие. Тяжелый бетон должен выдерживать большие нагрузки. Показатель прочности должен соблюдаться не только при приготовлении бетонной смеси, но и при выполнении всего объема строительных работ. Ведь бетон – материал неоднородный и поэтому колебания прочности при его применении неизбежны. Чем выше марка цемента, который используется при изготовлении бетонной смеси и выше соотношения состава цемент-вода, тем выше показатель прочности бетона.

Класс бетона. При выборе тяжелых бетонов необходимо обращать внимание именно на этот показатель, ведь помимо марки бетона, которая позволяет определить количество бетона и качество заполнителя, существует понятие класса. Класс бетона позволяет определить предел прочности на сжатие и предел прочности на растяжение. Для прочности на сжатие

используется обозначение B и измерение в МПа. Для показателя осевого растяжения применяется индекс. Показатель растяжения тяжелых бетон в несколько раз хуже показателей его прочности.

Морозостойкость. Этот показатель оказывает существенное влияние на прочность. При поочередном замораживании и оттаивании – естественных природных процессах, происходит накопление и испарение влаги в бетоне. Изменение водного состава снижает прочность бетона. Поэтому тяжелые бетоны должны быть устойчивы к воздействию температур. Индекс F позволяет измерить показатель морозостойкости бетона.

Водонепроницаемость. При повышенном воздействии воды или ее давлении прочность бетона должна оставаться неизменной. Показатель водонепроницаемости W позволяет определить эту устойчивость.

К основным свойствам тяжелых бетонов относятся:

1. Теплопроводность. Показатель теплопроводности бетона достаточно высок, поэтому его использование при отделке в чистом виде полностью исключено.

2. Пористость. Несмотря на свою плотность, в массе бетона имеются поры. Они образуются путем закупоривания капель воды. Полностью избавиться от пор невозможно, но тщательное перемешивание бетона при его изготовлении и производстве позволяет сократить их количество.

3. Усадка и деформация. При выборе тяжелых бетонов также стоит учитывать, что они дают естественную усадку и деформацию в течение 2-3 лет. С течением времени склонность к деформации увеличивается, несмотря на то, что бетон является достаточно прочным и долговечным строительным материалом [10].

Все свойства, характеристики и особенности тяжелых бетонов необходимо обязательно учитывать при строительстве.

Производство тяжелых бетонов:

Пропорции для производства тяжелого бетона могут отличаться друг от друга в зависимости от вида смеси, которую необходимо получить и целей строительства.

Наиболее распространенными являются следующие пропорции:

Цемент – 1 часть (лучше всего использовать цемент высоких марок).
Песок – 2 части (в зависимости от вида строительства может использоваться и мелкозернистый, но в целом для производства тяжелых бетонов предпочтительнее использование песка с крупными зернами).
Заполнитель – 4 части (от обычного крупного щебня до природного мрамора и гранита).

Вода – 0,8 частей.

Существует определенная технология производства тяжелого цемента.

1. Первоначально в емкость для замешивания бетонной массы заливается нужное количество воды.
2. При непрерывном перемешивании добавляются цемент, песок, заполнитель.
3. Затем добавляются все необходимые добавки, пластификаторы, с учетом целей строительства и области применения бетона.
4. Полученный раствор тщательно перемешивается до получения более-менее однородной массы.

Процесс производства тяжелых бетонов достаточно сложный и трудоемкий. Самостоятельное его изготовление даже при небольших объемах работы затруднено. Ведь процесс правильного перемешивания является одним из ключевых процессов в изготовлении качественного бетона. Даже малые объемы производства затрудняются из-за применения тяжелых заполнителей. При больших объемах производство тяжелого бетона вообще невозможно. Поэтому лучше всего приобретать тяжелый бетон у заводов-изготовителей. Только крупные производители способны изготовить его в соответствии со всеми техническими требованиями и с полным

соблюдением технологии производства. Тяжелый бетон считается универсальным, поэтому изготавливается на всех заводах. Перед тем как его приобрести, необходимо обговорить с представителями завода цели, для которых он производится, состав, а также проверить сертификаты соответствия на готовую продукцию и сырье для производства. Весь процесс производства должен выполняться строго в соответствии с ГОСТ [2].

Классификация:

Несмотря на достаточно простой состав, тяжелый бетон имеет свою классификацию. В зависимости от целей строительства различают несколько видов:

- **Высокопрочный.** Для производства используется лучший цемент, самых высоких марок, чистый песок и крупный и прочный щебень. Для получения такого бетона при его производстве используют особую технологию вибрирования, она позволяет сделать бетон более плотным. Для достижения особой прочности используются специальные пластификаторы. Железобетонный. Предназначен специально для строительства ЖБ блоков, перекрытий, сооружений.

- **Быстротвердеющий.** Основа – быстротвердеющий цемент, а также различные добавки, например, хлористый водород. Благодаря им, срок застывания цемента становится минимальным, при этом качество бетона несколько не ухудшается.

- **Гидротехнический.** Специальная разновидность бетона, который предназначен для проведения работ в условиях повышенной влажности. Такой бетон способен выдерживать воздействие воды в течение длительного времени и гораздо медленнее поддается разрушению.

- **Дорожный.** Предназначен для покрытия дорог, способен выдерживать большие технические нагрузки.

- **Литой.** Для его производства используется специальный быстротвердеющий цемент, пластификаторы и сравнительно большое

количество воды. Главное при производстве такого бетона – предупредить расслаивание.

- Мелкозернистый. Отличается наличием цементных камней и отсутствием крупных и тяжелых компонентов заполнителя. Применяется в основном при закладке сооружений с тонкими стенами.

- Кислотоупорный. Устойчив к воздействию самых сильных кислот, незаменим при строительстве сооружений химической направленности.

- Жаростойкий. Этот вид тяжелого бетона способен выдерживать достаточно высокие температуры. При этом его прочность остается по-прежнему высокой. Промышленные печи с температурой до 12000С полностью изготавливаются из этой разновидности бетона.

- Бетонополимеры. Бетон, который пропитывается смолами и заполняется полимерами. Имеет высокую прочность и долговечность.

- Декоративный. Для его производства могут применяться красители и особый вид заполнителя, например, мраморные камни с интересным природным окрасом. Такой бетон широко используется при возведении парков и аллей, украшении тротуарных дорожек и бордюров. Также популярным является применение декоративных видов бетона для украшения фасадов зданий.

Также различают несколько разновидностей тяжелого бетона в зависимости от типа заполнителя, вида песка и категории пластификаторов и активных добавок.

Области применения:

Тяжелые бетоны нашли свое применение в довольно крупных областях промышленного строительства.

1. Производство железобетонных конструкций. Для придания повышенной прочности бетону и в целях сокращения времени затвердевания

используются специальные добавки на минеральной основе, а также тепловая обработка.

2. Строительство гидросооружений. Данный вид строительства – процесс особенно трудоемкий и сложный. Поэтому требования к классу и марке бетону предъявляются самые высокие. Для устойчивости всех сооружений используется тяжелый бетон, он обладает повышенной устойчивостью к воздействию влаги и способен прослужить достаточно длительный срок под или над водой, а также в условиях повышенной влажности.

3. Покрытие автомагистралей и дорог аэродромов. Только тяжелый бетон способен выдерживать значительные нагрузки. Из него создаются специальные дорожные плиты, они не разрушаются в результате постоянного воздействия тяжелой техники. К тому же высокая степень морозоустойчивости позволяет сделать дорожные покрытия более долговечными даже в самых суровых погодных условиях.

4. Заливка монолитных фундаментов. Для закладки фундаментов любого объекта промышленного назначения используется тяжелый бетон.

5. Закладка стен и перекрытий при строительстве объектов, требующих особого уровня надежности. Стены банковских хранилищ, государственных объектов, заводов с вредными условиями труда, закладываются только при применении тяжелого бетона.

Тяжелый бетон применяется во всех видах конструкций, которые предназначены для повышенных нагрузок. Его характеристики позволяют сделать его достаточно востребованным, а все изделия, выполняемые из тяжелого бетона, отличаются высоким уровнем надежности и прочности. В сочетании с достаточно доступными ценами незаменимость тяжелых бетонов увеличивается в несколько раз.

Приготовление:

Для того чтобы начать приготовление бетона и правильно соблюсти все пропорции, первоначально следует определиться, с маркой бетона и классом прочности на его сжатие, так как от этого будет зависеть непосредственно сам состав бетона.

Чаще всего, частные застройщики возводят одноэтажные или двухэтажные постройки. В любом случае, на класс по прочности относительно сжатия и марку бетона влияет тип строительных работ, где этот стройматериал будет в дальнейшем использоваться.

Так, при изучении нормативных документов и разного рода справочников, предназначенных для строителей, можно увидеть следующие рекомендации:

- При строительстве массивных бетонных фундаментов в сухих грунтах, можно использовать класс бетона В 7,5 - жесткой консистенции. А в качестве заполнителя разрешается применять кирпичный щебень, т.е., другими словами, битый кирпич, или если хотите, то измельченный кирпичный бой. Из бетона такого же класса, только уже с легко пластичной консистенцией, можно возводить наружные лестницы, ступеньки перед входом в дом, лестницу в подвал дома.

- Для такого же типа фундаментов возводимых во влажных грунтах, уже лучше использовать бетон класса В10, той же самой жесткой консистенции.

- Для массивных бетонных фундаментов, возводимых в водонасыщенных типах грунта, лучше всего подойдет бетон жесткой консистенции класса В15. Кстати, такой бетон рекомендуется применять и при строительстве выгребных ям и отстойников, септиков и т.д. Только в этом случае, его консистенция должна быть легко пластичная.

- В качестве подготовительного слоя под полы, рекомендуется применять бетон жесткой консистенции класса В12,5.

Существуют, конечно, и другие классы прочности бетона на сжатие, но для частного малоэтажного строительства достаточно будет и этих. Для более глубоких познаний следует посмотреть нормативные документы, в частности, такие как: ГОСТ 26633-91; СНиП 82 – 02 – 95 и ряд других документов.

С классами бетона вроде разобрались, теперь надо понять, какая марка бетона соответствует данным его классам прочности.

Марки бетона по прочности:

Бетон класса В7,5 имеет прочность равную 98,2 кгс на см.кв. Ближайшая марка бетона соответствующая ему по прочности - это марка М100. Отклонение марки бетона от средней прочности его класса, в данном случае может составлять + 1,8%.

Класс бетона В10, его прочность составляет 131 кгс на кв. см. Он соответствует марке бетона М150. Здесь отклонение может быть в пределах +14,5%.

Класс прочности бетона В12,5. Ближайшей соответствующей ему маркой бетона является также марка М150, но отклонения уже разрешается в районе -8,4%. Средняя прочность такого бетона равна 163,7 кгс на см квадратный.

Для бетона класса В15, ближайшей соответствующей маркой является марка бетона М200. Средняя прочность данного класса бетона составляет 196,5 кгс на кв. см. А отклонение марки бетона от средней прочности класса может быть +1.8%.

Тут тоже, как и в случае с классами прочности, существуют и другие марки бетона, которые прописаны в соответствующих документах.

Расход цемента для приготовления бетона:

Теперь стоит определиться с тем, сколько надо использовать цемента для заливки одного кубометра монолитных бетонных конструкций, ну

например, ленточного фундамента или отмостки дома. Причем, эти конструкции могут быть как армированными, так и нет [13].

Исходя из нормативных документов, можно сделать следующий вывод, что при использовании цемента М400 для:

- бетона класса прочности на сжатие В 7,5, на заливку 1 куб. метра бетонной конструкции потребуется 180 кг цемента;
- бетона В10 - 200 кг;
- бетона класса В12,5 - 225 кг;
- класса В15 - 260 кг.

Так как основная масса продаваемого в настоящее время цемента - это портландцемент марки М500, то при приготовлении бетона, базовые нормы по расходу цемента приведенные мною выше, следует умножить на коэффициент равный 0,88.

Эта формула расчета цемента, главным образом, может Вам пригодиться для того, чтобы не ошибиться с нужным количеством цемента в момент его покупки.

К примеру, перемножив длину, ширину и глубину Вашего фундамента, Вы получите его объем (кубатуру). А, исходя из того, какой класс прочности бетона Вы будете использовать, уже можно узнать массу необходимого Вам цемента.

Приведу такой пример. Допустим, Вам надо залить фундамент объемом 20 куб. метров, бетоном класса прочности В7,5. Исходя из того, что на 1 кубометр потребуется – 180 кг цемента, на 20 кубов уже будет нужно – 3600 кг цемента М400. А умножив это значение на коэффициент 0,88, мы получим – 3168 кг цемента М500. А дальше уже будет и нетрудно посчитать и количество мешков цемента.

Приготовление бетона – пропорции:

Конечно, в состав бетонного раствора, помимо цемента, входят и другие компоненты. Это песок, щебень и вода. Поэтому, само собой

напрашивается вопрос об их соотношении между собой. Тут многое зависит от характеристик этих составляющих.

Например, какой фракции (размера) используется щебень и песок для приготовления бетона. Понятно, что в промышленном производстве, специалисты пользуются специальными расчетными таблицами, которые можно посмотреть в ГОСТах, СНиПах и прочих нормативных документах.

Приготовление бетона в домашних условиях, такой высокой точности не требует. Существует, как бы общепринятая формула для бетонной смеси. Эта формула весьма условна, и как уже говорилось, зависит от многих факторов: марки цемента, вида щебня (гранитный или известняковый), его фракции (мелкая, средняя или крупная), характеристик песка и т.д. [12].

Соотношение компонентов, находящихся в составе бетона, по этой формуле выглядит таким образом: одна часть цемента, щебень (бой кирпича - четыре части, две части песка и пол - части воды.

Также существует и примерная пропорция приготовления бетона, которая рассчитана на основе веса входящих в него компонентов. Эта пропорция выглядит следующим образом: для приготовления 1 кубометра бетонной смеси, необходимо задействовать - 300кг цемента, 1250 кг щебня (бой кирпича), 600 кг песка и 180 литров воды.

Если при таком раскладе использовать цемент М400, то считается что получится бетон марки М250, а если брать цемент М500, то бетон уже будет иметь марку М350.

Для того чтобы приготовить бетонный раствор более низкой марки, надо соответственно уменьшить содержание в нем цемента. Сколько надо его использовать, я уже писал выше.

Определение состав бетона:

Для определения состав бетона существует очень простой и доступный способ. Состоит он в следующем. В пустое ведро необходимо насыпать

бой кирпича или щебень и встряхнуть его с целью равномерно распределить в нем крупный заполнитель.

Затем, при помощи мерной посуды, допустим литровой банки, заливается вода. Заливать воду надо до той поры, пока она не сравняется с верхним краем щебня. Объем этой воды, который вместил в себя щебень, показывает необходимый объем песка.

После этого, щебень из ведра удаляется, а на его место насыпают песок. Песок следует насыпать в том же объеме, сколько было воды, и отмерять его той же банкой. То есть, допустим, если воды вместились семь литровых банок, то и песка надо насыпать тоже семь таких банок.

Затем, снова необходимо залить в ведро воды, пока она не покроет весь песок. В этом случае, вмещенный объем воды, указывает нам необходимый объем цемента.

Ну и последним компонентом является вода. Ее принято использовать в районе 50 – 60% от объема цемента.

В основе этого метода лежит такой простой расчет, что песок заполнит пустоты между щебнем, а цемент сумеет заполнить пустоту между песчинками. В данном случае, прочность бетона будет приблизительно равна прочности щебня, а цементный раствор выполняет как бы роль обычного клея.

1.2 Бой кирпича как материал для получения заполнителей бетона

Битый кирпич появляется при строительстве или на производстве при нарушении технологии изготовления. При использовании отходов кирпича на участке сортировать отколотые куски придется самостоятельно. Можно также приобрести кирпичную крошку и бой на предприятиях, где разбитые кирпичи измельчаются с помощью дробильных машин и затем делятся на фракции.

Существуют следующие типы фракций:

- мелкая — размер крошки щебня 0 – 20 мм;
- средняя — размер крошки 20 – 40 мм;
- крупная — размер крошки 40 – 70 мм или 40 – 100 мм;
- дополнительно выделяют отсев с размером крошки 0 – 10 мм, а также фракцию с размером 0 – 100 мм или 0 – 300 мм.

В строительстве используют, как правило, бой белого и красного кирпича. Материал прочный, морозоустойчивый. Белый вариант отличается лучшей износостойкостью, поскольку менее подвержен деформации под воздействием влаги. Крошка и бой из силикатных кирпичей имеют самую низкую морозостойкость.

Сферы применения кирпичного боя:

Популярные способы применения кирпичного боя в строительстве:

- производство бетона — кирпичная крошка послужит более дешевой альтернативой гравия, готовый материал прочный, не расслаивается при изменении погодных условий;
- строительство и выравнивание дорог — формирование подъездных путей на стройке, укрепление и возведение железнодорожных насыпей, полевых дорог. Кирпичный бой удобно использовать для выравнивания ухабов, после трамбовки крошка хорошо пропускает влагу и со временем превращается в прочный монолит;
- обратная засыпка — для траншей и котлованов, колодцев, ликвидация щелей между фундаментом и грунтом;
- утепление и звукоизоляция — засыпка в деревянных межэтажных перекрытиях, наполнитель в трехслойных стенах;
- дренаж — укрепление заболоченных участков, склонов.

За счет яркого цвета крошки кирпичный бой является популярным материалом для оформления экстерьера зданий, ограждений, дизайна участка. Крошкой украшают цветочные клумбы, альпийские горки.

Использование материала нескольких цветов позволяет структурировать участок и визуально поделить его на секторы.

Битый кирпич — прекрасный вариант для декорирования садовых дорожек. В холодную погоду и слякоть на дорожке не будет скапливаться вода.

Кирпичный бой применяется для строительства габионов — декоративных конструкций из металлической сетки с наполнением. Они хорошо подходят для оформления бортиков, бордюров, деления участка на уровни. Габион можно полностью заполнять битым кирпичом или использовать камни, а для прочности добавлять между слоями кирпичную крошку.

Преимущества использования кирпичного боя:

Использование боя и крошки имеет следующие плюсы:

- удешевление работ, за счет сокращения объема щебня и гравия при замене их кирпичной крошкой;
- высокая прочность и износостойкость готовых конструкций;
- хорошие тепло- и звукоизоляционные характеристики материала;
- возможность использовать кирпичный бой и крошку в холодном и влажном климате без потери функциональности.

Кирпичный бой можно успешно использовать в частном и промышленном строительстве[4].

1.3 Использование отсевов дробления ККБ и ПБК в качестве наполнителя в многокомпонентных бетонах

Кирпич, измельченный в сыпучий строительный материал, обладает долговечностью и простотой в использовании. При этом бой кирпича, имеет разные размеры. Отзывы о бое кирпича, указывают на его дренажные свойства.

Самый минимальный размер, отсев 0-10 мм.

Измельченный кирпич, имеет два основных вида, по способу производства:

Заводской. Кирпич, который при производстве получился с браком, и не был использован в строительстве. Обычно, дробление происходит прямо на заводе-изготовителе, и это самый дорогой вид боя кирпича.

Вторичный. После демонтажа старых зданий, кирпич, который был уже в использовании, измельчают и очищают. Получается вторичный бой бетона, который имеет самую низкую цену на строительном рынке.

Вторичный бой кирпича, имеют разные типы:

Измельченный красный кирпич, самый дешевый.

Силикатный бой кирпича, средняя цена.

Бой кирпича шамотного, высокая стоимость, но меньше чем у заводского боя.

Возможные варианты применения боя кирпича:

- Засыпка выбоин, ям;
- Выравнивание ландшафта;
- Укрепление ползучего грунта;
- При дренажных работах;
- Как теплоизоляционный материал;
- Для строительства проселочных дорог;
- В бетон, как заменитель щебенки.

Для бетонирования, серьезных объектов, бой кирпича применяют в редких случаях, из-за низкого уровня сцепливания.

Материал является вторичным, однако, это отличная альтернатива дорогостоящему щебню или гравия. При разборке зданий целый кирпич отправляется для строительства новых стен, а бой из кирпича находит применение в других сферах. В частном доме и на даче это незаменимое и дешевое строительное сырье.

Бой кирпича бывают:

Габаритный. Размер камушков до 30 см.

Негабаритный. Имеет размер более 40 см.

Качество боя зависит от наличия посторонних примесей и основного состава. По составу кирпичный бой делятся на три группы:

Красный кирпич.

Белый кирпич.

Шамотный кирпич.

В сравнении с боем бетона.

Каждый из этих строительных материалов обладает своими преимуществами и имеет свою область применения. Бетон имеет повышенную стойкость к износу и большой срок эксплуатации, а кирпич является отличным дренажом, намного лучшим, чем бой бетона. Технические характеристики одинаковые как у целого бетона, так и у целого кирпича.

У боя кирпича можно выделить одно преимущество над бетонной крошкой. Он обладает большей морозостойкостью. Дело в том, что когда вода попадает внутрь кирпича, она не разрушает его остаётся в порах, поэтому бой кирпича лучше переносят низкие температуры.

Тем не менее, бой бетона превосходит повышенной прочностью и более износостойкий. При строительстве дороги, он лучше поддается трамбовке.

Использовать вторичный материал — это практично и выгодно, плюс снижает затраты на весь строительный проект. Иногда может смущать тот факт, что кирпич уже находился в использовании и на него влияли мороз и солнце, таком случае приобретите бой кирпича из бракованного нового сырья. Такой кирпич продаётся от завода изготовителя, он еще не использовался для строительства, но имеет некоторые недостатки по форме, поэтому был пущен в расход на дробление.

1.4 Экологические аспекта применения вторсырья для изготовления строительных конструкций

Строительный мусор представляет собой ту часть отходов, которые образовались во время строительства. Согласно СНиП к ним относятся: поврежденный кирпич куски абсолютно любого металла материал бетона оставшиеся куски линолеума прочие остатки строительного хлама.

В настоящее время даже самые современные технологии не позволяют избегать образования такого типа мусора. В России ежемесячно на свалки поступает огромное количество груза (около 300 тонн в неделю), состоящего из строительного мусора, который помещен в контейнер или мешок. В перспективе ценность такого груза велика (его можно использовать как отсыпку для дорог, бетон для фундамента), но утилизация строительного мусора не имеет особой популярности в стране, поэтому полезный материал попросту занимает место на полигонах. Типы строительных отходов СНиП – документ, отражающий нормы и правила, которых обязаны придерживаться строительные организации. Для полноценного ответа на вопрос, что такое строительный мусор, следует подробно разобрать классификацию отходов от стройки. Существует несколько категорий отходов: Первый класс. Сюда входит материал более крупного размера. Он связан с непосредственной очисткой территории строительства от мусора. Как правило, количество груза от подобных отходов велико, поэтому СНиП обязывает на вывоз груза такого типа еще до начала самих работ, предварительно поместив в арендованный контейнер под строительный мусор. Второй класс. Представляет собой ту часть отходов, которые включают в себя упаковочные изделия от стройматериалов, различные составные части последних и прочий материал подобного типа. СНиП разрешает проводить вывоз отходов не сразу, а по мере накопления на строительной площадке. Третий класс. Включает в себя ту часть вторичного материала, связанного с отделкой помещения. Он отличается большими объемами груза, но относительно

небольшим весом. По СНиП вывоз груза проводится после окончания отделочных работ. В процессе отделки материалы складываются в специальный контейнер под строительный мусор. Далеко не все знают, куда выбрасывать скопившийся мусор после ремонта или строительства. Можно ли выбрасывать мусор, относящийся к строительным отходам, вместе с ТКО? СНиП и закон запрещают выбрасывать любой тип мусора в контейнер, предназначенный для бытовых отходов. В противном случае придется платить достаточно внушительный штраф за выброс в несанкционированном месте, поэтому строительные фирмы предпочитают либо вывезти строительный мусор самостоятельно, либо нанять соответствующую организацию. Однако выкидывать такой материал полностью не стоит. Иногда он используется как полезный: остатками бетона и поврежденными кирпичами можно наполнить новый бетон для фундамента или осуществить посыпку дорог. Стоит помнить, что вторичное сырье – не полноценный материал для строительства, однако ответ на вопрос, как использовать строительный мусор, достаточно обширный. Стоимость таких отходов достаточно низкая, да и область применения весьма ограниченная. Кажется, что проще выкинуть непригодный хлам. Однако переработка строительного мусора в России набирает обороты. Асфальт, стекло, битый кирпич обретают новую жизнь.

Рециклинг – представляет собой деятельность, связанную с переработкой отходов, с целью их использования в дальнейшем строительстве. Каждый вид отходов используется в своей сфере. Например: Бетон после переработки в щебень можно использовать как засыпку для дорог или тропинок (именно ту, которую можно увидеть на дорогах в гололед). Помимо этого остатки бетона можно использовать в качестве добавки в основной бетон для создания фундамента. Щебень активно используется при создании временных дорог. Переработанный асфальт заново используют при строительстве дорог, однако перед этим его

необходимо обработать при крайне высоких температурах. Такая процедура является относительно дорогостоящей, но крайне эффективной. Арматура. Имеет самую большую область применения, но в большинстве случаев это сфера строительства. Преимуществ у рециклинга огромное количество, тем не менее, организации предпочитают работать по старинке, не задумываясь о последствиях и опасности своих действий. Многие до сих пор считают, что осуществлять вывоз и выбрасывать строительный мусор в мешки дешевле, нежели перерабатывать его.

Опасность строительного мусора по классам.

Класс опасности отходов формирует следующую классификацию: чрезвычайно высокая опасность; высокая опасность; умеренно опасные; слабо опасные; неопасные.

Первый и второй класс груза представляет собой часть отходов с высоким уровнем опасности, как для человека, так и для окружающей среды. Обращение с такими отходами должно быть предельно осторожным. Закон говорит о том, что такой мусор не только следует вывозить на специализированном транспортном средстве, помещая в специальный контейнер, но еще и проводить особые меры по нейтрализации. Если эти отходы попадут в воздух или воду, то природа и все человечество пострадает, поэтому использовать мешки при вывозе нельзя. Утилизация строительного мусора высоко опасного вида должна осуществляться только с использованием арендованного контейнера. После такой утечки экология будет восстанавливаться около 30 лет. Сюда входят все средства, которые содержат токсины, аллергены и прочие химические соединения: лак, краска и т.д. Мешки неспособны «сдерживать» подобные элементы. Также следует знать, куда вывезти строительный мусор высокого класса опасности. Прежде всего, его необходимо отправить на предприятие, специализирующееся на обезвреживании опасных веществ. Четвертый и пятый класс груза представляет ту часть стандартных отходов от строительной деятельности:

кирпич, остатки бетона, обои. Именно эти материалы чаще всего подвергаются переработке и используются в дальнейшем (чаще всего в отсыпке дорог или заливании фундамента). Такие отходы не требуют особых условий касательно вопроса, как вывезти строительный мусор. Достаточно просто упаковать их в мешки и перевозить любым удобным способом. В третий класс входят различные провода и растворители, которые потеряли свойства и поэтому считаются неопасными. Стоит отметить, что именно закон и СНиП устанавливает порядок вывоза и переработки строительного мусора, соблюдать который обязательно. За выброс строительного мусора в несанкционированных местах и неправильную транспортировку на компанию налагается административное наказание в виде штрафных санкций.

Существует множество объективных причин, по которым следует вывозить вторичный материал и в дальнейшем его перерабатывать: Закон. Он обязывает компании вывозить отходы, однако перерабатывать вторичный материал закон не принуждает. Но сделать это следует хотя бы по той причине, что это позволит сэкономить средства на будущих этапах строительства. Экономия времени и денег. Своевременное освобождение строительной площадки от ненужных отходов позволит сэкономить время и расширить территорию на складирование новых материалов, а дальнейшая переработка вывезенного сырья позволит внедрить его в производство.

Куда и как вывозятся отходы со стройки.

Решать проблему, куда и как выбрасывать строительные отходы, необходимо исходя из ситуаций: В случае самостоятельного избавления, в первую очередь необходимо обратиться в ЖЭК, УК или же ТСЖ. Организация даст информацию о том, куда следует вывозить весь материал, так как для этого выделена специальная территория. Дополнительную информацию (например, какой контейнер использовать) можно узнать лично в ЖЭК или на сайте организации. Если ремонт делает компания, то можете

заключить с ней договор по вывозу мусора (будет расцениваться как дополнительная услуга). Закон дает такую возможность. Организация сама выяснит, куда осуществляется вывоз мусора, предоставит контейнер и мешки для этого, которые необходимо будет выносить на площадку для последующей транспортировки. Склаживать строительный мусор в контейнер рекомендуется согласно закону. Контейнер и мешки для мусора представляют собой важную составляющую для того, чтобы осуществить вывоз отходов. Самые популярные мешки – полипропиленовые.

Главные их особенности заключаются в прочности и нерастворимости в растворах щелочи. Закон и СНиП разрешает использовать мешки подобного типа для того, чтобы провести вывоз груза с вторичным сырьем. Контейнер для подобного мусора, как правило, арендуется в соответствующих организациях.

В данном вопросе кирпич не представляет экологической опасности, однако данный материал отнесен к 3-му классу опасности, то есть данный материал «бой кирпича» способен разлагаться больше 10 лет.

Но суть использования кирпича как вторсырья не вредит экологии, так как щебень кварца, как классический материал имеет повышенный уровень радиоизлучения «Радий 222», это можно наблюдать при измерении железобетонных конструкций в некоторых постройках, где пренебрегают чистым цементным раствором, и в больших количествах добавляют вторсырье. Так что «кирпичный бой» весьма экологичный материал, но вот его производство, конечно, вредит экологической обстановке, но это в случае, если бы в одной промышленной зоне сосредотачивалось от 5 заводов и больше. К тому же в г. Тольятти один завод, и он не представляет экологической опасности.

Но так же известно, что вырыто из земли, то имеет незначительное радиационное излучение, например силикатный белый кирпич в отличие от красного, излучает еще больше радиационного фона, но он так же безопасен,

для человеческого организма и окружающей среды. Уровень радиации естественной природа 13-15 мк/гр, а вот красного кирпича 20-23 мк/гр, силикатного 26-34 мк/гр.

Вывод по первой главе

В данном разделе был проведен обзор видов заполнителей, как классических, так и нетрадиционных, на примере кирпичного боя.

С этим учетом, разнообразие кирпичного боя, так же огромно, как и его использование в строительстве.

В следующей главе будет подведен итог, о возможности полного включения боя кирпича в качестве заполнителя для марок тяжелых бетонов.

Глава 2 Характеристика исходных материалов, применяемые приборы и методика исследований

2.1 Разработка программы проведения испытаний опытных образцов

Программа проведения испытаний выражена в пунктах:

1. Испытание партии кирпича на определение физико-механических свойств согласно ГОСТ 10180-2012 - 20 штук.
2. Изготовление боя кирпича для последующей отливки образцов: призмой 150*600*150 - 4 штуки; кубом 150*150*150 – 4 штуки с просеиванием боя кирпича по фракциям 5/20мм - 0,05м³
3. Определение марки боя кирпича
4. Изготовление образцов : 150*150*600 - 4 штуки; 150*150*150 – 4 штуки (песок; фр 05-1,5 цемент М-400; кирпичный бой М-600 фр 5/20мм,)
5. Выдержка образцов 28 суток
6. Испытание образцов на прессе: П- 250
7. Обработка результатов испытаний.

2.2 Характеристики материалов

Цемент М-400: Данный стройматериал производится путем измельчения клинкера с дальнейшим введением гипса и специальных добавок. Обозначение М400 говорит о том, что после затвердевания он способен выдержать нагрузку в пределах 400кг/см². Содержание гипса в составе цемента данной марки согласно ГОСТ 10178-85 не должно превышать 5%, при этом активные минеральные добавки могут составлять от 0 до 20% от общей массы и маркироваться Д0-Д20. Именно благодаря добавкам материал обретает водостойкие и антикоррозионные свойства, что объясняет возможность его применения в создании железобетонных конструкций, устойчивых к воздействию влаги.

2.2.1 Результаты испытания кирпича

По предварительным замерам (таблица 1) будут произведены предварительные испытания кирпича на изгиб (таблица 2)

Таблица 1 - Замеры геометрических параметров образцов кирпича (26.10.16)

№ образца	Размеры, в мм				Вес кг	Примечание
	длина	ширина	высота	Отклонение в плоскости		
1	247	119	86	0.4	2.950	--
2	247	118	87	0.1	2.965	--
3	247	118	87	0.3	2.990	--
4	247	118	87	0.2	2.980	--
5	247	118	87	0.1	2.975	--

Результаты испытания на изгиб (таблица 2) в сопровождении рисунков 2.1, 2.2.

Таблица 2 - Испытание на изгиб (27.10.16)

№ образца	Температура t°	Предельное нагрузка разрушение кг	Примечание
1	+14 ⁰ С	700	--
2	+14 ⁰ С	720	--
3	+14 ⁰ С	780	--
4	+14 ⁰ С	800	--
5	+14 ⁰ С	730	--



Рисунок 2.1 – Испытание на изгиб первого образца

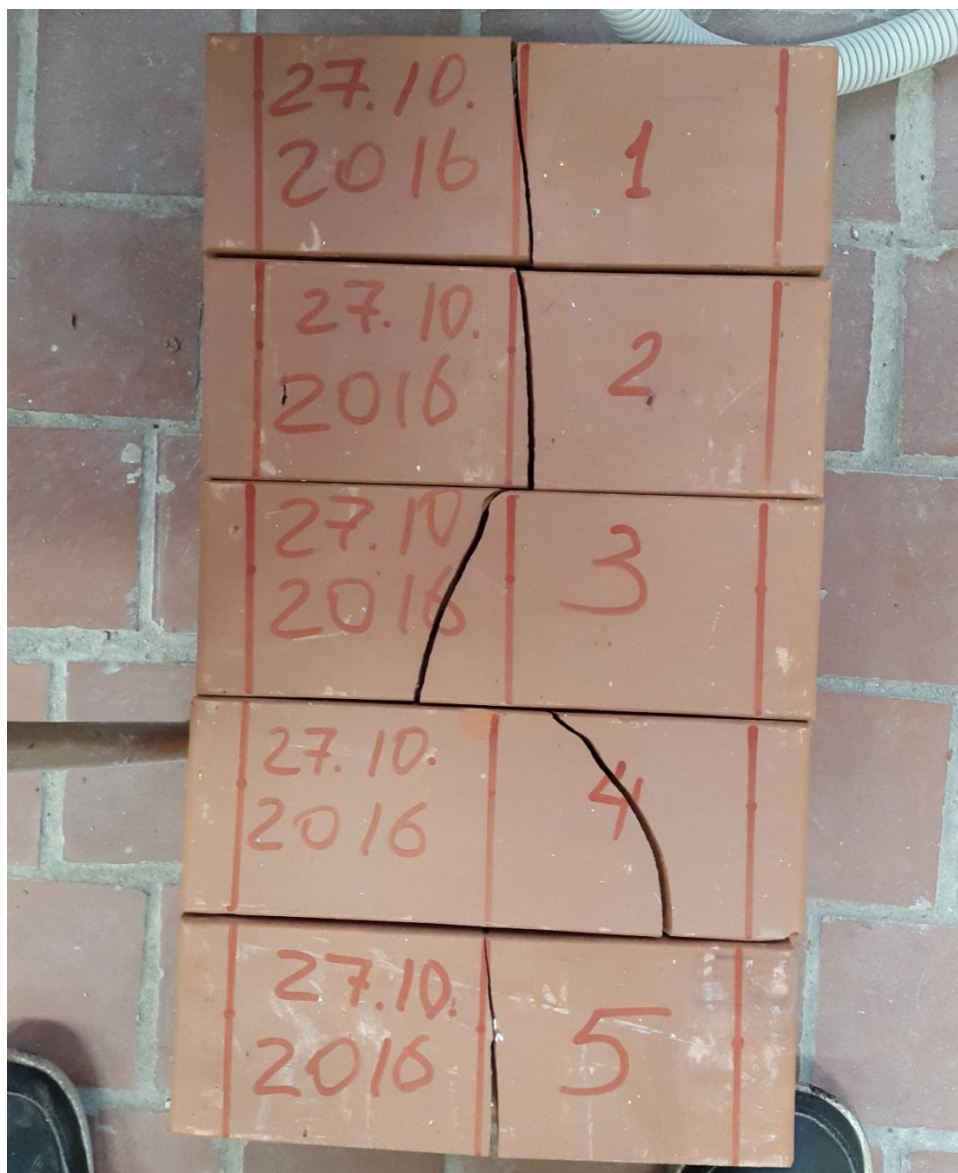


Рисунок 2.2 – После испытания на изгиб всех образцов

Результаты испытания на изгиб:

Площадь отпирание:

Образец 1 - 115мм*115мм (одна половинка); 115мм*120мм (другая половинка).

Принимаем в расчет 115х115 мм

Образец 2 - 117мм*118мм (одна половинка); 115мм*120мм (другая половинка).

Принимаем в расчет 115х120 мм

Образец 3 - 118 мм*90 мм (одна половинка); 115мм*118мм (другая половинка).

Принимаем в расчет 118х90 мм

Образец 4 - 117мм*118мм (одна половинка); 65мм*118мм (другая половинка).

Принимаем в расчет 65х118 мм

Образец 5 - 115мм*118мм (одна половинка); 117мм*118мм (другая половинка).

Принимаем в расчет 115х118 мм

Испытание на сжатие всех образцов по данным (таблицы 3) в соответствии с (рисунок 2.3).

Таблица 3 - Испытание на сжатие $t^0 C = 10^0 c$ (31.10.16)

№ образца	Площадь cm^2 S	Нагрузке T_H N	$\sigma = \frac{N}{S}$ кг/ cm^2
1	132.65	10.9	82
2	138	12.0	87
3	106.2	8.1	76
4	76.7	8.2	107
5	135.7	11.0	81

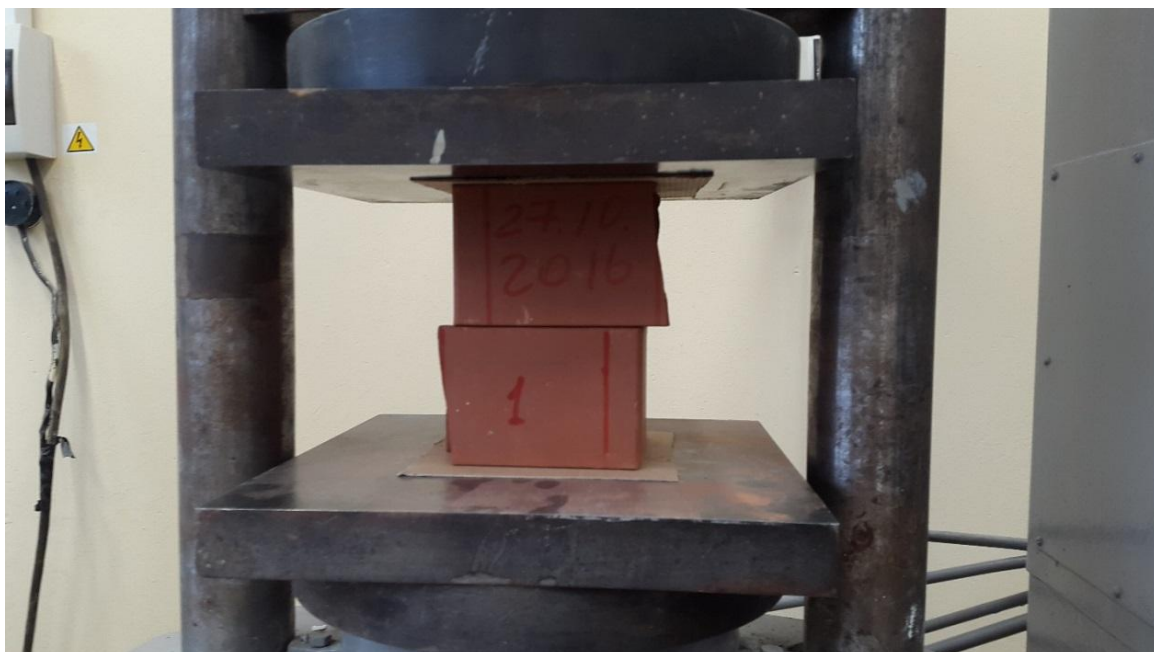


Рисунок 2.3 – Испытание на сжатие образца 1 (аналогично 2-5)

Так же по всем образцам будет проведено сжатие половинок в сопровождении отчетных таблиц (4 и 5), и (рис. 2.4; 2.5; 2.6; 2.7; 2.8).

Таблица 4 - Замеры геометрических параметров образцов кирпичей (нарезанные половинки) $T=+10^{\circ}\text{C}$ (1.11.16)

№ образца	Размеры в мм					Примечание
	Длина	Ширина	Высота	Отклонение в плоскости	Вес кг	
1-1	249	120	87	0.5	2.940	--
2-1	247	118	86	0.3	2.930	--
3-1	246	119	87	0.1	2.930	--
4-1	246	118	87	0.2	2.930	--
5-1	247	119	87	0.2	2.950	--

Таблица 5 - Испытание на сжатие половинок кирпичей $T=+10^0C$ (01.11.16)

№ образца	Площадь $См^2$	Нагрузка тн	Предельное прочность при испытание $кг/см^2$	Время продолжительности нагрузки мин
1-1	$11.8 \times 11.8 = 139.24$	10.200	73.25	1.0
2-1	$11.7 \times 11.7 = 136.89$	12.800	93.50	1.1
3-1	$11.7 \times 11.8 = 138.06$	13.300	96.33	1.2
4-1	$11.7 \times 11.7 = 136.89$	9.500	69.40	1.0
5-1	$11.7 \times 11.7 = 136.89$	10.600	77.43	1.0



Рисунок 2.4 – Образец 1-1 (испытание сжатия аналогично 2-5)

Подготовка щебня (рисунок 2.6) на сжатие из боя кирпича фр 5/20, прошедший испытание на изгиб и сжатие.



Рисунок 2.5 – щебень из боя кирпича фр 5/20

Испытание щебня на сжатие в соответствии с результатами в (таблице 6).

Таблица 6 - Испытание щебня на сжатие $t=14^{\circ}\text{C}$ (14.11.16)

Цилиндр Ф мм	Масса щебня ф 10-20мм	Масса щебня после испытании			Марка щебень
		Фр.20мм	Фр.10мм	Фр.1-5мм	
75	295 гр	140 гр	75 гр	80 гр	М-600
75	300 гр	150 гр	80 гр	70 гр	М-600
75	290 гр	135 гр	80 гр	75 гр	М-600
75	300 гр	145 гр	75 гр	80 гр	М-600
75	295 гр	145 гр	80 гр	70 гр	М-600



Рисунок 2.6 – Испытание щебня на сжатие

2.2.2 Прочностные характеристики крупного заполнителя из боя кирпича

Колотый искусственный камень, как еще называют бой кирпича, в больших количествах получается при демонтаже или реставрации старых зданий, при выполнении ремонтных работ и на кирпичных заводах, как брак. Как известно, существует несколько видов кирпича, а значит и его боя. При некоторой схожести каждый из видов обладает собственными характеристиками, которые необходимо учитывать, производя выбор кирпичного боя:

Силикатный кирпич: отлично поглощает влагу, но при этом достаточно плохо взаимодействует с таким наполнителем как песок. Именно поэтому его не рекомендуется добавлять в растворы, где содержится песок, кроме того, он не подходит для подсыпки фундамента или котлована, поскольку быстро разрушится. Чаще всего бой силикатного кирпича применяют для устройства

шумоизоляции, кроме того, он является недорогим и эффективным утеплителем.

Бой керамического кирпича: (красный кирпич), отличается низкими показателями поглощения влаги, он обладает достаточно высокой прочностью, огнеупорен. Этот вторичный материал, благодаря универсальности технических характеристик, может использоваться практически в любых строительных работах – в растворах, для подсыпки фундаментов и котлованов, при дорожном строительстве и т.д.

Шамотный кирпич: обладает прекрасными огнеупорными характеристиками, повышенной прочностью и устойчивостью к агрессивным воздействиям. Бой шамотного кирпича ценится строительными подрядчиками, поскольку при сравнительно невысокой цене, он по своим свойствам способен во многих случаях полноценно заменить классический щебень.

Выбирая бой кирпичный необходимо уточнить, какая именно фракция потребуется для выполнения работ. Мелкая фракция имеет размеры 5-20 мм, средняя 20-45 мм, крупная 40-90 мм. Одной из характеристик кирпича является пустотность, от которой во многом зависят его свойства. Различают полнотелый кирпич, с плотной структурой, пустотелый, в котором пустоты могут занимать до 45% объема и поризованный материал, в котором содержатся микропустоты, обеспечивающие его легкость и высокий уровень шумо- и теплоизоляции.

2.3 Методики, приборы и оборудование для проведения исследований

В данных испытаниях будут использоваться лабораторный пресс П-250:

- Технические характеристики:

1. Наибольшая предельная нагрузка, кН (тс) 2500 (250)

2. Диапазоны показаний, кН (кгс) от 0 до 1250 (от 0 до 12500) от 0 до 2500 (от 0 до 250000)
3. Диапазоны измерения, кН (кгс) от 250 до 1250 (от 25000 до 125000) от 500 до 2500 (от 500000 до 2500000)
4. Цена деления отсчетного устройства, кН (кгс), не более 1 диапазон 2,5 (250) 2 диапазон 5 (500)
5. Допустимая погрешность измерения Нагрузки при прямом ходе (нагрузении), начиная с 20% наибольшего значения диапазона измерения, но не ниже 10% наибольшей предельной нагрузки, % величины измеряемой нагрузки ± 2
6. Вариация показаний в диапазоне измерения, % величины измеряемой нагрузки 2
7. Максимальный ход поршня рабочего цилиндра, мм 150
8. Диапазон скорости перемещения поршня рабочего цилиндра без нагрузки, м/с, не менее от 0 до 0,0003
9. Высота рабочего пространства, мм, не менее 1000
10. Габаритные размеры, длина 2100, ширина 900, высота 2715
11. Масса, кг, не более 3530

Так же в данных испытаниях будут использоваться штанги с крепежными рамками и измерительными инструмента или индикаторами часового типа.

2.4 Результаты испытания кубов и призм, изготовленных с применением боя кирпича

Теперь важная часть испытания — это подготовка бетона из цемента с добавочным компонентом (щебень из боя кирпича). В данном тесте будут проведены важные расчеты на такие параметры:

- 1) Деформативность
- 2) Прочность
- 3) Временное сопротивление к смятию

4) Начальный модуль упругости бетона

Характеристики испытываемого образца 1:

Дата испытания: 21.11.16 / $t=13^{\circ}\text{C}$

Состав испытываемых образцов:

1) 22 кг цемент М-400

2) 30 литр - песок речной

3) 45 литров - щебень кирпичный фракция

Призмы - 150x150x600 - 3шт

Кубы - 150x150x150 - 4шт

Процесс заливки призм показан на (рисунок. 2.7).



Рисунок 2.7 – Процесс заливки призм

Следующий этап подготовки образцов 1 и 2.

22.11.16 $t^0 = +9^0\text{C}$

Призмы №1 и №2 (рисунок 2.8) поставлены на исследование на усадку.

Для фиксации показателей будут применяться: рамки, штанги, стрелочные индикаторы часового типа.



Рисунок 2.8 – Испытание образцов (призм) 1 и 2 на усадку

Показания приборов зафиксированы в таблице 7 и 8.

Таблица 7 - Показание приборов база измерений 400мм - (22.11.16)

Дата	Количество дней	Образец 1			Относит. деф-ция $\varepsilon \times 10^5$ при базе 400 мм	Образец 2			Относит. деф-ция $\varepsilon \times 10^5$ при базе 400 мм
		Прибор 1	Прибор 2	Среднее значение		Прибор 1	Прибор 2	Среднее значение	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
22.11.16	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23.11.16	1	0.001	0.008	0,005	1,1	0.006	0.009	0,008	1,9
24.11.16	2	0.001	0.010	0,010	2,4	0.010	0.012	0,011	2,8
25.11.16	3	0.009	0.011	0,010	2,5	0.010	0.012	0,011	2,8
28.11.16	6	0.010	0.018	0,014	3,5	0.025	0.015	0,020	5,0
29.11.16	7	0.011	0.021	0,016	4,0	0.030	0.020	0,025	6,3
30.11.16	8	0.011	0.022	0,017	4,1	0.035	0.021	0,028	7,0
1.12.16	9	0.011	0.023	0,017	4,3	0.040	0.025	0,033	8,1
2.12.16	10	0.015	0.025	0,020	5,0	0.041	0.030	0,036	8,9
5.12.16	13	0.018	0.029	0,024	5,9	0.059	0.041	0,050	12,5
6.12.16	14	0.019	0.030	0,025	6,1	0.060	0.048	0,054	13,5
7.12.16	15	0.019	0.030	0,025	6,1	0.060	0.048	0,054	13,5
8.12.16	16	0.019	0.032	0,026	6,4	0.067	0.050	0,059	14,6
9.12.16	17	0.030	0.040	0,035	8,8	0.070	0.055	0,063	15,6
12.12.16	20	0.031	0.049	0,040	10,0	0.081	0.069	0,075	18,8
13.12.16	21	0.032	0.050	0,041	10,3	0.085	0.070	0,078	19,4
14.12.16	22	0.032	0.050	0,041	10,3	0.090	0.071	0,081	20,1
15.12.16	23	0.035	0.055	0,045	11,3	0.094	0.077	0,086	21,4
16.12.16	24	0.036	0.056	0,046	11,5	0.100	0.080	0,090	22,5
19.12.16	27	0.036	0.056	0,046	11,5	0.100	0.080	0,090	22,5
20.12.16	28	0.037	0.069	0,053	13,3	0.110	0.098	0,104	26,0
21.12.16	29	0.040	0.069	0,055	13,6	0.110	0.100	0,105	26,3

Продолжение таблицы 7

22.12.16	30	0.040	0.070	0,055	13,8	0.115	0.100	0,108	26,9
23.12.16	31	0.040	0.070	0,055	13,8	0.115	0.100	0,108	26,9
26.12.16	34	0.041	0.073	0,057	14,3	0.120	0.110	0,115	28,8
27.12.16	35	0.041	0.084	0,063	15,6	0.125	0.112	0,119	29,6
28.12.16	36	0.042	0.090	0,066	16,5	0.129	0.117	0,123	30,8
29.12.16	37	0.042	0.095	0,069	17,1	0.129	0.117	0,123	30,8
30.12.16	38	0.045	0.096	0,071	17,6	0.130	0.118	0,124	31,0

В соответствии с таблицей 7 сформирован график (рисунок 2.8), для визуальной демонстрации показателей испытания на усадку.

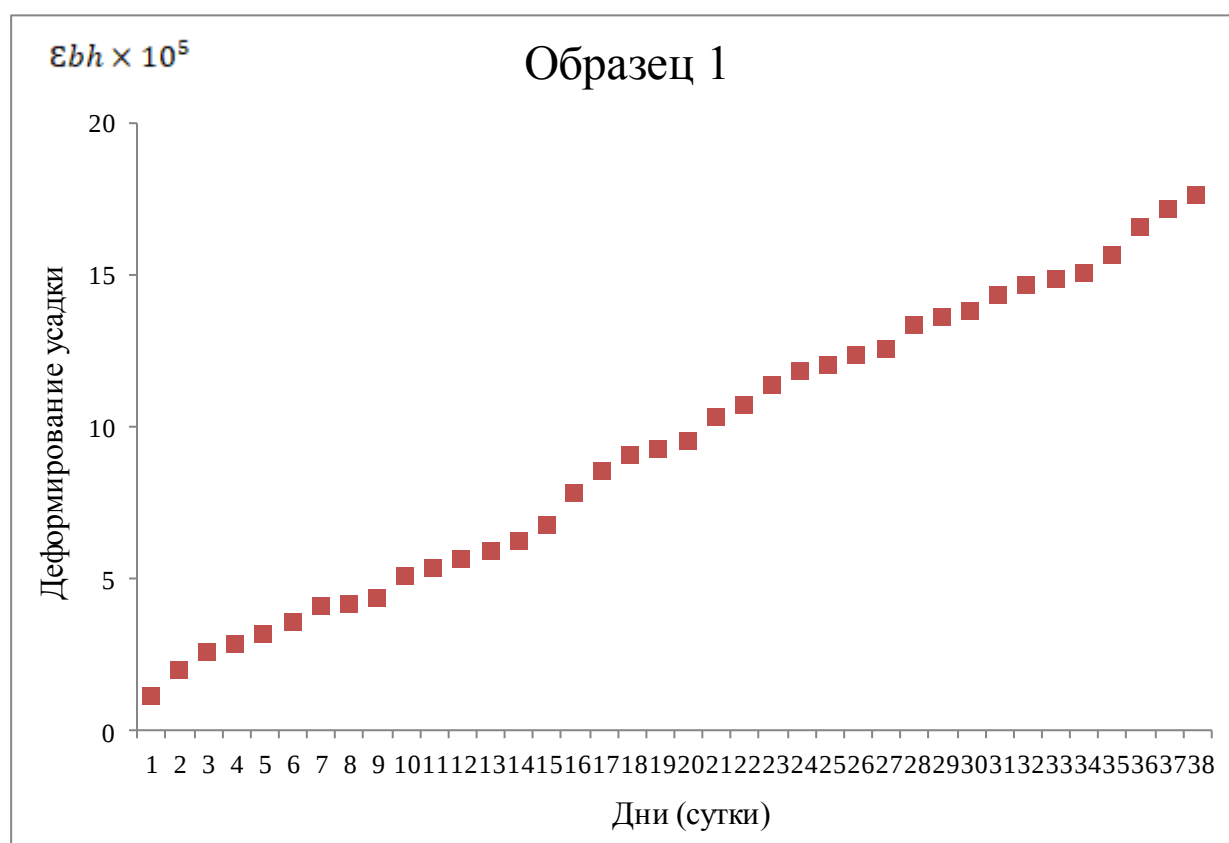


Рисунок 2.9 – График деформирования усадки по таблице 7 образца 1

Далее произведено испытание призм 1 и 2 на сжатие (рисунок 2.10).

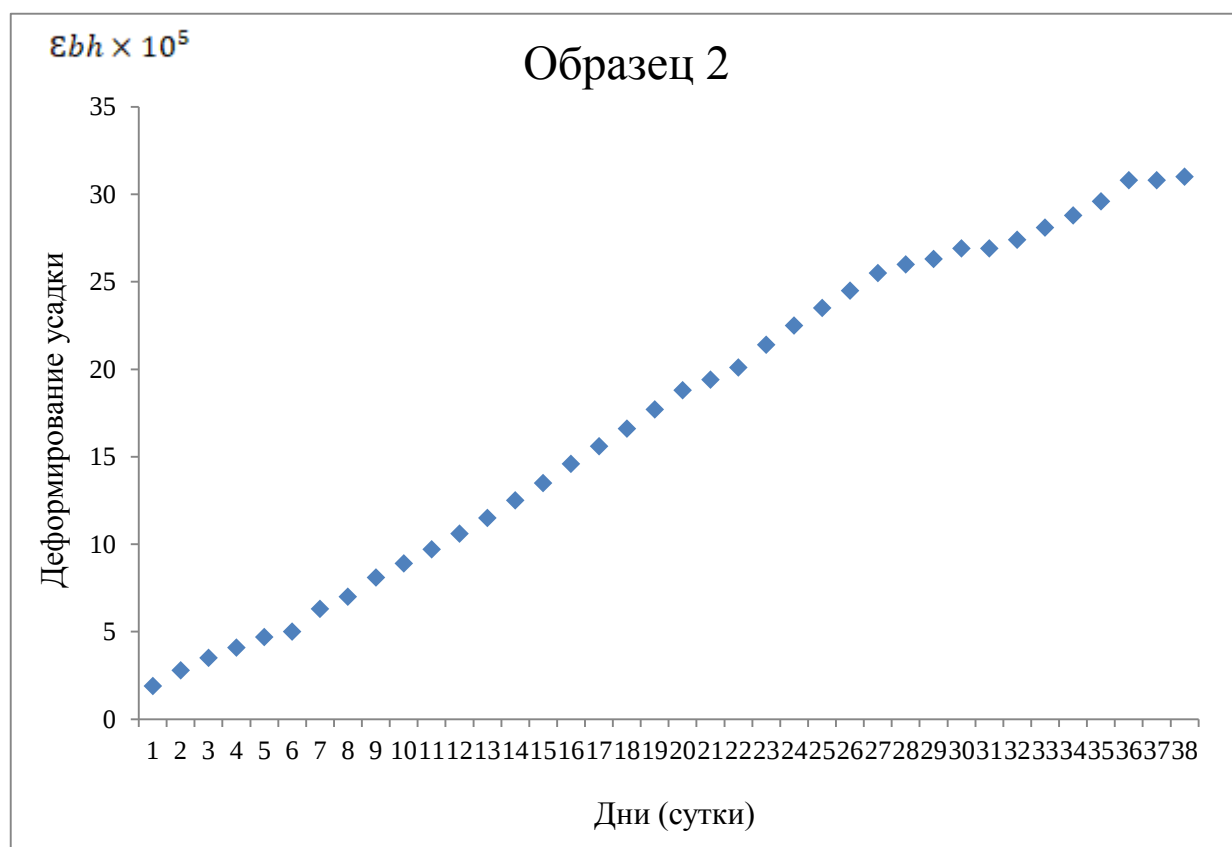


Рисунок 2.10 – График деформирования усадки по таблице 7 образца 2

В соответствии с рисунком 2.11 было произведено занесение результатов испытания образца 1, 2, 3 в таблицу 9, 10, 11.



Рисунок 2.11 – Испытание призм 1, 2 и 3 на сжатие

Таблица 8 - Образец 1(размер 150x150x600 - 11.04.17 t=10⁰C)

Нагрузка ТН	Напряжение σ , МПа	Уровень нагружения	Показание приборов											
			Продольная деформация					Относит. деформ. при $\epsilon \times 10^5$ при базе 400 мм	Поперечная деформация					Относит. т. деформ. при $\epsilon \times 10^5$ при базе 400 мм
			1	2	3	4	Сред.з		5	6	7	8	Сред.з	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2,22	0,2	0.1 0	0.1 0	0.0 6	0.0 8	0,0 9	21,25	0.0 02	0.00 4	0.00 1	0	0,0 0	1,17
10	4,44	0,4	0.1 4	0.1 5	0.1 2	0.1 4	0,1 4	34,38	0.0 05	0.01 1	0.01 9	0.01 3	0,0 1	8,00
15	6,67	0,6	0.2 1	0.2 1	0.1 9	0.2 0	0,2 0	50,63	0.0 11	0.01 8	0.02 9	0.01 8	0,0 2	12,6 7
20	8,89	0,8	0.3 1	0.3 0	0.2 9	0.2 8	0,3 0	73,75	0.0 21	0.03 0	0.04 3	0.02 0	0,0 3	19,0 0
25	$\sigma_{раз.}$	Разрушение												

Таблица 9 - Образец 2 (размер 150x150x600-12.04.17)

Нагрузка ТН	Напряжение σ , МПа	Уровень нагружения	Показание приборов											
			Продольная деформация					Относит. деформ. при $\epsilon \times 10^5$ при базе 400 мм	Поперечная деформация					Относит. деформ. при $\epsilon \times 10^5$ при базе 400 мм
			1	2	3	4	Сред.з		5	6	7	8	Сред.з	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
5	2,22	0,2	0.1 0	0.0 9	0.0 5	0.0 5	0, 0 7	18,13	0.0 02	0.00 1	0.00 1	0.00 3	0,0 0	1,17
10	4,44	0,4	0.1 8	0.1 9	0.0 9	0.1 3	0, 1 5	36,88	0.0 02	0.00 3	0.00 6	0.01 0	0,0 1	3,50
15	6,67	0,5	0.2 5	0.2 9	0.2 5	0.2 1	0, 2 5	62,50	0.0 02	0.00 8	0.01 1	0.02 1	0,0 1	7,00
20	8,89	0,7	0.3 4	0.4 2	0.3 7	0.3 2	0, 3 6	90,63	0.0 02	0.03 0	0.01 5	0.02 7	0,0 2	12,33
25	11,1	0,9	0.4 5	0.5 8	0.5 5	0.4 5	0, 5 1	126,8 8	0.0 19	0.05 8	0.02 4	0.05 9	0,0 4	26,67
27. 5		Разрушение												

Таблица 10 - Образец 3 (размер 150х150х600-13.04.17)

Нагрузка ТН	Напряжение σ , МПа	Уровень нагружения	Показание приборов											
			Продольная деформация					Относит. деформ. при $\epsilon \times 10^5$ при базе 400 мм.	Поперечная деформация					Относит. деформ. при $\epsilon \times 10^5$ при базе 400 мм
			1	2	3	4	Сред. з		5	6	7	8	Сред. з	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2,22	0,1	0.0 6	0.0 7	0.0 3	0.0 1	0,0 4	10,63	0.0 07	0.00 3	0.00 2	0.00 5	0, 00	2,83
10	4,44	0,2	0.1 1	0.1 3	0.0 7	0.0 4	0,0 9	21,88	0.0 10	0.01 2	0.00 4	0.00 5	0, 01	5,17
15	6,67	0,4	0.1 5	0.1 9	0.1 1	0.0 8	0,1 3	33,13	0.0 14	0.01 2	0.00 7	0.00 5	0, 01	6,33
20	8,89	0,5	0.2 2	0.2 7	0.1 5	0.1 2	0,1 9	47,50	0.0 22	0.02 0	0.01 0	0.00 5	0, 01	9,50
25	11,1	0,6	0.2 9	0.3 6	0.2 0	0.1 5	0,2 5	62,50	0.0 38	0.03 5	0.01 6	0.00 5	0, 02	15,67
30	13,3	0,7	0.4 8	0.4 7	0.2 6	0.1 9	0,3 5	87,50	0.0 59	0.06 0	0.01 6	0.00 3	0, 03	23,00

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
35	15,56	0,8	0.4 6	0.6 0	0.3 4	0.2 3	0,4 1	101,8 8	0.0 85	0.09 6	0.03 6	0.00 3	0, 06	36,67
40	17,78	0,9	0.5 9	0.7 8	0.4 4	0.2 8	0,5 2	130,6 3	0.0 75	0.10 0	0.09 0	0.00 5	0, 07	45,00
42. 7		Разрушение												

В соответствии с таблицей 9, 10 и 11 сформирован график (рисунок 2.10), для визуальной демонстрации показателей испытания на сжатие.

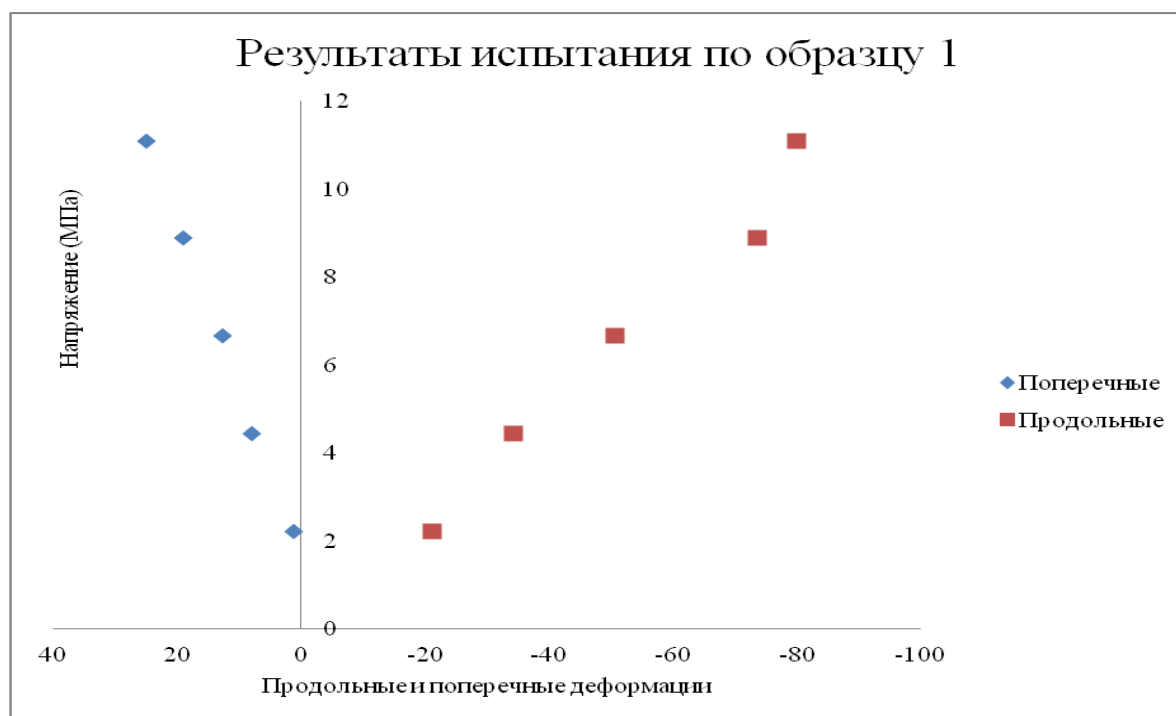


Рисунок 2.12– График результатов таблицы 8

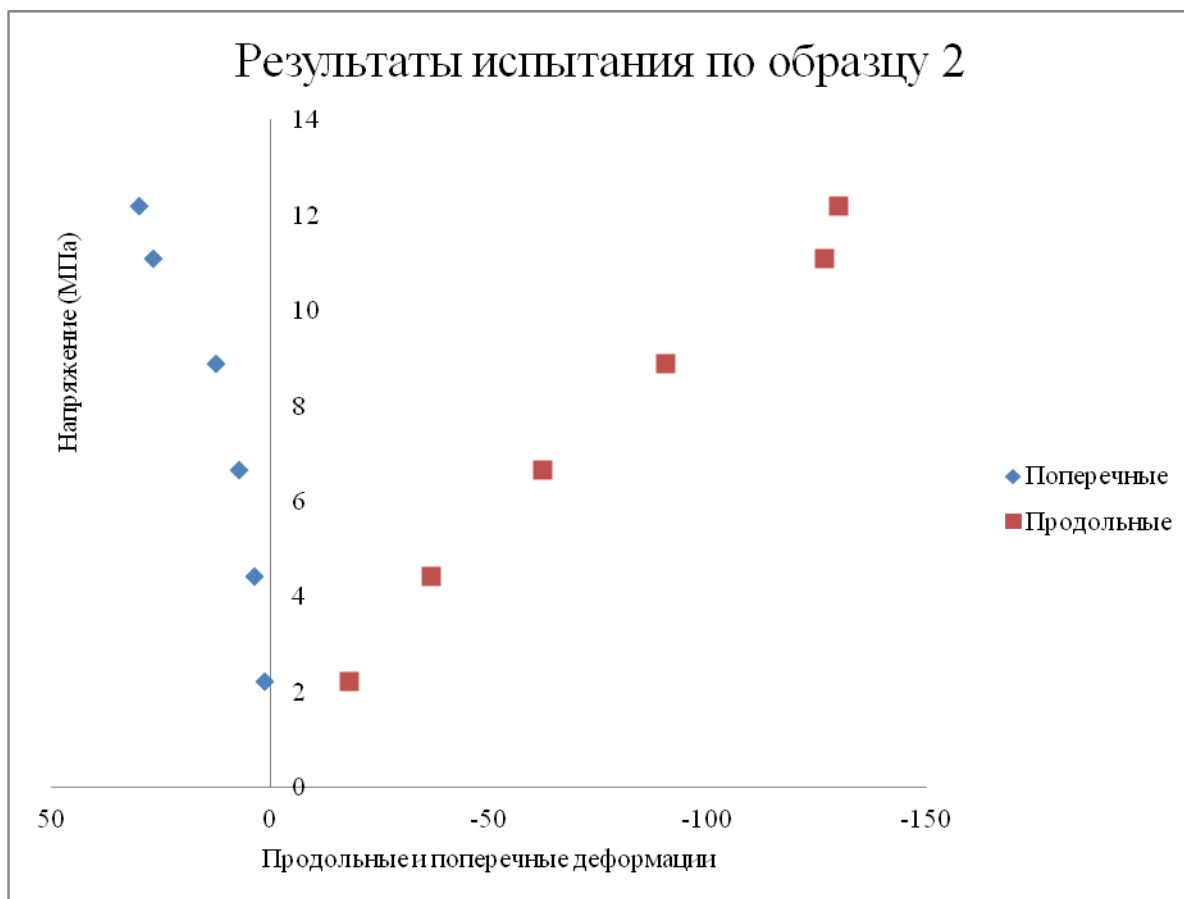


Рисунок 2.13– График результатов таблицы 9

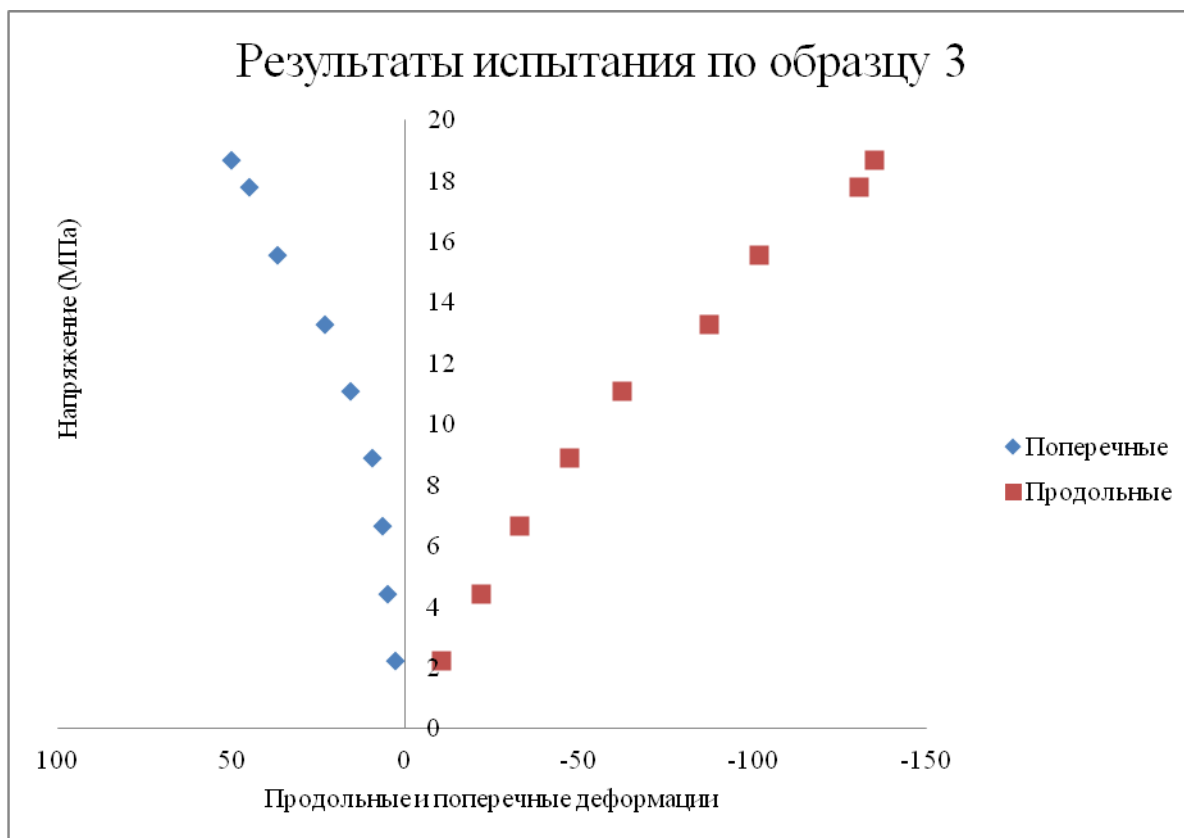


Рисунок 2.14 – График результатов таблицы 10

Далее производятся испытания 4-х образцов кубиков из того же материала из чего делались призмы.

Испытание 4-х образцов кубика в соответствии с рисунком 2.15:



Рисунок 2.15 – Испытание образцов кубика



Рисунок 2.16 – Образцы 4-х кубиков на испытании сжатия

В соответствии с (рисунок 2.15-2.16) сводные результаты испытаний отражены в таблице 11.

Таблица 11 – Результаты испытание 4- х образцов кубиков на сжатие

Дата	Образца №	Размеры образца, мм			Разрушающая Нагрузка тн	Прочность, (МПа)
		а	в	h		
15.02.17	1	150	150	150	55	24,44
12.04.17	2	150	150	150	45,5	20,22
13.04.17	3	150	150	150	55	24,44
13.04.17	4	150	150	150	47,5	21,13

1. Испытание партии кирпича на определение физико-механических свойств согласно ГОСТ 10180-2012.
2. Изготовление боя кирпича для последующей отливки образцов: призмой 150*150*600 - 3 штуки; кубом 150*150*150 – 4 штуки с просеиванием боя кирпича по фракциям 5/20 мм.
3. Определение марки боя кирпича.
4. Изготовление образцов : 150*150*600 - 3 штуки; 150*150*150 – 4 штуки (песок горный; цемент М-400; кирпичный бой М-600 фр 5/20мм).
5. Выдержка образцов 28 суток.
6. Испытание образцов на прессе: П- 250.
7. Обработка результатов испытаний.

Также в бетонной смеси в качестве заполнителей использовались:

Щебень крупный 34,500 кг (фр 10/20мм)

Щебень мелкий 15,100 кг (фр 5/10мм)

Песок 33,500 кг

Цемент 24,400 кг

Вода 20,5 м

В пропорции:

А) $a=150\text{мм}$

$$b=150\text{мм}$$

$$c=150\text{мм}$$

Б) $a=150\text{мм}$

$$b=150\text{мм}$$

$$c=600\text{мм}$$

а) $V=a*b*c=0,0033\text{м}^3$

б) $V=a*b*c=0,016\text{м}^3$

В) $V=14\text{кг}/2200\text{кг}/\text{м}^3=0.0066\text{м}^3$

На 1м^3 :

Щебень:

$$34,500\text{кг} - 0,0579\text{ м}^3$$

$$X - 1\text{м}^3$$

$$\frac{34,5}{X} = \frac{0,0579}{1}$$

$$X = \frac{34,5}{0,0579} = 595,85$$

Щебень:

$$\frac{15,1}{0,0579} = 260,79$$

Цемент:

$$\frac{24,4}{0,0579} = 421,41$$

Вода:

$$\frac{20,5}{0,0579} = 354,05$$

Песок:

$$\frac{33,5}{0,0579} = 578,58$$

Таблица 12 - Показание приборов база измерений 400мм (02.04.18)

Дата	Количество дней	Образец 1			Относит. деф-ция $\varepsilon \times 10^5$ при базе 400 мм
		Прибор 1	Прибор 2	ε Среднее значение	
1	2	3	4	5	6
02.04.18	0	0	0	0	0
03.04.18	1	0,01	0,01	0,010	2,5
04.04.18	2	0,020	0,01	0,015	3,8
05.04.18	3	0,023	0,013	0,018	4,5
06.04.18	4	0,025	0,015	0,020	5
07.04.18	5	0,028	0,020	0,024	6
08.04.18	6	0,030	0,025	0,027	6,8
09.04.18	7	0,033	0,030	0,030	7,5
10.04.18	8	0,035	0,033	0,034	8,5
11.04.18	9	0,039	0,037	0,038	9,5
12.04.18	10	0,040	0,040	0,040	10
13.04.18	11	0,045	0,045	0,045	11,2
14.04.18	12	0,050	0,048	0,049	12,2
15.04.18	13	0,058	0,050	0,054	13,5
16.04.18	14	0,065	0,050	0,058	14,4
17.04.18	15	0,072	0,059	0,066	16,4
18.04.18	16	0,075	0,063	0,069	17,3
19.04.18	17	0,080	0,065	0,073	18,1
20.04.18	18	0,082	0,069	0,076	18,9
21.04.18	19	0,084	0,070	0,077	19,3
22.04.18	20	0,085	0,070	0,078	19,4
23.04.18	21	0,090	0,070	0,080	20
24.04.18	22	0,092	0,072	0,082	20,5
25.04.18	23	0,094	0,076	0,085	21,3
26.04.18	24	0,100	0,081	0,090	22,5
27.04.18	25	0,105	0,085	0,095	23,8
28.04.18	26	0,110	0,090	0,100	25,0

Продолжение таблицы 12

1	2	3	4	5	6
29.04.18	27	0,112	0,093	0,103	25,6
30.04.18	28	0,114	0,095	0,105	26,1
01.03.18	29	0,116	0,096	0,106	26,5
02.03.18	30	0,118	0,098	0,108	27,0
03.03.18	31	0,120	0,100	0,110	27,5
04.03.18	32	0,128	0,108	0,118	29,5

В соответствии с таблицей 12 сформирован график (рисунок. 2.8), для визуальной демонстрации показателей испытания на усадку.

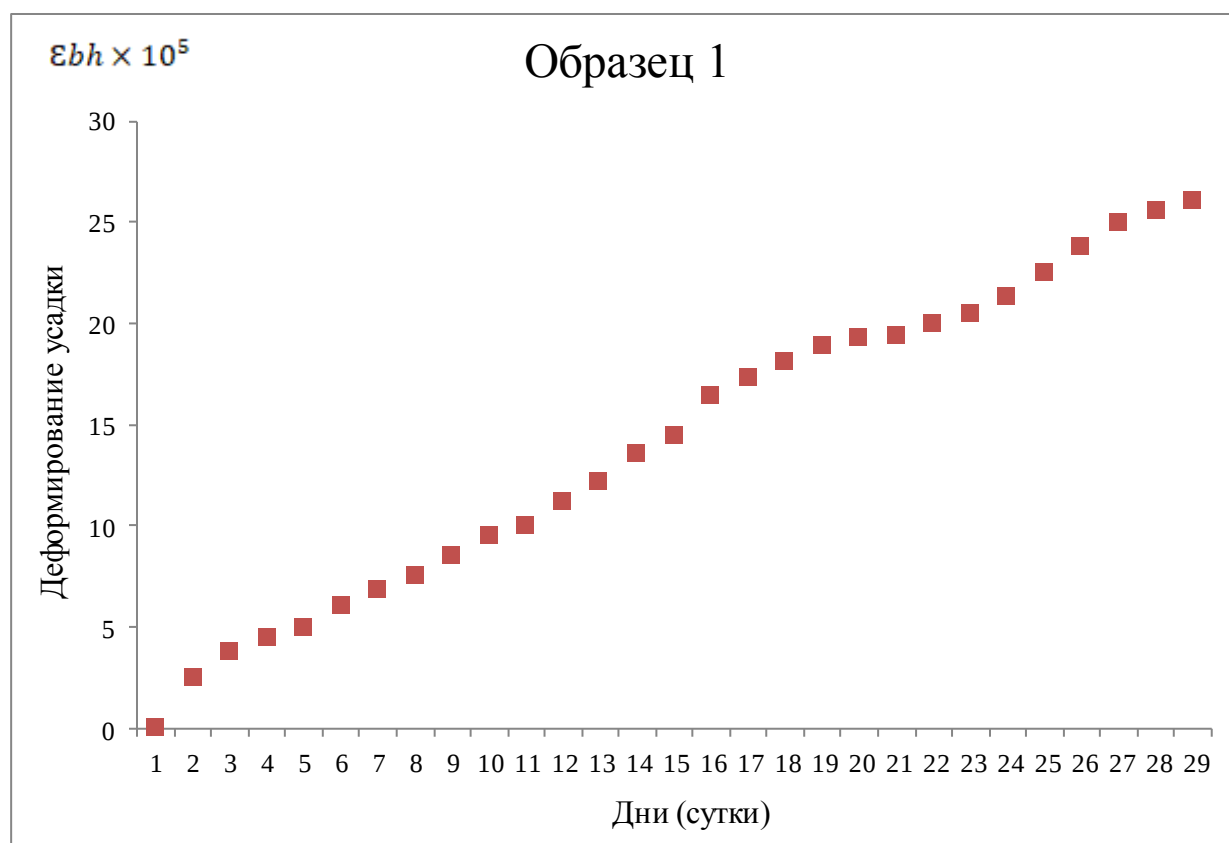


Рисунок 2.17 – График деформирования усадки по таблице 12

Таблица 13 - Образец 1(04.05.2018)

Нагрузка ТН	Напряжение σ , МПа	Уровень нагружения	Показание приборов											
			Продольная деформация					Относит. деформ. при $\epsilon \times 10^5$ при базе 400 мм	Поперечная деформация					Относит. деформ. при $\epsilon \times 10^5$ при базе 400 мм
			1	2	3	4	Сред.з		5	6	7	8	Сред.з	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2,22	0,18	0,15	0,04	0,02	0,10	0,08	19,38	0,002	0,002	0,000	0,005	0,000	0,56
10	4,44	0,36	0,27	0,12	0,09	0,20	0,17	42,50	0,006	0,007	0,003	0,010	0,001	1,63
15	6,67	0,55	0,42	0,24	0,15	0,33	0,29	71,25	0,024	0,016	0,008	0,018	0,002	4,13
20	8,89	0,73	0,60	0,40	0,30	0,55	0,46	113,75	0,072	0,036	0,017	0,030	0,004	9,69
25	11,11	0,91	0,88	0,64	0,55	0,81	0,72	180,00	0,223	0,090	0,044	0,068	0,101	26,56
27,5	$\sigma_{раз.}$	Разрушение												

Таблица 14 - Образец 2(05.05.2018 150x150x600)

Нагрузка ТН	Напряжение σ , МПа	Уровень нагружения	Показание приборов											
			Продольная деформация					Относит. деформ. при $\epsilon \times 10^5$ при базе 400 мм	Поперечная деформация					Относит. деформ. при $\epsilon \times 10^5$ при базе 400 мм
			1	2	3	4	Сред.з		5	6	7	8	Сред.з	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2,22	0,20	0,07	0,02	0,02	0,07	0,05	11,25	0,001	0,001	0,003	0,004	0,000	0,56

Продолжение таблицы 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
10	4,4 4	0,4 0	0,17	0,1 2	0,1 0	0,1 5	0,1 4	33,75	0,00 6	0,00 2	0,00 5	0,0 09	0,01	1,38
15	6,6 7	0,6 0	0,29	0,2 4	0,2 0	0,2 5	0,2 5	61,25	0,01 2	0,00 9	0,00 5	0,0 24	0,01	3,13
20	8,8 9	0,8 0	0,47	0,4 1	0,3 4	0,3 9	0,4 0	100,6 3	0,02 3	0,03 0	0,00 5	0,0 54	0,03	7,00
25	11, 11	1,0 0	0,95	0,7 9	0,5 5	0,7 5	0,7 6	190,0 0	-	-	-	-	-	-
25, 1		Разрушение												

Таблица 15 - Образец 3(07.05.2018 150x150x600)

Нагрузка ТН	Напряжение  МПа	Уровень нагружения	Показание приборов											
			Продольная деформация					Относи т. деформ. при $\epsilon \times 10^5$ при базе 400 мм	Поперечная деформация					Относи т. деформ. при $\epsilon \times 10^5$ при базе 400 мм
			1	2	3	4	Сред.3		5	6	7	8	Сред.3	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	2,22	0,2 1	0,0 4	0,0 6	0,0 7	0,0 6	0,0 6	14,38	0,00 4	0,00 1	0,00 0	0,00 1	0,0 0	0,38
10	4,44	0,4 2	0,1 2	0,2 0	0,2 3	0,1 6	0,1 8	44,38	0,01 0	0,00 8	0,01 0	0,00 4	0,0 1	2,00
15	6,67	0,6 3	0,2 3	0,3 8	0,4 4	0,2 9	0,3 4	83,75	0,01 0	0,02 2	0,03 7	0,00 6	0,0 2	4,69
20	8,89	0,8 4	0,3 6	0,6 8	0,8 3	0,4 9	0,5 9	147,5 0	0,00 0	0,06 4	0,08 7	0,01 2	0,0 4	10,1 9
25	11,1 1	1,0 5	0,3 1	1,1 5	1,6 3	0,7 0	0,9 5	236,8 8	0,02 2	0,60 5	0,12 0	0,04 0	0,2 0	49,1 9
25,7 5		Разрушение												

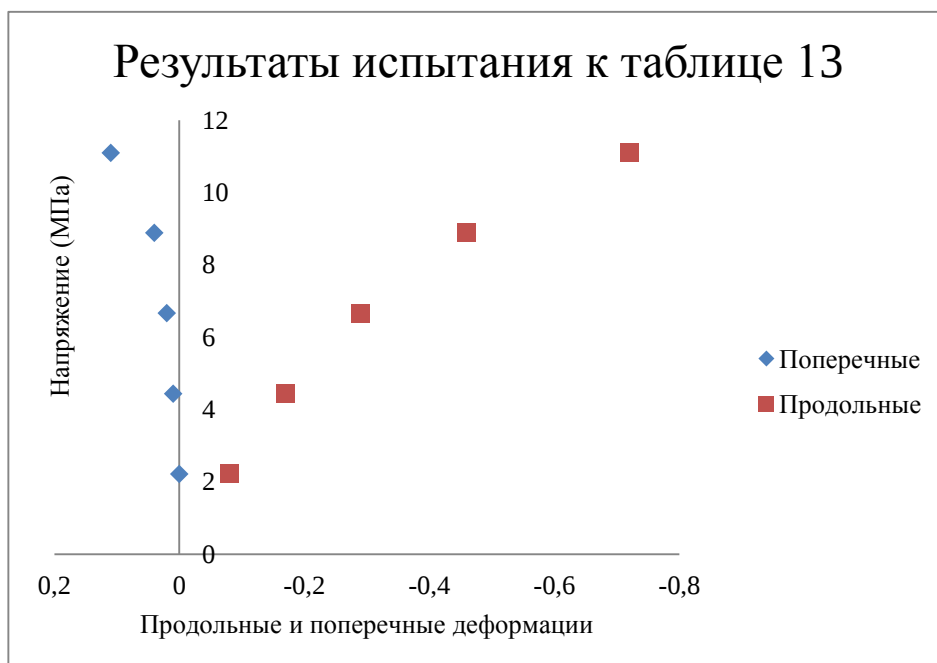


Рисунок 2.18 – График результатов таблица 13

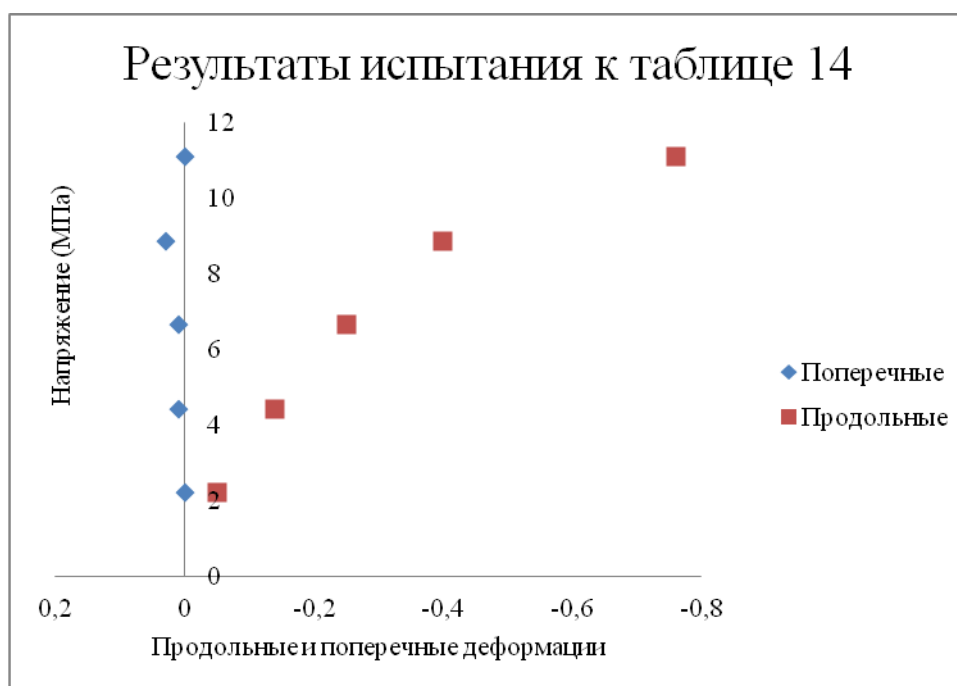


Рисунок 2.19 – График результатов таблица 14

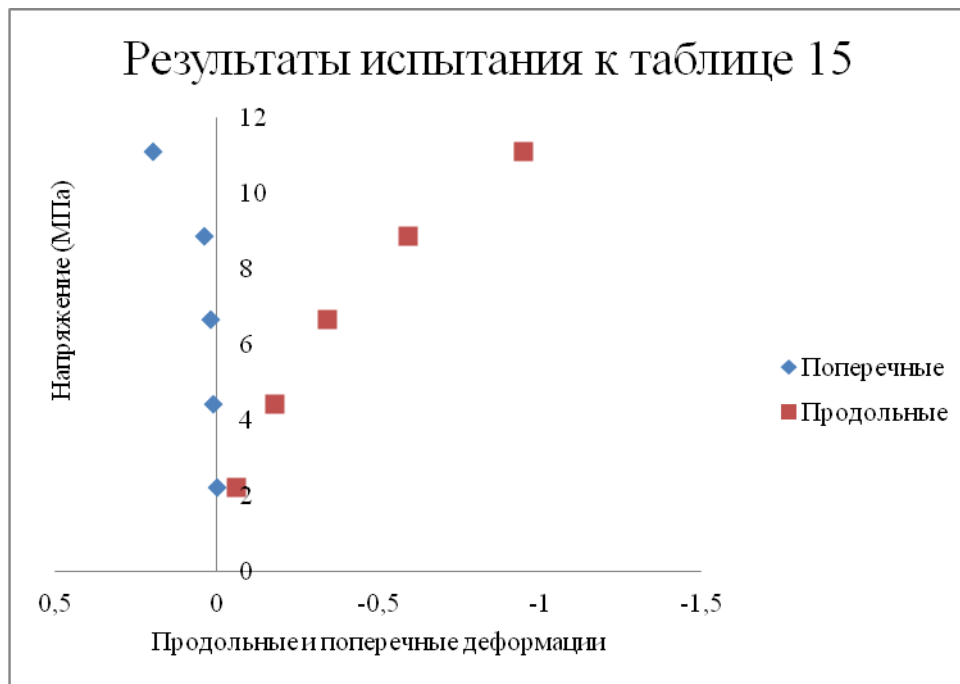


Рисунок 2.20 – График результатов таблица 15



Рисунок 2.21 – Испытание призма на сжатие

Таблица 16 – Результаты испытание 4- х образцов кубиков на сжатие

Дата	Образца №	Размеры образца, мм			Разрушающая Нагрузка тн	Прочность, (МПа)
		а	в	h		
04.05.18	1	150	150	150	32.500	14,4
05.05.18	2	150	150	150	33.000	14,6
05.05.18	3	150	150	150	34.250	15,2
07.05.18	4	150	150	150	34.500	15,3

Вывод по второй главе

Как видно из результатов тестирования керамобетона, можно выделить положительный результат исследования. Прочностные параметры керамобетона из марок тяжелых бетонов, имеют показатели выше среднего, то есть с учетом необходимого количества боя кирпича и с учетом свойств кирпича впитывать влагу, то прочностные параметры ничем не уступают бетону с классическим наполнителем.

Глава 3 Технико-экономическое обоснование применения керамобетонов

3.1 Технология керамобетона на основе вторичных заполнителей из отходов ККБ и ПБК

Технология относится к области производства крупных заполнителей для бетонов. Способ изготовления заполнителя для бетона включает подготовку массы на основе легкоплавких глин, способных вспучиваться в условиях термической обработки, введение в количестве 2-8% от ее объема молотого и просеянного через сито № 063 боя силикатного кирпича, увлажнение битумной и/или дегтевой эмульсией до 17-26%, формование гранул, сушку гранул до влажности 1-6%, обжиг гранул при температуре 900-1100°C и охлаждение гранул до температуры 20-50°C. Технический результат – интенсификация процесса обжига заполнителя, образование развитой пористой структуры.

Подробное описание:

1. На основе легкоплавких глин, способных вспучиваться в условиях термической обработки, подготавливают глиняную массу. В массу вводят в количестве 2% от ее объема молотый и просеянный через сито бой силикатного кирпича, затем ее увлажняют до 26% битумной эмульсией и при помощи дырчатых вальцов формуют гранулы. Гранулы заполнителя сушат до влажности 6% и обжигают, например, во вращающихся печах барабанного типа при температуре 1100°C. Готовые гранулы охлаждают до температуры 20°C и направляют на склад готовой продукции.

2. На основе легкоплавких глин, способных вспучиваться в условиях термической обработки, подготавливают глиняную массу. В массу вводят в количестве 8% от ее объема молотый и просеянный через сито № 063 бой силикатного кирпича, затем ее увлажняют до 17% дегтевой эмульсией и при помощи дырчатых вальцов формуют гранулы. Гранулы заполнителя сушат

до влажности 1% и обжигают, например, во вращающихся печах барабанного типа при температуре 900°C. Готовые гранулы охлаждают до температуры 50°C и направляют на склад готовой продукции.

3. На основе легкоплавких глин, способных вспучиваться в условиях термической обработки, подготавливают глиняную массу. В массу вводят в количестве 5% от ее объема молотый и просеянный через сито №063 бой силикатного кирпича, затем ее увлажняют до 22% битумной эмульсией и дегтевой эмульсией (взятых в равных количествах) и при помощи дырчатых вальцов формуют гранулы. Гранулы заполнителя сушат до влажности 4% и обжигают, например, во вращающихся печах барабанного типа при температуре 1000°C. Готовые гранулы охлаждают до температуры 30°C и направляют на склад готовой продукции.

Увлажнение массы битумной эмульсией и дегтевой эмульсией улучшает формирование гранул, при обжиге содержащийся в эмульсиях битум или деготь выгорает, что интенсифицирует процесс обжига заполнителя. Частицы молотого боя силикатного кирпича в процессе обжига подвергаются дегидратации, выделяющиеся при этом пары воды, способствуют образованию развитой пористой структуры заполнителя.

3.2 Экономическое обоснование эффективности производства керамобетонов с использованием заполнителей из ККБ и ПБК

В данном разделе будет произведен экономический расчет рентабельности использования кирпичного боя в бетонной смеси в качестве заполнителя.

Экономический эффект Э от применения нового материала вычисляется по формуле:

$$\text{Э} = (\text{Стб} - \text{Спб}) \cdot V, \quad (3.1)$$

где Стб, Спб - стоимости одного кубического метра бетона для мелкоштучных стеновых материалов традиционного и предлагаемого составов, руб/м3;

V - объем выполненных работ, м3.

Стоимость 1 м3 бетона для всех составов, которые были получены и испытаны в процессе лабораторных работ рассчитаем по следующей формуле:

$$Сб = Ц \cdot mц + Щ \cdot mщ + П \cdot mп + В \cdot mв + Д \cdot mД, \quad (3.2)$$

где Ц - стоимость 1 кг вяжущего, руб;

В - стоимость 1 литра воды, руб;

П - стоимость 1 кг мелкого заполнителя, руб;

Щ - стоимость 1 кг крупного заполнителя, руб;

Д - стоимость 1 кг (л) добавки, руб;

mЦ, mВ, mП, mЩ, mД – соответственно масса вяжущего, воды, песка, щебня и добавки на 1 м3 бетона, кг.

При определении стоимости 1 м3 бетона по традиционной и предлагаемой технологиями стоимость компонентов бетонной смеси приняты согласно таблицам 3.1 и 3.2.

Таблица 3.1 – Стоимость компонентов бетонной смеси

Наименование	Стоимость, руб./кг.	Примечание
1	2	3
Портландцемент М400	4,00	Данные на II квартал 2018 г.
Песок из отсева дробления ККБ	0,45	Данные ООО «К-Тольятти»
Щебень из ККБ, фр. 5-30 мм	0,98	Данные на II квартал 2018 г.

Продолжение таблицы 3.1

1	2	3
Керамзитовый песок, фр. 0-5 мм	2,82	Данные на II квартал 2018 г.
Добавка С-3	60,00	Данные на II квартал 2018 г.
Вода	0,08	Данные на II квартал 2018 г.

Таблица 3.2 – Сравнительно-стоимостный анализ 1 м³ различных видов заполнителей

Наименование заполнителя	Стоимость 1 м ³ , руб.	Наименование заполнителя	Стоимость 1 м ³ , руб.
Щебень гранитный фракции 5-20	1580	Щебень вторичный бетонный фракции 20-40	800
Щебень известняковый фракции 5-20	1200	Щебень вторичный кирпичный фракции 5-10	850
Щебень керамзитовый фракции 5-10	1700	Щебень вторичный кирпичный фракции 5-20	770
Щебень вторичный бетонный фракции 5-20	920	Кирпичный бой	300

Для определения сравнительных стоимостей исследуемых бетонов использовались составы, приведенные в таблице 5.3.

Таблица 3.3 – Рецептuru составов бетонов, применяемых для производства мелкоштучных стеновых материалов

№ состава	Расход материалов, кг, на 1 м ³ керамобетона					В/Ц	ρ бетона, кг/м ³	R28 , СЖ МПа,
	Ц	Щ	П	В	Добавка С-3 (%)			
1	Обычный легкий керамобетон (предлагаемый состав 1)							
	310	795	550	232	6,2 (2)-	0,75	1734	24,8
2	Крупнопористый тяжелый керамобетон (предлагаемый состав 2)							
	400	948	-	265	8,0 (2)	0,66	1413	18,8
3	Керамзитобетон (эталонный)							
	310	495	751	225	-	0,73	1650	21,2

Стоимость 1 м³ предлагаемого состава С^{п1} керамобетонной смеси на вторичных заполнителях из ККБ и ПБК будет равна:

$$C^{п1} = 4 \cdot 310 + 0,98 \cdot 795 + 0,45 \cdot 550 + 0,08 \cdot 232 + 60 \cdot 6,2 = 1240 + 779 + 248 + 19 + 372 = 2658 \text{ руб.}$$

Стоимость 1 м³ предлагаемого состава С^{п2} керамобетонной смеси на вторичных заполнителях из ККБ и ПБК будет равна:

$$C^{п2} = 4 \cdot 400 + 0,98 \cdot 948 + 0,25 \cdot 0 + 0,08 \cdot 265 + 60 \cdot 8 = 1600 + 929 + 0 + 21 + 480 = 3030 \text{ руб.}$$

Для традиционного состава керамобетонной смеси С^{тр} марки класса В15 (М200) составит:

$$C^{тр} = 4 \cdot 310 + 2,27 \cdot 495 + 2,82 \cdot 751 + 0,08 \cdot 225 = 1240 + 1123 + 2117 + 18 = 4498 \text{ руб/м}^3.$$

Экономический эффект на 1 м³ бетона от использования предлагаемых составов составит:

- при использовании легкого керамобетона на вторичных заполнителях из ККБ и ПБК:

$$\mathcal{E} = 4498 - 2658 = 1840 \text{ руб/м}^3.$$

- при использовании легкого крупнопористого керамобетона на вторичном крупном заполнителе из ККБ и ПБК:

$$\mathcal{E} = 4498 - 3030 = 1468 \text{ руб/м}^3.$$

Экономия денежных средств, главным образом, происходит за счет использования вторичных заполнителей из дешевого, доступного и, часто невостребованного местного сырья в виде ККБ и ПБК и создания крупнопористой структуры в бетонной смеси.

Рассчитаем возможную экономию денежных средств при внедрении предлагаемых составов на предприятии ООО «Тольятти - строй» г. Тольятти, выпускающего 56000 штук условного мелкоштучного стенового прессованного блока в год.

В расчетах учтено конструктивное решение выпускаемых блоков – рядовые для наружных стен размеров 388x190x188 мм, пустотелые с несквозными пустотами.

Тогда, стоимость бетона для годового производства из предлагаемых $C^{п1}$ и $C^{п2}$ и традиционной $C^{тр}$ бетонных смесей при объеме их выпуска $V = 56000$ штук составит:

$$C^{п1} = V \cdot C^{п1} = 56 \cdot 2658 = 148\,848 \text{ тыс. руб. в год};$$

$$C^{п2} = V \cdot C^{п2} = 56 \cdot 3030 = 169\,680 \text{ тыс. руб. в год};$$

$$C^{TP} = V \cdot C^{TP} = 56 \cdot 4498 = 251888 \text{ тыс. руб. в год};$$

Экономический эффект от применения керамобетонов на вторичных заполнителях из ККБ и ПБК взамен традиционного керамзитобетона на портландцементе составит:

- от внедрения легкого керамобетона:

$$\Delta^{п1} = 251888 - 148\,848 = 103040 \text{ тыс. руб. в год.}$$

- от внедрения крупнопористого керамобетона:

$$\Delta^{п2} = 251888 - 169680 = 82208 \text{ тыс. руб. в год.}$$

3.3 Рекомендации по применению керамобетонов

Изделия из керамзитобетона используются в качестве несущих конструкций в жилищном, гражданском и промышленном строительстве. Объёмный вес керамзитобетона высоких марок примерно в 2,5 раза меньше, чем тяжёлого бетона. Таким образом, применение керамзитобетона позволяет существенно снизить вес зданий и конструкций, достигнув ряд положительных технико-экономических показателей.

Достоинства и недостатки:

По своим качественным характеристикам керамзитобетонный блок имеет ряд неоспоримых преимуществ по сравнению с традиционными видами кирпича:

- его удельный вес в 2,5 раза ниже, чем у кирпичной кладки, что позволяет существенно снизить нагрузку на фундамент;
- расход цемента при кладке из керамзитобетонных блоков гораздо ниже, чем при кирпичной, что в итоге позволяет снижать общие затраты на строительство;

- один керамзитобетонный блок по объему равен 7 полуторным кирпичам, что позволяет сокращать сроки строительства;
 - по прочности блок не уступит хорошему кирпичу;
 - это негорючий строительный материал;
 - обладает отличными звукоизоляционными качествами;
 - характеризуется высокой морозостойкостью, что в свою очередь позволяет довести срок службы до 500 лет;
- экологические свойства керамзитобетонного блока ставят его в один ряд с керамическим кирпичом, ведь для его производства используется только натуральное и экологически чистое природное сырье.

Несмотря на множество положительных характеристик, керамзитобетонные блоки всё же имеют ряд несовершенств:

- если сравнивать керамзитобетон с тяжелыми бетонами, первый имеет повышенный уровень пористости, за счёт чего его физико-механические характеристики могут уступать – имеется в виду морозостойкость, прочность и плотность;
- изделия, что выполнены из керамзитобетона, отличаются высокой хрупкостью по сравнению с традиционным бетоном. Это приводит к уменьшению количества возможных сфер применения материала. Например, в процессе закладки фундамента лучше применять обычный бетон.

Даже учитывая ряд имеющихся у материала недостатков, керамзитобетон незаслуженно не пользуется популярностью среди российских производителей, и, как следствие, среди потребителей. Технология строительства из керамзитобетона особо распространена в Германии, Голландии, Скандинавских странах, Чехии. В Европе керамзитобетонные блоки популярны еще и из-за своих "биологических" характеристик, поскольку в качестве исходного сырья используются только экологически чистые природные компоненты. В России строительство комплексов из керамзитобетонных блоков составляет около 10%, в то время

как за рубежом на долю керамзитобетонного домостроения приходится до 45%. При этом развитие материально-технологической базы позволяет керамзитобетонным блокам отечественного производства по своим физико-механическим характеристикам не только не уступать зарубежным аналогам, но и превосходить их по качеству - морозостойкости, теплопроводности, точности геометрических размеров.

Выводы по третьей главе

С учетом стоимости и приведённых затрат на обеспечение бетонной смеси боем кирпича, можно выделить низкую себестоимость производимого изделия, керамобетона. То есть затраты на классический заполнитель намного выше, в отличие от затрат на нетрадиционный заполнитель при получении тех же показателей прочности, что и у классических бетонов, без использования строительных отходов, боя кирпича.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках диссертационной работы получены следующие результаты:

1. На основе исследования научной литературы определены требования к технологии изготовления тяжелых керамобетонов.
2. Исследованы возможности тяжелых керамобетонов с учетом комплексных расчетов по добавлению неклассических заполнителей.
3. Сформулированы рекомендации по внедрению строительных отходов в марки тяжелых бетонов.
4. Разработаны и протестированы испытательные модели керамобетона в условиях повышенной нагрузки.
5. Выработаны практические рекомендации и порядок использования керамических наполнителей в марках тяжелых бетонов.
6. Проведен лабораторный эксперимент по применению готовых керамобетонных изделий в реальных условиях эксплуатации.

Таким образом, на основании проведенных в рамках диссертационной работы экспериментальных исследований можно сделать вывод, что тяжелый керамобетон, изготовленный с использованием вторичных заполнителей из ККБ и ПБК, является эффективным композиционным материалом для производства на его основе строительных изделий. Его применение по сравнению с равнопрочным тяжелыми керамобетоном позволяет снизить себестоимость выпускаемой продукции более чем на 30-40 %. Трудозатраты на производство вторичного заполнителя из ККБ и ПБК меньше в 1,5-2 раза по сравнению с трудозатратами получения керамзита того же качества. Кроме того, вторичные заполнители из ККБ и ПБК получают без термической их обработки, по сравнению с керамзитом и его разновидностями, затраты на топливо и энергию у которых составляют – 25-32 % от всех затрат их производства. Экономическая эффективность от использования предлагаемых материалов составляет до 40%, что соответствует 82208 тыс. руб. в год.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 ГОСТ 530-80 Кирпич и камни керамические. Технические условия [Текст]. - М. : изд. Стандартов, 1980.
- 2 ГОСТ 23732-79 Вода для бетонов и растворов. Технические условия. [Текст]. - М. : изд. стандартов; 1979.
- 3 Поляков, С.В. и др. Каменная кладка из пыльных известняков. [Текст] / – С.В. Поляков. Картя Молдавеняскэ, 1973. – 344 с.
- 4 Семенцов, С.Л. Каменные конструкции [Текст] / С.Л. Семенцов. - М. : Госстройиздат, 1953. - 176 С.
- 5 Ваганов, А.П Ксилолит [Текст] / А.П. Ваганов. – М. : Госстройиздат, 1959. - 144 с.
- 6 Кутателадзе, К.С. Физико-химические свойства некоторых доломитов ГССР [Текст] / К.С. Кутателадзе, О.П. Мchedлов-Петросян и др. – Тбилиси : Сообщение АН ГССР, т. XXI, te I, 1958.- 5 с.
- 7 Гогичева, Х.И. Изучение доломитов с целью получения каустического доломита [Текст] / Х.И. Гогичева. – Тбилиси : Сообщение АН ГССР, т. XXIII, it3 I, 1958. 3 с.
- 8 Кутателадзе, К.С. Исследование доломитов для получения каустического доломита и изделий на его основе [Текст] : научно-техн. отчет (ТбилНИИСМ) / К.С. Кутателадзе, Х.И. Гогичева. – Тбилиси, 1958. - 68 с.
- 9 Ведь, Е.Н. Применение доломитовых вяжущих в производстве строительных материалов. [Текст] / Е.Н. Ведь, Н.И. Пивень и др. // Тезисы докладов X юбилейной объединенной сессии НИИ Закавказских республик по строительству. – Баку, 1977. - 79 с.
- 10 Бутт, Ю.М. Технология цемента и других вяжущих материалов. [Текст] / Ю.М. Бутт. – М. : Стройиздат, 1976. - 407 с.
- 11 Бутт, Ю.М. Технология вяжущих веществ. [Текст] / Ю.М. Бутт, С.Л. Окроков и др. – М. : Высшая школа, 1965. - 619 с.

- 12 Воробьев, В.А. Строительные материалы и детали. [Текст] / В.А. Воробьев. - М.: Высшая школа, 1968. - 375 С.
- 13 Рекомендации по применению бетонов и растворов с добавками полимеров. [Текст]. – М. : Стройиздат, 1968. - 24 с.
- 14 Зедгинидзе, И.Г. Математическое планирование эксперимента для исследования и оптимизации свойств смесей. [Текст] / И.Г. Зедгинидзе, Тбилиси: Мецниереба, 1971. - 151 с.
- 15 Барабашук, В.И. Планирование эксперимента в технике. [Текст] / В.М. Барабуших и др. – Киев : Техника, 1984. - 151 С.
- 16 Хаванский, Г.С. Интерполирование табличных функций многих переменных средствами численного и номографического представления [Текст] / Г.В. Хаванский. – М. : Высшая школа, 1963. – 75 с.
- 17 СН 290-74 "Инструкция по приготовлению и применению строительных растворов [Текст]. – М. : Стройиздат, 1974.
- 18 Алексеев, С.И. Коррозия и защита арматуры в бетоне. [Текст] / С.И. Алексеев – М. : Госстройиздат, 1962. - 187 с.
- 19 Артамонов, В.С. Защита железобетона от коррозии. [Текст]/В.С. Артамонов. – М.: Стройиздат, - 1967. - 727 с.
- 20 Москвин, В.М. Коррозия арматуры в бетоне. [Текст] / В.М Москвин. – Строительная промышленность, 1961. № 12, С. 37-39
- 21 Dosho, Y. Application on recycled aggregate concrete for structural concrete / Y. Dosho, M. Narikawa, A. Nakagome, M. Kikuchi // Part 2 «Feasibility study on cost-effectiveness and environmental impact» Sustainable Construction: Use of Recycled Concrete Aggregate. London. UK. University of Dundee. – 1998. – P.389-400.
- 22 Kikuchi, M. Application of Recycled Concrete for Structural Concrete. Experimental Study on the Quality of Recycled Aggregate and Recycled Aggregate Concrete / M. Kikuchi, Y. Dosho, M. Narikawa, Y. Ohshima, A. Koyama, T. Miura // Proceeding; of Fourth CAKMET / ACUCI International

Conference on Recent Advances in Concrete Technology, Tokushima. Japan. – 1998. – P.1073-1101.

23 Donavan, Christine T. Recycling of construction waste. The new solutions of old problems [Text] / Ch. T. Donavan //Resour. Recycl. - 1991. - № 8. - P.146-155.

24 Pistill, M.F. Variability of Condensed Silika Fume Fume from a Canadion Sourse and influence on tne Properties of Cement. Cem., concr. Fnd. Aydr 1984. - V 6. - № 1. - P.33-37.

25 Alvarez, M. Einfluss des Verbundverhaltens auf das Verformungsvermogen von Stahlbeton [Text] / M. E. Alvarez. Zurich: Promotionarbeit, 1998. - 192 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

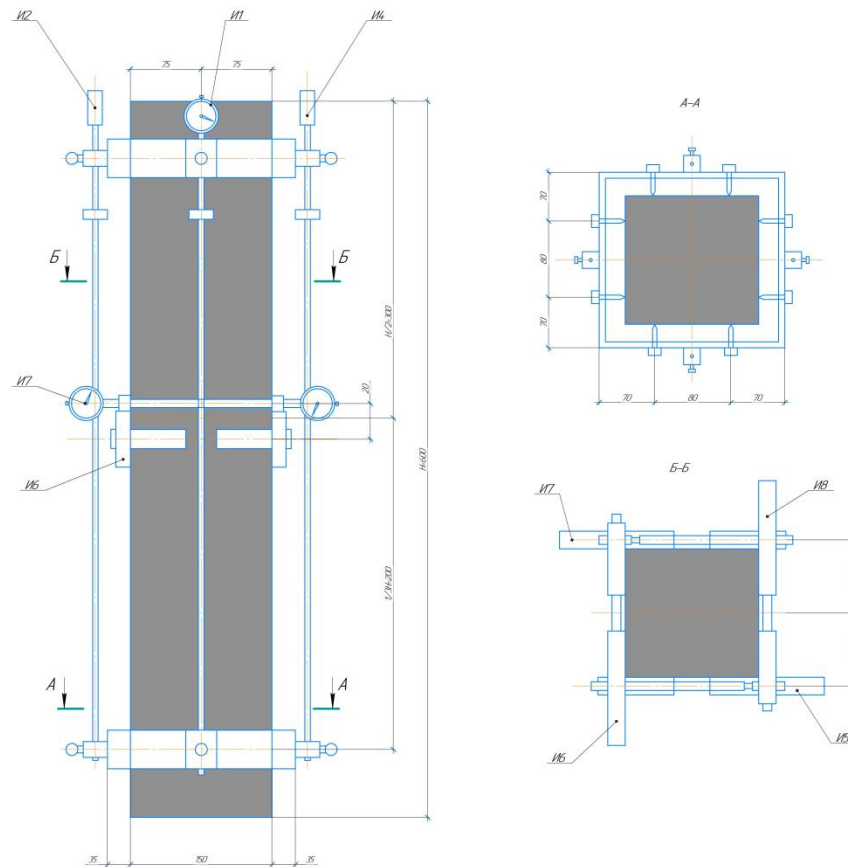
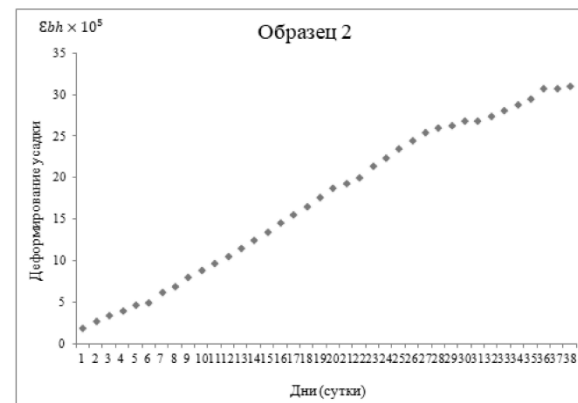
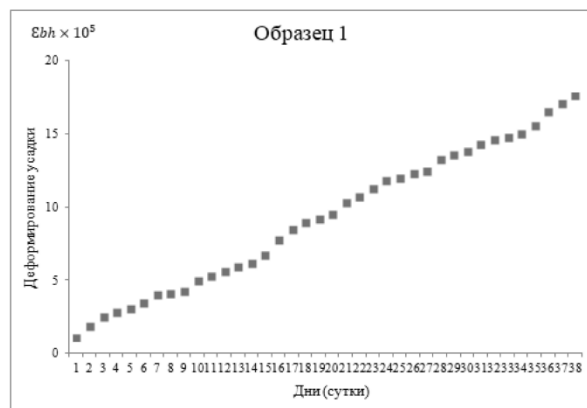


Рисунок А.1 - Схема расстановки индикаторов

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Показание приборов база измерений 400мм – 22.11.16



Графики созданы по таблице 7 пояснительной записки

Показание приборов база измерений 400мм – 02.04.18

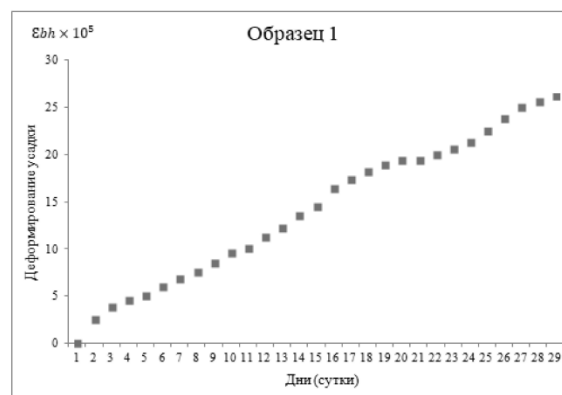


График создан по таблице 12 пояснительной записки

Рисунок Б.1 – Деформирование усадки

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Образец 1 (размер 150x150x600 - 11.04.17 t=100C)

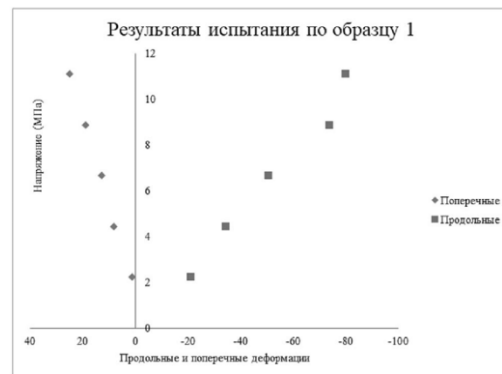


График выполнен по данным таблицы 9 пояснительной записки

Образец 2 (размер 150x150x600-12.04.17)

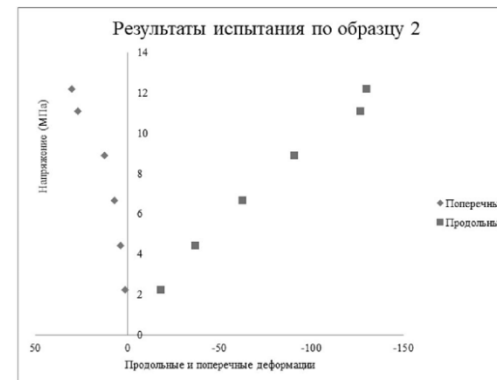


График выполнен по данным таблицы 10 пояснительной записки

Образец 3 (размер 150x150x600-13.04.17)

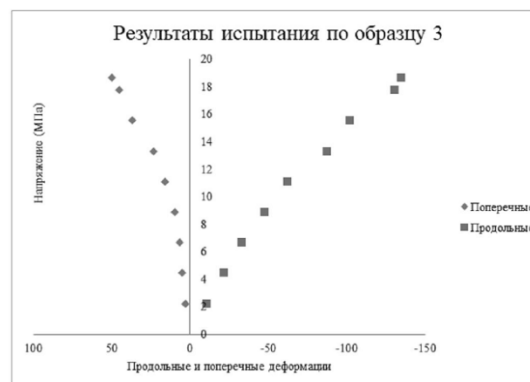


График выполнен по данным таблицы 11 пояснительной записки

Рисунок В.1 - Графики испытания на прочность

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Образец 1(04.05.2018)

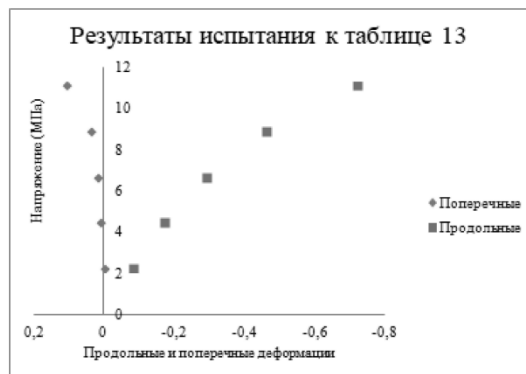


График выполнен по данным таблицы 13 пояснительной записки

Образец 2(05.05.2018 150x150x600)

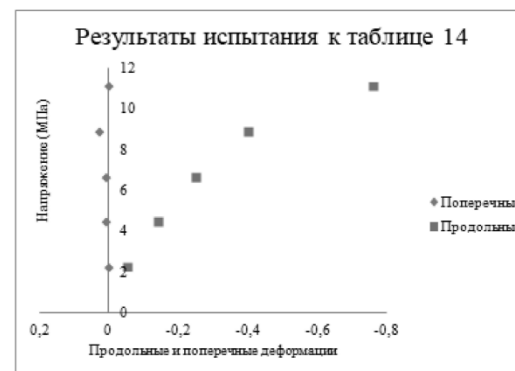


График выполнен по данным таблицы 14 пояснительной записки

Образец 3(07.05.2018 150x150x600)

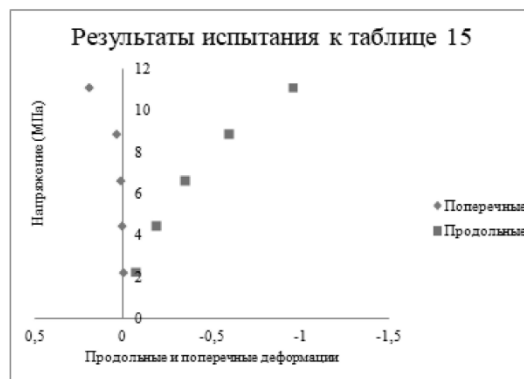


График выполнен по данным таблицы 15 пояснительной записки

Рисунок Г.1 - Графики испытания на прочность 2