

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ХАШИМОВА ГУЛНОЗА ДИЛМУРОТОВНА

Производство пенобетонных блоков

Диссертация

на получение академической степени магистра по специальности
5А340501 – “Производство строительных материалов, изделий и
конструкций”



Научный руководитель:
к.т.н., доц. Камиллов Х.Х.

Научный консультант:
к.т.н. Умаров К.

Ташкент - 2013

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН
ТАШКЕНТСКИЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ
ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой

Мама доц. Н.А. Махмудова
«26» декабря 2011 г.

Задание

по подготовке диссертации на соискание степени магистра по специальности
5А340501 «Производство строительных материалов, изделий и
конструкций»

Тема магистерской диссертации: Производство пенобетонных блоков

Утвержденная, приказом ректора института от «27»02 2012 г. за
номером № 2/55, магистранта кафедры «Технология строительных
материалов, изделий и конструкций» Хашимова Гулноза Дилмуратовна
(Ф.И.О.)

Научный руководитель: доцент Камилов Хабибулла Хамидович
(Ф.И.О., занимаемая должность, ученая степень, ученое звание)

Должна быть подготовлена и представлена к предварительной защите на
кафедре «Технология строительных материалов, изделий и конструкций»
15.06.2013г.

В работе будут использованы: Научно-исследовательские и
экспериментальные работы по разработке и исследованию дорожного бетона

В работе предусматриваются: Таблицы, графики, диаграммы,
математические модели

(таблицы, графики, схемы, диаграммы, матем. модели и т.п.)

В работе предусматривается изложение следующих групп вопросов:

1-ая группа: Современное состояние производства пенобетона неавтоклавного твердения

(название)

2-ая группа: Сырьевые материалы и методика исследований

(название)

3-ая группа: Исследование влияния пенообразователя на поверхностное водных растворов и оптимизация состава пенобетона

(название)

4-ая группа: Разработка технологии производства пенобетона

(название)

Задание выдано 26.12.2011г.

Научный руководитель _____



Камилов Х.Х.

(подпись, Ф.И.О.)

Задание принял магистрант _____



Хашимова Г.Д.

(подпись, Ф.И.О.)

Оглавление

	стр.
Введение.....	4
Глава 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ПЕНОБЕТОНА НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ...	9
1.1. Пенобетоны на портландцементном вяжущем	11
1.2. Поризованные материалы на основе безобжигового щелочного вяжущего.....	14
Выводы по главе.....	20
Глава 2. СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ.....	22
2.1. Характеристика использованных сырьевых материалов...	22
2.2. Методы проведения исследований.....	26
Глава 3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ НА ПОВЕРХНОСТНОЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ И ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ПЕНОБЕТОНА.....	31
3.1. Выбор пенообразователя для пенобетонов на основе безобжигового щелочного вяжущего.....	31
3.2. Оптимизация состава пенобетона.....	38
3.3. Строительно-технические свойства пенобетона.....	47
Выводы по главе.....	50
Глава 4. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПЕНОБЕТОНА.....	52
4.1. Определение технологических параметров получения стеновых блоков из пенобетона на безобжиговом щелочном вяжущем.....	52
4.2. Технологические схемы изготовления изделий из	

	разработанных составов пенобетона.....	54
4.3	Технология изготовления изделий на безобжиговом щелочном вяжущем.....	58
4.4.	Технико-экономическая эффективность производства пенобетона на основе безобжигового щелочного вяжущего.....	67
	Выводы по главе.....	68
	ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ.....	69
	Список использованной литературы.....	70
	Приложения.....	73

Введение

Актуальность работы. Планируемое в нашей стране увеличение объемов жилищного строительства на душу населения в год до уровня других технически развитых стран, задачи дальнейшего экономического и социального развития страны могут быть решены при соответствующей наращивании объемов производства строительных материалов. Решение этой задачи в значительной мере связаны с разработкой энергосберегающих эффективных материалов и их технологий производства с использованием отходов промышленности, которые позволяют экономить дорогостоящие природные сырьевые материалы, а также позволяют решать вопросы связанные с экологией. В этой области широкие возможности открывают безобжиговые щелочные вяжущие, производство которых направлена на использование отходов промышленности.

В целях дальнейшего углубления экономических реформ и ускорения развития промышленности строительных материалов, увеличения производства и расширения ассортимента новых современных видов строительных материалов, конструкций и изделий, обеспечения удовлетворения потребности в них внутреннего рынка с учетом реализации общенациональных программ по подготовке кадров, развитию школьного образования и жилищного строительства, а также наращивания экспортного потенциала был принят Указ Президента Республики Узбекистан № УП-3586 от 24 марта 2005 г., «Об углублении экономических реформ и ускорении развития промышленности строительных материалов», в котором предусмотрены также внедрение и освоение новых современных технологий производства строительных материалов, в том числе на базе развития отечественных прикладных научных исследований и разработок;

В целях дальнейшего улучшения архитектурно-планировочного облика сельских населенных пунктов, повышения уровня и качества жизни сельского населения за счет расширения масштабов строительства индивидуального жилья по типовым проектам, ускоренного развития на селе транспортных и инженерных коммуникаций, объектов социальной и рыночной инфраструктуры также был принят Постановление Президента Республики Узбекистан «О Программе по строительству индивидуального жилья по типовым проектам в сельской местности на 2013 год» № ПП-1902 от 4 января 2013 г.,

Использование теплоизоляционных материалов и изделий в строительстве производственных и общественных зданий позволяет обеспечить высокие тепло- и звукоизоляционные свойства строительных конструкций, сократить толщину и массу стен и других ограждающих конструкций, а следовательно, и расход основных строительных материалов (цемента, металла, кирпича) и снизить стоимость строительства. Подсчитано, что при применении теплоизоляционных материалов в ограждающих конструкциях панельных и каркасных панельных зданий сокращается расход стали в 1,5-3 раза и цемента в 3-4 раза по сравнению со стенами без тепловой изоляции; 1 т минераловатного утеплителя заменяет около 7,5 тыс. шт. кирпича.

Одним из путей решения данной проблемы также является создание на основе местных ресурсов и отходов производств высокоэффективных материалов для изготовления строительных деталей и конструкций различного назначения. В связи с этим, наиболее перспективным является получение теплоизоляционных материалов с использованием местных сырьевых материалов. Одним из таких материалов являются пенобетоны.

Неавтоклавный пенобетон является многофункциональным строительным материалом, получаемым из недорогого и доступного сырья. Его технология относительно проста, оборудование малометалло- и

энергоемко. В штучных изделиях и монолитных конструкциях этот материал наилучшим образом адаптирован к сложным климатическим и экономическим условиям, имея широкий интервал средней плотности ($\rho=100-1200 \text{ кг/м}^3$), низкую теплопроводность ($\lambda= 0.08-0.38 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$), пониженное водопоглощение ($W=8-22\%$), высокую огнестойкость. Однако, его структурная прочность ниже на два – три класса, чем у автоклавного газобетона, а влажностная усадка в 2 – 4 раза выше. Эти недостатки весьма существенны и, вплоть до настоящего времени, сдерживают его производство и широкое применение в строительстве, уступающее автоклавному газобетону, хотя металлоемкость и энергозатратность технологии последнего многократно выше.

Работа выполнялась в соответствии с тематическим планом НИР по целевой программе ПФИ-7 - “Химия, теоретические основы химической технологии, нанотехнологии: Разработка теоретических основ и установление закономерностей в процессе создания новых материалов” в рамках проекта Ф-7-44 – “Физико-химические основы разработки новых органоминеральных легких композиций и закономерности их структурообразования”.

Целью работы является разработка составов и технологии неавтоклавного пенобетона на основе отходов промышленности.

Объект и предмет исследования.

Объектом исследования является технология изготовления пенобетона.

В качестве предмета исследования определен состав пенобетонной смеси и подобрано технологическое оборудование для его изготовления.

Методы исследования.

Метод исследований комплексный, включающий анализ и научное обобщение научно-технической информации, проведение лабораторных исследований с применением современных приборов.

Полученные результаты.

Проведен анализ литературных источников посвященных технологии производства пенобетона неавтоклавного твердения. Это дало возможность практически подтвердить теоретически обоснованный выбор вяжущего и компонентов для получения пенобетона со стабильными показателями прочности.

С помощью метода математического планирования эксперимента оптимизирован состав пенобетонной смеси на основе безобжигового щелочного вяжущего.

Проведен подбор технологического оборудования для изготовления пенобетона на основе безобжигового щелочного вяжущего.

Осуществлен расчет рентабельности применяемой технологии.

Научное и практическое значение.

Научное и практическое значение работы состоит в возможности получения современного строительного материала - пенобетона на основе безобжигового щелочного вяжущего. Подбранное технологическое оборудование значительно упрощает процесс внедрения в существующие производства.

Произведенное экономическое обоснование позволяет на основе реальных результатов убедиться в эффективности предложенной технологии.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на ежегодных научно-технических конференциях студентов, магистрантов и профессорско-преподавательского состава ТАСИ, а также на «Научном семинаре»

кафедры «Технология строительных материалов, изделий и конструкций» ТАСИ в 2012, 2013 гг.

Публикации по работе.

По материалам диссертационной работы опубликованы 1 статья и 1 тезис.

Структура и объем диссертационной работы. Работа состоит из введения, IV глав, основных выводов, списка литературы из наименований; содержит 70 страниц машинописного текста и включает 20 рисунков, 14 таблиц.

Глава 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ПЕНОБЕТОНА НЕАВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

За последние десятилетия производство энергии значительно возросло, и общая тенденция роста потребления энергии во всем мире продолжает сохраняться. Во многих странах потребление энергии, отнесенное к единице валового национального продукта, значительно выше, чем в западноевропейских странах, в то время как эффективность использования энергии в промышленности и уровень теплового комфорта в зданиях значительно ниже. Для того, чтобы уровень жизни и промышленное производство в Республике Узбекистан достигло западноевропейского уровня необходимо не только снизить потребление энергии, но и повысить эффективность её использования, чтобы не допустить неоправданного увеличения объёмов её производства, связанного с сжиганием большого количества топлива и загрязнением окружающей среды.

На отопление и вентиляцию зданий различного назначения расходуется около 40% всех топливно-энергетических ресурсов. Потери тепла через наружные стены в зависимости от высоты и конструкции строения находятся в пределах 20-60% от общего расходуемого тепла /3/.

Строительные нормы и правила Узбекистана, введенные с 1997 года /4/ устанавливают нормативные значения сопротивлений теплопередачи в зависимости от трёх уровней теплозащиты зданий.

Большая часть населения городов проживает в многоквартирных панельных домах, построенных в период, когда необоснованно низкие цены на энергоносители сочетались с требованиями ускорения строительных работ, уменьшения стоимости, сокращения материалоемкости и трудоёмкости строительства. Системы отопления в этих домах лишены каких-либо устройств для регулирования. Потери теплоэнергии в домах, построенных 20-35 лет назад, огромны, и

потенциал энергосбережения, осуществляемый при теплоизоляции ограждающих конструкций, очень велик /3/.

Жилые дома, построенные 10-15 лет назад, имеют несколько более высокий уровень теплозащиты, но и этот уровень не может считаться достаточным с учётом современных требований к теплоизоляции зданий.

В жилищном строительстве Узбекистана преобладало крупнопанельное домостроение, причем однослойных панелей производилось значительно больше, чем многослойных с утеплителями. Однослойные железобетонные конструкции не соответствуют современным энергетическим требованиям.

Техническое перевооружение предприятий строительных материалов за счет их собственных средств осуществляется в основном в сфере малого предпринимательства и в рамках небольших производств. В последние годы в областях появились производства по выпуску теплоизоляционных материалов на основе базальта, пенобетона и изделий из них и другой продукции.

Актуальной является проблема разработки и использования эффективных теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных строительных материалов из местного сырья, отвечающих современным установленным и потребительским требованиям (параметрам качества) на рынке. Одним из перспективных материалов является неавтоклавный пенобетон. Используя современные пенообразователи, управляя соотношением компонентов в смеси и технологическими приемами приготовления и формования изделий (в заводских условиях и на строительной площадке), можно получать пенобетоны в широком интервале средней плотности (от 300 до 1200 кг/м³), обладающие при требуемой прочности и долговечности, низкими коэффициентом теплопроводности и стоимостью. Большим преимуществом пенобетона является возможность использования местного сырья.

1.1. Пенобетоны на портландцементном вяжущем

Этот материал, получивший широкое распространение в последние годы, на самом деле известен ещё с XIX века. В XIX веке строители подмешивали бычью кровь в цементно-известковый раствор, и белок крови, реагируя с раствором, образовывал пену. Тогда ввиду сложности получения большого количества пенообразователя пенобетон не получил распространения.

В тридцатых годах XX века Русский ученый, строитель-экспериментатор Брюшков добавил в цементный раствор мыльный корень - растение, обитающее в Центральной Азии и образующее пену. В итоге на свет появился новый строительный материал – пенобетон /5-36/. Уже позднее мастера начали активно смешивать цемент с химическими добавками – пено -либо газообразующими веществами (алюминиевой пудрой, клееканифольным веществом и др.). Но, не смотря на свои неповторимые теплотехнические характеристики, этот строительный материал прижился не сразу.

Способ приготовления формовочных пенобетонных масс зависит от принятой технологии и вида применяемого пенообразователя /4/

На сегодняшний день наибольшее распространение получили три метода производства пенобетона.

1. Классический. По этому методу сначала готовят цементное тесто или цементно-песчаный раствор, а затем в него добавляют специально приготовленную пену из пеногенератора. Раствор в бетоносмесителе смешивается с пеной и получается пенобетонная смесь, которая при последующем твердении образует пенобетон. Этот способ можно назвать наиболее отработанным и надежным. Для данного метода обычно используются органические пенообразователи, смесители с улучшенным смешением компонентов и специальные пеногенераторы.

2. Сухая минерализация /15/. По этому методу пенобетонная смесь получается при совмещении сухих компонентов с низкократной пеной, непрерывно подаваемой пеногенератором. При этом образуется устойчивая пенобетонная смесь с малым количеством свободной воды. На поверхности пенных пузырьков оседают мелкие частицы твердой фазы. Высокая насыщенность ПАВ поверхности раздела «воздушная пора – дисперсионная среда» предопределяет формирование гладкой глянцевої поверхности стенок пор. Такой метод зачастую используется при непрерывной технологии производства пенобетона. Для данного метода используется пенообразователь СДО, пеногенераторы и специальные смесители.

3. Баротехнология /22/. По этому методу пенобетон получается под избыточным давлением смеси всех сырьевых компонентов. В баросмеситель сначала заливается вода с пенообразователем, потом подаются все компоненты. После этого в баросмеситель компрессором нагнетается воздух, создавая давление внутри. Пенобетонная смесь, полученная в пенобаробетонносмесителе, под давлением транспортируется из смесителя к месту укладки в формы или монолитную конструкцию. Для данного метода используются синтетические пенообразователи и специальные бароустановки.

Приготовление пенобетонной смеси, независимо от метода вспенивания, основано на получении гетерогенной системы «газ-жидкость-твердое вещество» и может быть организовано несколькими способами. Согласно первому способу специально приготовленную технологическую пену смешивают с цементным тестом или цементно-песчаным раствором, а затем, при интенсивном перемешивании массы, получают ячеистобетонную смесь, в которой последующее схватывание и твердение вяжущего фиксирует структуру материала (классическая схема).

Во втором варианте по технологии «сухой минерализации» пены при приготовлении смеси производят путем совмещения сухих компонентов с низкократной пеной, непрерывно подаваемой пеногенератором. При этом, по мнению А. П. Меркина, происходит «бронирование единичного воздушного пузырька частицами твердой фазы и отсасывание воды из пены». Так образуется высокоустойчивая пенобетонная масса с малым количеством свободной воды /8/.

На поверхности пенных пузырьков сорбируются (втягиваются в пленку ПАВ) мелкие и гидрофильные частицы твердой фазы. Высокая насыщенность ПАВ поверхности раздела «воздушная пора – дисперсионная среда» предопределяет формирование гладкой глянцевої поверхности стенок пор. Формируется плотный припоровый слой толщиной 12-30 мкм – слой, называемый зоной подкрепления /8/.

Перспективна баротехнологии производства ячеистобетонной смеси, предусматривающей насыщение массы в герметичном смесителе сжатым воздухом с последующей выгрузкой смеси в формы, где в результате перепада давлений происходит вспучивание. По этому способу в смесь вводят воздухововлекающие добавки ПАВ и применяют специальный герметичный смеситель.

Другие способы приготовления пенобетонных смесей, описанные в литературе, не нашли широкого практического применения, хотя заложенные в них принципы имеют перспективу.

Следовательно, при выборе способа производства пенобетонных смесей следует исходить из того, какие характеристики заданы для материала, от возможности предприятия в приобретении необходимого оборудования, а также от вида сырьевых материалов и ряда других исходных условий организации производства.

Сущность баротехнологии заключается в поризации под избыточным давлением смеси всех сырьевых компонентов. Концентрат

пенообразователя и воду дозируют по объему, цемент и песок - по массе (или дозируется по массе специально изготовленная сухая смесь из сухого пенообразователя, цемента и песка). Все компоненты подают в пенобарбетоносмеситель, куда компрессором нагнетается воздух, создавая внутри давление. Пенобетонная смесь, полученная в пенобарбетоносмесителе, под давлением транспортируется из смесителя к месту укладки в формы или монолитную конструкцию.

Анализ данных технологий производства пенобетона свидетельствует о том, что каждая из них имеет свои достоинства и недостатки (табл.1), которые соответственно влияют на строительно-технических свойствах получаемого пенобетона и его себестоимости.

Все перечисленные технологии отличаются нестабильностью получаемой ячеистой структуры и, поэтому, свойств материала, поскольку пенобетонная смесь чрезвычайно чувствительна к минералогическому и вещественному составу вяжущего и наполнителей, с одной стороны, и добавок - с другой. Другим недостатком является повышенная влажность пенобетона, ввиду высоких значений исходного В/Т.

Все вышеприведенные исследования выполнены в основном с использованием портландцементного вяжущего.

1.2. Поризованные материалы на основе безобжигового щелочного вяжущего

Автоклавный бетон на шлакощелочном вяжущем является одним из перспективных видов ячеистого бетона /25/. Для его производства не требуется традиционное вяжущее - цемент или известь, а используются отходы щелочи и шлаков.

Основным компонентом смеси для производства ячеистого бетона в данном случае является молотый гранулированный шлак, основной или

Таблица 1. Основные различия в технологиях приготовления пенобетона

Способ получения	Достоинства технологии	Недостатки и их причина
Традиционный метод	<p>1) Наиболее отработанный и надежный;</p> <p>2) Параметры пенобетона регулируются соотношением между пеной и раствором в составе пеномассы.</p>	<p>1) В процессе перемешивания частично происходит разрушение структуры пеномассы.</p> <p>Это зависит от:</p> <ul style="list-style-type: none"> - длительности перемешивания; - при долгом перемешивании можно разрушить всю пену и не получить поризованной пеномассы; - скорости перемешивания; - характера циркуляции смешиваемой пеномассы в смесителе и формы смесительных лопаток; - тиксотропных характеристик смеси: подвижности, вязкости, пластической прочности и т. д.; - от стойкости исходной пены (зависит от типа пеногенератора)

<p>Метод «сухой минерализации»</p>	<p>1) Такой метод пригоден для непрерывной технологии производства пенобетона;</p> <p>2) Образуется устойчивая пенобетонная смесь с малым количеством свободной воды;</p> <p>3) Управлять эксплуатационными характеристиками пенобетона можно за счет изменения кратности пены.</p>	<p>1) Необходимо точное и равномерное дозирование сухих компонентов и их равномерное распределение в поризуемой смеси без ее разрушения.</p>
<p>Варотехнология</p>	<p>1) Отсутствует такой сложный технологический процесс, как пеногенерация и, соответственно, пеногенератор;</p> <p>2) Возможность получения сверхлегкого пенобетона (менее 300 кг/м³); 3) Обжатие пены и пеносмеси вызывает искусственное снижение их кратности; 4) С повышением степени обжатия улучшаются технологические свойства смеси - при повышении давления пузырьки сжимаются пропорционально величине избыточного давления. В сжатом состоянии пузырьки упрочняются. Сырьевая смесь по выходу из растворопровода «расширяется» из-за перепада давления;</p> <p>5) Возможность транспортирования на большие расстояния и по горизонтали, и по вертикали.</p>	<p>1) Многофакторная взаимосвязь параметров процесса;</p> <p>2) Необходимость жесткого соблюдения последовательности загрузки компонентов в смеситель, продолжительности и интенсивности перемешивания.</p>

кислый. Вторым составляющим смеси является едкая щелочь, например, в виде содощелочного плава.

С целью экономии гранулированного шлака в состав смеси вводят различные минеральные заполнители, например молотый песок, золу-уноса, которая обычно не требует дополнительного измельчения в мельнице. Указанные минеральные заполнители в условиях автоклавной обработки способны к самостоятельному твердению.

Технология ячеистого бетона на шлакощелочном вяжущем аналогична технологии ячеистого бетона на традиционных вяжущих (цементе, извести).

Отличие технологии газобетона на шлакощелочном вяжущем, заключается в быстром разогреве и схватывании газобетонной смеси, поэтому на этом вяжущем лучше изготавливать пенобетон, так как быстрое схватывание пенобетонной смеси положительно влияет на ее структурообразование и свойства.

Технологические параметры ячеистого бетона на шлакощелочном вяжущем должны уточняться в каждом конкретном случае с учетом особенностей применяемого сырья.

Свойства пенобетона зависят от ряда причин. Так, в зависимости от исходного сырья, при прочих равных условиях прочность будет разная. От вида сырья зависит дозировка щелочи, обеспечивающая наибольшую прочность. На прочность влияет дисперсность исходного сырья и количество минеральной добавки, а также количество воды затворения и режим автоклавной обработки.

Влияние этих технологических факторов установлено не только для раствора, но и пенобетона автоклавного твердения.

Для обеспечения необходимых реологических свойств растворной смеси на различных шлаках и различных щелочных компонентов требуется разное их количество. В состав щелочных компонентов входит

кий натрий технический, плавленная смесь щелочей, сода техническая и дощелочной плав, полученный из отходов промышленности.

Усадка пенобетона увеличивается по мере увеличения щелочного компонента: при расходе от 5-13% усадка доходит от 0,85 до 2,35 мм/м для пенобетона на основном доменном шлаке. На кислом шлаке - от 0,45 до 1,5 мм/м. Усадка возрастает и по мере увеличения удельной поверхности основного шлака. Введение в смесь кремнеземистого компонента - песка в количестве, обеспечивающем устойчивость пенобетонной смеси, приводит к снижению усадки, но количество песка ограничивается для основного шлака до 20%, кислого до 10%.

Пенобетон, изготовленный на основном доменном шлаке, обладает хорошей морозостойкостью.

Одним из важных технологических факторов, влияющих на свойства пенобетона на шлакощелочном вяжущем, является количество воды затворения (В/Т). Оптимальное количественное соотношение обеспечивает устойчивую пенобетонную смесь и наибольшую прочность.

Влияние водотвердого отношения на других видах гранулированного шлака имеет аналогичный вид. Время выдерживания пенобетона перед автоклавной обработкой 4-5 ч. Режим автоклавной обработки пенобетона-сырца, изготовленного на шлакощелочном вяжущем следующий: подъем давления до максимального не менее 2 ч. Длительность изотермического прогрева при 0,8 МПа 8-10 ч, снижение давления - 8 ч. Такой режим обеспечивает наибольшую прочность и наименьшую усадку пенобетона.

У пенобетона на шлакощелочном вяжущем автоклавного твердения усадка связана с прочностью, так чем больше прочность, тем меньше усадка.

Технологический процесс упрощен по сравнению с традиционным благодаря некоторым особенностям состава, которые позволяют

осуществлять перемешивание пены и составляющих бетона в одном смесителе.

По своим свойствам автоклавный пенобетон на основном и кислом шлаке не уступает автоклавному ячеистому бетону на цементном и цементно-известковом вяжущем, а по некоторым свойствам имеет более высокие показатели.

Газобетон на шлакощелочном вяжущем можно получить при условии низкой концентрации щелочного компонента и добавки к шлаку кремнеземистого компонента.

В качестве щелочного компонента можно использовать щелочной сток - жидкий отход обогащения флюоритовой руды, а кремнеземистого компонента твердые отходы обогащения этой руды (флото-хвосты). Шлак может быть использован доменный гранулированный, а также электротермофосфорный, после соответствующей проверки на радиоактивность. В качестве газообразователя служит алюминиевая пудра. Режим автоклавной обработки такой же, как для газобетона на цементном вяжущем.

Газобетон на шлакощелочном вяжущем и флотохвостах обладает свойствами, отвечающими требованиям нормативных документов к ячеистым бетонам, а по экономическим показателям более эффективен, чем газобетон на цементе. Использование жидких и твердых отходов производства положительно влияет на состояние окружающей среды.

В Ташкентском архитектурно-строительном институте также ведутся научно-исследовательские работы над созданием поризованных бетонов на основе безобжигового щелочного вяжущего /24/. Ими исследовано влияние пенообразователей на основные свойства БЩВ (сроки схватывания, прочность и пластическую прочность) как основного составляющего поризованного теплоизоляционного арболита.

В ходе проведения исследований установлено /25/, что метод сухой

минерализации приготовления смеси не эффективен при приготовлении пенобетонной массы в силу большего водопоглощения органического растительного заполнителя по сравнению с древесными заполнителями.

Впервые получен поризованный арболит на БЦВ и местных органических заполнителях, который может быть использован для теплоизоляции жилых зданий.

Доказано [24], что традиционный отдельный метод приготовления поризованной арболитовой смеси из безобжигового щелочного вяжущего является наиболее эффективным, так как этот метод позволяет предварительно и целенаправленно изменять технологические свойства сырьевой смеси до введения пены.

Анализируя вышеприведенные данные литературных источников современного состояния исследований и производства пенобетонов и поризованных материалов, можно сделать следующие выводы:

1. В последнее время наблюдается удорожание цен на энергоносителей. В связи с этим актуальной является проблема разработки и использования эффективных теплоизоляционных и конструктивно-теплоизоляционных строительных материалов, отвечающих современным установленным и потребительским требованиям. Одним из перспективных материалов является неавтоклавный пенобетон.

2. Наиболее изученными являются пенобетоны на основе портландцементного вяжущего. Несмотря на простоту технологии производства пенобетона, в описаниях которого приводятся в литературных источниках посвященных технологии его производства. В его производстве приходится сталкиваться с некоторыми технологическими трудностями, связанными совместимостью применяемой пены с вяжущим веществом, длительностью твердения, значительной усадкой и трещинообразованием твердеющего материала.

3. Проведенный литературный обзор показал, что весьма перспективным является использование безобжиговых щелочных вяжущих, которые позволяют использования местного сырья, в частности отходы промышленности.

4. Вышеуказанными трудностями также приходится сталкиваться при производстве пенобетона на основе безобжигового щелочного вяжущего. В связи с этим считаем необходимым рассмотреть следующие вопросы:

- исследовать влияние пенообразователя на поверхностное натяжение щелочного компонента;
- исследовать влияние пенообразователя Ареком-4 на процессы структурообразования пенобетона на основе безобжигового щелочного вяжущего;
- оптимизировать составы пенобетона и исследовать его строительно-технические свойства;
- разработать технологию производства пенобетона на основе безобжигового щелочного вяжущего.

Таблица 2. Химический состав 31Ф вяжущего

Элемент	Содержание оксидов, %										
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	Li ₂ O	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃
31Ф вяжущее	40,16	2,95	16,5	0,45	-	5	1	0,07	-	-	0,07

2. СЫРЬЕВЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Характеристика использованных сырьевых материалов

В работе использовались местное сырье и техногенные отходы промышленности.

В качестве алюмосиликатного компонента был использован Джамбульский электротермофосфорный (ЭТФ) шлак. Гранулированные электротермофосфорные шлаки состоят в основном из CaO и SiO₂ и в небольших количествах содержат P₂O₅ и FН₂. ЭТФ шлаки имеют постоянный химический состав, колебания по основным окислам составляют незначительную величину. Так, CaO изменяется в пределах 44 - 46 %, SiO₂—39 - 43%, Кристаллические фазы в ЭТФ шлаках колеблются от 0 до 4%. (табл. 2).

Все фосфорные шлаки по химическому составу относятся к основным шлакам с низким модулем основности. Петрографические исследования показали, что гранулированные ЭТФ шлаки по структуре представляют собой силикатный расплав волластонитового состава.

Исследования проводили на тесте нормальной густоты. Физико-механические свойства вяжущих исследовали в соответствии действующих стандартов и методик.

Таблица 2. Химический состав ЭТФ шлака

Вид и наименование материалов	Содержание оксидов, %											
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	MnO	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	SO ₃	пшп
ЭТФ шлак	40,18	2,9	46,5	0,45	-	5	3,1	0,07	-	-	0,37	0,91

В качестве щелочного компонента использовали:

– водный раствор силиката натрия (жидкое стекло) с силикатным модулем $M_c = 3$, с плотностью $1,1 \div 1,3 \text{ г/см}^3$; Водный раствор силиката натрия имел следующий химический состав, %, мас: SiO_2 -73,2; Na_2O -24,41; Al_2O_3 - 1,5; Fe_2O_3 - 0,07; примеси - 0.82.

– каустическая сода (NaOH);

Щелочные компоненты использовались в виде водного раствора. Плотность щелочного компонента меняли добавлением воды.

Силикатный модуль силиката натрия регулировался с помощью водного раствора каустической соды.

В качестве мелкого заполнителя использовали речной песок Чиназского карьера, характеристики которого приведены в табл. 3.

Таблица 3. Физические свойства песка ОАО «Нерудник»

Наименование параметров(требований)		Ед. изм.	Значения параметров
1	2	3	4
1.	Модуль крупности	%	2,4
2.	Содержание пылевидных и глинистых частиц, не более	%	0,7
3.	Содержание глины в комках, не более	%	0

Промышленностью выпускаются множество видов пенообразователей. В исследованиях пользовались пенообразователями Сетора, Ареком и Винпор.

Пенообразователь Ареком-4 разработан специально для производства пенобетона в бароустановках (установки Санни и аналоги). Пенообразователь является экологически чистым, биоразлагаемым продуктом.

Характеристики пенообразователя Ареком-4 /26/.

- светло серая жидкость без осадка и расслоения;
- плотность 1000-1200 кг/м³ при комнатной температуре;
- коэффициент стойкости в цементном тесте - 0.99;
- стойкость на истечение жидкости из пены (первая капля) - 50 минут;
- температура застывания минус 3 градуса, после размораживания свойства пенообразователя не меняются.

Пенообразователь Сетора выпускается в качестве пенообразователя для тушения пожаров. Имеет светло желтую окраску.

Пенообразователь Винпор является разработкой и выпускаемый ООО «Qobil», имеет коричневый цвет.

Плотности пенообразователей приведены в табл. 4.

Таблица 4. Плотность использованных пенообразователей

№	Наименование	Плотность, г/см ³
1	Сетора	1,057
2	Ареком	1,075
3	Винпор	1,13
4	ПБ-2000	1,09

В исследованиях в качестве микроармирующего материала пользовались полипропиленовыми волокнами. Полипропиленовое фиброволокно применяется в бетонах всех типов и марок, водостойких штукатурках, цементно-песчаных стяжках, для монолитной заливки стен (внешних и внутренних, конструкционных и термоизоляционных), в промышленном и жилом строительстве. Использование фибры рекомендуется при производстве пенобетона, тротуарной плитки, бетонных плит, отмостков и т.д. /27/.

Полипропиленовая фибра (рис. 1) является высокодисперсным волокном, позволяющим повысить потребительские свойства строительных растворов. Полипропиленовое фиброволокно препятствует

усадочному трещинообразованию, повышает сопротивление статическим и динамическим нагрузкам. Использование фибры существенно сокращает сроки проведения работ.



Рис. 1. Полипропиленовая фибра

Фибра полипропиленовая - синтетическое волокно из полипропилена для дисперсного армирования бетонов, растворов на цементной и гипсовой основе по всему объему смеси.

Несмотря на то, что при введении фибры осадка конуса несколько уменьшается, удобоукладываемость смеси даже улучшается, поэтому после введения фиброволокна не имеет смысла добавлять воду для увеличения осадки конуса.

Эффект применения фиброволокна /27/:

- В отличие от металлической сетки армирует раствор по всем направлениям.
- Снижение процессов трещинообразования, предупреждение сколов и растрескивания.
- Повышение сопротивления к механическим воздействиям.
- Повышение устойчивости к усадке и излому.
- Снижение эффекта расслоения (отслоения).
- Увеличение сопротивления трению, снижение водопроницаемости.

- Повышение общего срока эксплуатации за счет устойчивости к замораживанию-оттаиванию.

- При использовании для штукатурных смесей позволяет отказаться от армирования.

- Улучшает гидроизоляционные свойства бетонов при обустройстве бассейнов и других гидротехнических сооружений.

Таблица 5. Технические характеристики полипропиленовой фибры /27/

Материал	100% полипропилен
Плотность	0,91 г/см ³
Длина волокон, мм	3, 6, 9, 12 и до 51
Диаметр волокна, мкм	20
Прочность на растяжение, МПа	170-260
Удлинение до разрыва, %	150-250
Химическая стойкость	исключительная
Стойкость к солям, кислотам, щелочам	исключительная
Стойкость к растворителям	высокая
Электропроводимость	низкая
Термическая стойкость	низкая
Температура воспламенения, °С	320
Температура плавления, °С	160

2.2. Методы проведения исследований

При получении пенобетона использовалась классическая технология: отдельно готовились растворная смесь и пена, которые впоследствии смешивались.

Изготавливались образцы размеров 100x100x100 мм.

Для определения прочности образцов пенобетона использовался гидравлический пресс марки П10.

Алюмосиликатные компоненты БЩВ измельчали в лабораторной шаровой мельнице МБЛ.

Удельную поверхность молотых порошков определяли на приборе Т-3 в соответствии ГОСТ 310.1-76 "Цементы. Методы определения тонкости помола".

Определение оптимального количества пенообразователей проводился экспериментальным путем.

Для определения pH среды растворов использовался лабораторный pH-метр WTW pH 330.

Характеристики БЩВ определяли в соответствии с ГОСТ 310.1-76 "Цементы. Методы определения тонкости помола", ГОСТ 310.2-76 "Цементы. Методы испытаний", ГОСТ 310.3-76 "Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема", ГОСТ 310.4-76 "Цементы. Методы определения прочности при изгибе и сжатии".

Характеристики пенобетона определялись согласно ГОСТ 10180, ГОСТ 12852.1, ГОСТ 22690, ГОСТ 12852.2.

Оптимизацию составов пенобетона выполнили по методике, приведенной в /36,37/.

Определение теплофизических свойств поризованного арболита. Теплофизические характеристики разработанного поризованного арболита определяли с помощью современного прибора «ИТС-1», который предназначен для измерения теплопроводности и теплового сопротивления строительных и теплоизоляционных материалов методом стационарного теплового потока в соответствии с ГОСТ 7076-99. Общий вид прибора показан на рис. 2.

Условия эксплуатации прибора, при которых обеспечиваются нормированные, метрологические характеристики:

- температура окружающего воздуха $10 \div 35^\circ\text{C}$;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80%.



Рис. 2. Общий вид прибора определения теплофизических свойств материалов ИТС-1.

Таблица 6. Основные технические характеристики прибора ИТС-1

Характеристика	Единица измерения
Диапазон измерения теплопроводности, Вт/(мК)	0,02... 1,5
Диапазон измерения теплового сопротивления, м ² -К/Вт	0,01... 1,5
Пределы допускаемой относительной погрешности измерения теплопроводности и теплового сопротивления, %	
Потребляемая мощность, ВА, не более	120
Время измерения, ч	0,5...2,5
Толщина измеряемого образца, мм	10...25
Напряжение питания, В	~220±22

Статистическая обработка результатов исследований производилась по ГОСТ 180115-72 «Бетоны. Контроль и оценка однородности и прочности» с определением средней арифметической прочности, характеристики дисперсии, среднеквадратического отклонения и коэффициента вариации.

Поверхностную активность растворов определяли методом поверхностных явлений - сталагмометрическим методом /33/. В основе метода лежат условия отрыва капли под действием собственного веса. Сталагмометр представляет собой капилляр на конце бюретки. Капилляр имеет широкий тщательно отшлифованный конец.

Для проведения опыта сталагмометр закрепляют в штативе. Надевая резиновую трубку на верхний конец, засасывают жидкость выше верхней метки. Отсчитывают число капель, вытекающих из объема V от верхней до нижней метки. Измерения проводят 3-4 раза и берут среднеарифметическое значение со стандартной жидкостью (водой). Поверхностное натяжение рассчитывают по формуле:

$$\sigma = \sigma_0 * \frac{n_0 d_x}{n_x d_0}$$

где: d_0 и d_x – плотности воды и исследуемой жидкости,

σ_0 и σ - поверхностное натяжение стандартной и исследуемой жидкости.

n_0 и n_x - число капель воды и исследуемой жидкости.

Значения d_0 и σ_0 берут из справочника /33/:

$$d_{H_2O}^{20^{\circ}C} = 1g/cm^3, \sigma_{H_2O}^{20} = 72.56 \text{ эрг}/\text{см}^2$$

Структурообразование твердеющих систем вяжущих определяли с помощью прибора Ultrasonic Tester Steinkamp PB 5 (Германия). Для этого специально изготовили форму (рис. 3), позволяющую исследовать структурообразование даже у свежеприготовленного вяжущего. Скорость прохождения ультразвука через образцы определяли по формуле:

$$V = L/t$$

где: V – скорость прохождения ультразвука через образец, км/сек;

L – расстояние между электродами, мм;

t – время прохождения ультразвука, мсек.

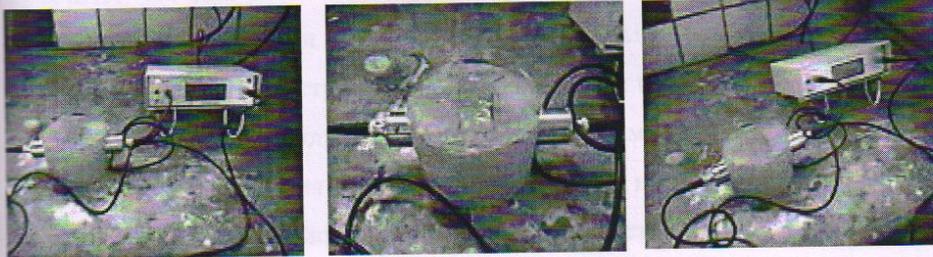
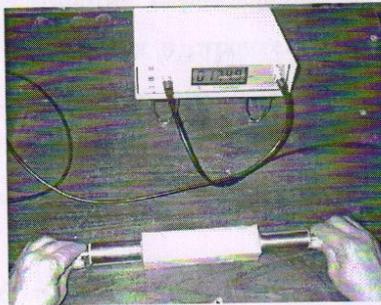


Рис. 3. Прибор и форма для определения скорости прохождения ультразвука через образцы

3. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ НА ПОВЕРХНОСТНОЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ И ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ПЕНОБЕТОНА

3.1. Выбор пенообразователя для пенобетонов на основе безобжигового щелочного вяжущего

В последнее десятилетие поризованные материалы, в частности, пенобетоны широко внедряются в строительство. Широкое применение пенобетона основано на таких его параметрах, как низкая средняя плотность, улучшенные теплозащитные свойства, легкость конструкции, пониженные трудозатраты при изготовлении и использовании в строительстве.

Несмотря на большой перечень достоинств пенобетона, следует отметить, что для всех видов используемого пенобетона естественного твердения прочность при сжатии требует желательно увеличить.

Над улучшением строительно-механических свойств работает много научных школ, в результате чего к настоящему времени произошли существенные изменения по совершенствованию параметров качества, но несмотря на значительный успех в этой области, задача такого рода остается актуальной и сегодня.

Если пенобетонную смесь рассматривать как двухкомпозиционный материал, который состоит из строительной пены и матрицы из вяжущего и каждый из этих двух компонентов в одинаковой степени оказывает принципиальное влияние на строительно-технические свойства. В отличие от традиционно используемого для производства пенобетонов портландцемента, БЩВ отличаются повышенной рН средой. Поэтому не каждая пенообразующая добавка может быть совместима с БЩВ. В связи с этим встает вопрос, какой должна быть пенообразующая добавка и на ее основе строительная пена.

В настоящее время существует много пенообразующих добавок, каждая из которых отличается набором технологических и экономических достоинств. До настоящего времени нет универсального подхода к оценке эффективности того или иного пенообразователя. Для каждого конкретного случая применимости важны свои критерии оценки.

В состав пенообразователей в той или иной мере входят поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые при растворении в жидкостях существенно понижают поверхностное натяжение на границе раздела фаз «жидкость-газ».

С понижением поверхностного натяжения раствора повышается кратность получаемых из него пен. Это связано с тем, что чем меньше поверхностное натяжение раствора, тем меньше работы нужно затратить на создание новых поверхностей раздела фаз «жидкость-газ», и, как следствие, получить больший объем пены [33].

Поверхностное натяжение также оказывает влияние на лапласовское давление воздуха в порах, которое оказывает противодействие давлению вяжущего теста и уплотняющее давление на него в межпоровых перегородках.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что поверхностное натяжение является одним из важнейших показателей качества пенообразователей.

В настоящих исследованиях нами были изучены влияние пенообразователя Ареком-4 на поверхностное натяжение водных растворов, используемых в качестве щелочного компонента при приготовлении БЦВ.

В качестве исследуемых водных растворов были применены – водные растворы трисиликата натрия, дисиликата натрия, технической соды, а также дистиллированная вода.

Пенообразователь Ареком-4 является белковым и аналогом известного германского пенообразователя «Неопор».

Поверхностную активность растворов определяли методом счета или взвешивания капель (сталагмометрический). В основе метода лежат условия отрыва капли под действием собственного веса. Сталагмометр представляет собой капилляр на конце бюретки. Капилляр имеет широкий тщательно отшлифованный конец.

Пенообразователь добавляли в зависимости от объема исследуемых водных растворов. Полученные результаты представлены в рис. 4.

Причиной понижения поверхностного натяжения является строение молекул ПАВ, которые состоят из полярных групп и неполярного углеводородного радикала. Полярная часть молекулы ПАВ гидрофильна, а неполярная гидрофобна. Вследствие этого, при введении в раствор пенообразователей молекулы ПАВ адсорбируются на поверхности раздела фаз «жидкость - газ», что приводит к понижению свободной поверхностной энергии за счет замещения на поверхности молекул воды менее полярными молекулами и за счет увеличения в поверхностном слое межмолекулярного расстояния.

Значительное понижение поверхностного натяжения фиксируется у водных растворов трисиликата натрия и технической соды уже при добавке в зависимости от объема 0,5 % пенообразователя Ареком-4. При этой концентрации достигается критическая концентрация мицеллообразования (ККМ). Этот показатель при добавке к водному раствору дисиликата натрия достигается при 1,0 %. Дальнейшая добавка пенообразователя в эти растворы привело к незначительному снижению их поверхностного натяжения. При дальнейшей добавке пенообразователя снижение поверхностного натяжения идет более медленными темпами достигает минимума при концентрации примерно 2,5 % и составляет 28,3,

32,41 и 33,29 мДж/м², соответственно для водных растворов технической соды, дисиликата и трисиликата натрия.

Из справочных источников известно, что поверхностное натяжение исходной дистиллированной воды составляет $\sigma=72,75$ мДж/м². Исследованиями установлено, что при добавлении пенообразователя Ареком-4 0,5% в зависимости от объема дистиллированной воды поверхностное натяжение снижается и составляет 53,9 мДж/м². Дальнейшее каждое увеличение концентрации пенообразователя на 0,5% привело к плавному снижению поверхностного натяжения воды и в конечном итоге количество пенообразователя в количестве 2,5% привело к значению поверхностного натяжения 39,3 мДж/м². Обращает на себя внимание монотонное снижение поверхностного натяжения с повышением концентрации пенообразователя, что затрудняет определение ККМ.

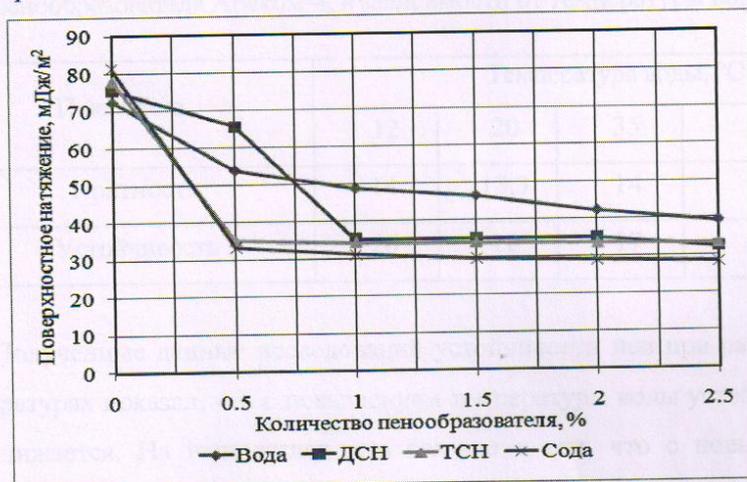


Рис. 4. Влияние концентрации пенообразующей добавки Ареком-4 на поверхностное натяжение растворов

Устойчивость и кратность пены также оказывают значительное влияние на качество получаемого поризованного материала.

В классической технологии производства пенобетона, как правило, используются пены средней кратности (от 4 до 9). При этом образуется полифракционная сферическая пористая структура (максимальная пористость пенобетона, по литературным данным, составляет около 83% при кратности пены 6-9) /26/. За счет образования точечных отверстий в зоне соприкосновения сферических пузырьков пены после отверждения материал приобретает открытую пористость. Размер точечных отверстий очень мал, поэтому их наличие не сказывается на прочности получаемого поризованного материала.

Результаты определения устойчивости и кратности пен при различных температурах воды приведены табл. 7.

Таблица 7. Устойчивость пен (мин), приготовленных на основе пенообразователя Ареком-4, в зависимости от температуры воды

Показатель	Температура воды, °С			
	12	20	35	50
Кратность	14	13,3	14	14
Устойчивость	26	20	17	4

Полученные данные исследований устойчивости пен при различных температурах показал, что с повышением температуры воды устойчивость пен снижается. На наш взгляд, это связано с тем, что с повышением температуры воды снижаются молекулярные растягивающие усилия, приводящие к снижению поверхностного натяжения растворов, вследствие чего ускоряется водоотделение из полученных пен.

Установлено, что независимо от температуры использованной воды кратность полученных пен остаются относительно стабильными. При этом кратность пен составляет 14.

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, пенообразователь Ареком-4 является устойчивой к рН среде безобжиговых щелочных вяжущих и может рекомендована для изготовления пенобетона на основе указанных вяжущих.

Технологические приёмы получения создают определённые условия формирования его структуры и поэтому оказывают значительное влияние на процессы структурообразования, протекающие в нём.

Изготовление пенобетона включает в себя операцию введения в смесь добавки – пенообразователя, влияющего на структурообразование вяжущей системы.

Общеизвестно, что с изменением прочности бетона скорость прохождения ультразвуковых волн проходящих через него сопровождается закономерным увеличением скорости.

Исследование с помощью ультразвукового импульсного метода вяжущих композиций БЦВ в специально изготовленной нами форме (рис.5) показало, что процесс структурообразования явно выражен в полученных данных(рис. 6,7).

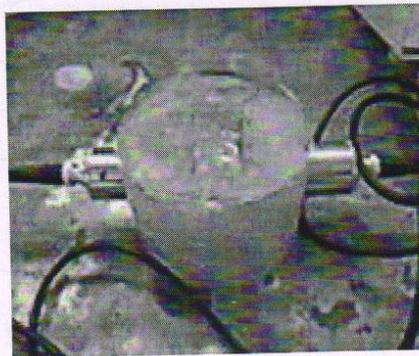


Рис. 5. Форма заполненная исследуемым образцом

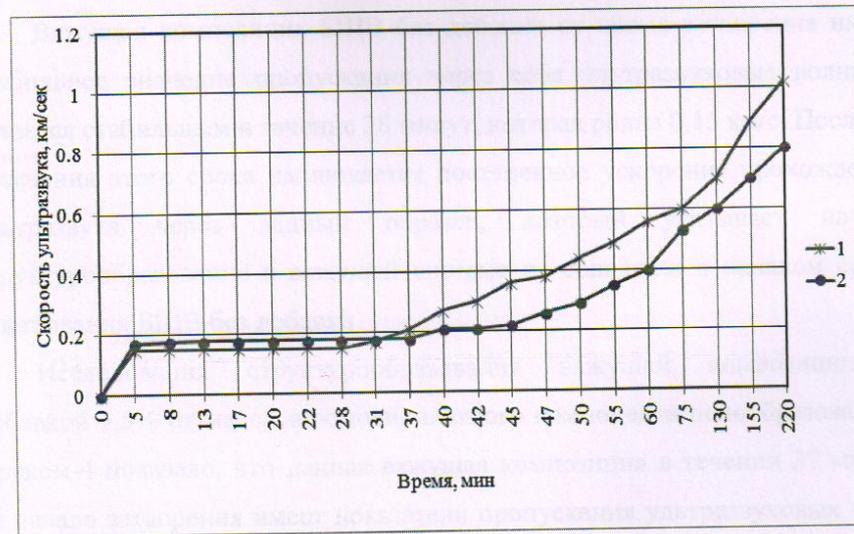


Рис.6. Скорость ультразвуковых волн через образцы безобжигового щелочного вяжущего: 1 – вяжущее без добавки; 2 – вяжущее с добавкой (1,5% от массы) пенообразователя Ареком-4.

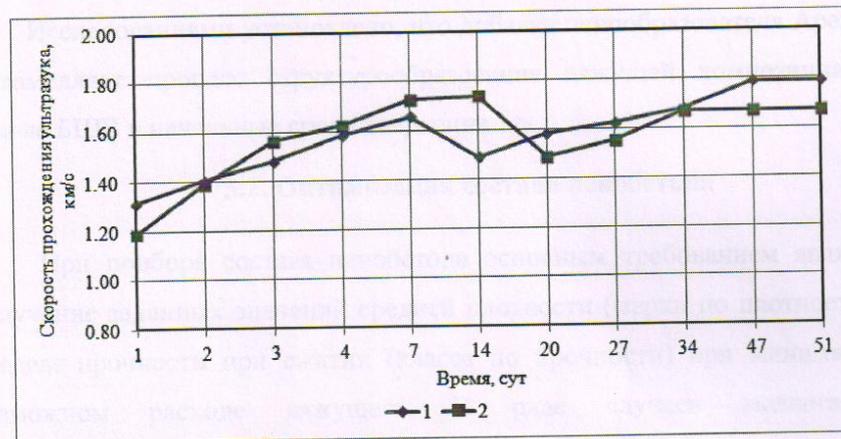


Рис.7. Скорость ультразвуковых волн через образцы безобжигового щелочного вяжущего: 1 – вяжущее без добавки; 2 – вяжущее с добавкой (1,5% от массы) пенообразователя Ареком-4.

Вязущая композиция БЩВ без добавки от время затворения имеет стабильное значение пропускания через себя ультразвуковые волны и остается стабильным в течение 28 минут, которая равна 0,15 км/с. После истечения этого срока наблюдается постепенное ускорение прохождения ультразвука через данный образец, который указывает начало структурообразование в вязущей системе и совпадает с началом срока схватывания БЩВ без добавки

Исследования структурообразования вязущей композиции с добавкой 1,5% от массы алюмосиликатного компонента пенообразователя Ареком-4 показало, что данная вязущая композиция в течении 37 минут от начало затворения имеет показатели пропускания ультразвуковых волн стабильными равными 0,17 км/с, которое указывает периоду растворения алюмосиликатного компонента. Период кристаллизации начинается 40 минут от момента затворения, т.е. на 9 мин позже чем с образцом без добавки.

Исследованиями установлено, что добавка пенообразователя Ареком-4 замедляет процесс структурообразование вязущей композиции на основе БЩВ в начальные сроки твердения.

3.2. Оптимизация состава пенобетона

При подборе состава пенобетона основным требованием является получение заданных значений средней плотности (марки по плотности) и предела прочности при сжатии (класса по прочности) при минимально возможном расходе вяжущего. В ряде случаев выдвигаются дополнительные задачи, связанные с условиями эксплуатации конструкций из пенобетона, например, требования по получению пенобетона с определенной теплопроводностью, морозостойкостью, стойкостью к попеременному высушиванию и увлажнению и т. д.

В зависимости от структуры пенобетона следует различать составы обычного (пористого) и поризованного пенобетона. В первом - вяжущее

связывает заполнитель только в местах его контактов при частичном (неполном) заполнении межзерновых пустот камнем минерального вяжущего, все пространство между частицами заполнителя заполнено затвердевшим вяжущим, поризованными пенообразующими, газообразующими и воздухововлекающими добавками /34/.

Для подбора состава пенобетонной смеси должны быть заданы требования к ней, а также к затвердевшему пенобетону. В частности, в требованиях указываются предельно допустимая плотность пенобетона, необходимая его структура, проектная и отпускная прочности, жесткость или подвижность смеси, а также данные о свойствах исходных материалов.

Выбор в качестве микроармирующего элемента полипропиленовых волокон основан на имеющихся результатах опыта производителей ячеистых бетонов на основе портландцементного вяжущего.

Бетон при твердении подвергается усадочным деформациям, что приводит к появлению огромного количества невидимых глазом микротрещин.

Микротрещины понижают прочность бетона и ухудшают его стойкость к воздействию окружающей среды. В условиях замораживания-оттаивания вода в микротрещинах, превращаясь в лед, разрушает бетон. Со временем микротрещины увеличиваются в размерах и переходят в макротрещины, что приводит к полному разрушению бетона.

Таким образом, для получения качественного бетона одним из необходимых условий является предотвращение образования усадочных микротрещин на начальной стадии твердения бетона. Для решения этой проблемы специально была разработана полипропиленовая фибра, использование которой в бетоне позволяет эффективно предотвратить появление усадочных трещин. В одном кубометре бетона при дозировке фибры 0,6-0,9 кг/м³ будет содержаться сотни миллионов волокон, которые,

армируя твердеющий бетон во всех направлениях, эффективно предотвращают усадку.

Кроме того, полипропиленовые волокна препятствуют водоотделению свежесуложенного бетона, а в затвердевшем бетоне эффективно блокируют капилляры, что приводит к заметному увеличению водостойкости /27/.

Применение фибры также способствует вовлечению в бетон мельчайших пузырьков воздуха (что сравнимо с использованием воздухововлекающих добавок типа СДО, СНВ), благодаря этому морозостойкость бетона существенно улучшается /27/.

Еще одно из преимуществ использования фибры в бетоне - увеличение пассивной пожаробезопасности. При пожарах наблюдается так называемое взрывное откалывание бетона, процесс, связанный с высоким давлением водяных паров внутри бетона при его нагреве до высокой температуры. Полипропиленовые волокна, находящиеся в бетоне, при высокой температуре сначала плавятся, а затем разлагаются, образуя полые каналы, через которые водяные пары выходят из бетона, не создавая в нем высокого давления.

Оптимизация состава пенобетона выполнена с помощью метода математического планирования эксперимента /36, 37/.

За параметр оптимизации была выбрана средняя плотность пенобетона в сухом состоянии, так как основные строительные-технические характеристики данного пенобетона зависят от этого показателя.

В качестве переменных факторов варьирования использовали параметры, которые имеют наибольшее влияние на плотность получаемого материала, а именно:

X_1 - количество алюмосиликатного компонента БЦВ, кг/м³;

X_2 - количество микроармирующего компонента, кг/м³;

X_3 - количество песка, кг/м³.

Интервалы варьирования переменных факторов и план эксперимента приведены в табл. 8-10.

Таблица 8. Условия планирования эксперимента

Факторы		Ед. изм	Условия варьирования			Шаг
Натуральный вид	Кодированный вид		Уровни			
			Нижний	Основной	Верхний	
АК	X1	кг	300	400	500	100
Микроармирующий компонент	X2	кг	0	1	2	1
Песок	X3	кг	0	125	250	125

Диапазоны варьирования были приняты, исходя из результатов проведенных ранее работ. В результате проведенных исследований определяли среднюю плотность поризованного пенобетона.

В качестве постоянных факторов были приняты:

- время перемешивания пенобетона – 3 мин;
- расход пенообразователя на 1 м³ пенобетона – 1,5 л;
- количество воды для взбивания пены – 40 л;
- Р/Ш – 0,3.

После проведения математических расчетов и проверки адекватности получено уравнение регрессии плотности пенобетона на основе БЦВ имеет следующий вид:

$$\rho_1 = 558,09 + 112,65X_1 + 2,845X_2 + 124,646X_3 + 8,31X_1X_2 + 3,31X_1X_3 - 0,44X_2X_3 + 2,06X_1X_2X_3$$

Таблица 9. Матрица планирования эксперимента. Экспериментальные и предсказанные данные средней плотности пенобетона

№	X1	X2	X3	X1X2	X1X3	X2X3	X1X2X3	У1 – плотность, кг/м ³	
								Экспериментальное	Предсказанное
1	1	1	1	1	1	1	1	780	812
2	1	1	-1	1	-1	-1	-1	550	552
3	1	-1	1	-1	1	-1	-1	785	786
4	1	-1	-1	-1	-1	1	1	530	533
5	-1	1	1	-1	-1	1	-1	550	559
6	-1	1	-1	-1	1	-1	1	310	321
7	-1	-1	1	1	-1	-1	1	565	575
8	-1	-1	-1	1	1	1	-1	315	327
9	1	0	0	0	0	0	0	650	671
10	-1	0	0	0	0	0	0	460	445
11	0	1	0	0	0	0	0	460	561
12	0	-1	0	0	0	0	0	458	555
13	0	0	1	0	0	0	0	690	683
14	0	0	-1	0	0	0	0	450	433
15	0	0	0	0	0	0	0	670	558
16	0	0	0	0	0	0	0	675	558

Таблица 10. Матрица планирования эксперимента. Экспериментальные и предсказанные данные прочности пенобетона

№	X1	X2	X3	X1X2	X1X3	X2X3	X1X2X3	У2 – Прочность при сжатии, МПа	
								Эксперим.	Предсказанное
1	1	1	1	1	1	1	1	8,5	10,91
2	1	1	-1	1	-1	-1	-1	5.2	5.499
3	1	-1	1	-1	1	-1	-1	6.2	7.379
4	1	-1	-1	-1	-1	1	1	4.2	5.679
5	-1	1	1	-1	-1	1	-1	2.08	1.505
6	-1	1	-1	-1	1	-1	1	2.7	2.425
7	-1	-1	1	1	-1	-1	1	3.22	3.825
8	-1	-1	-1	1	1	1	-1	0	0.904
9	1	0	0	0	0	0	0	10.2	7.366
10	-1	0	0	0	0	0	0	2.7	2.165
11	0	1	0	0	0	0	0	5.06	5.084
12	0	-1	0	0	0	0	0	9.14	4.447
13	0	0	1	0	0	0	0	3.16	5.904
14	0	0	-1	0	0	0	0	2.08	3.627
15	0	0	0	0	0	0	0	4.9	4.765
16	0	0	0	0	0	0	0	4.5	4.765

Уравнение регрессии прочности пенобетона на основе БЩВ в 28 суточном возрасте имеет следующий вид:

$$\sigma_2 = 4.77 + 2.60X_1 + 0.32X_2 + 1.14X_3 + 0.52X_1X_2 + 0.64X_1X_3 - 0.02X_2X_3 + 0.94X_1X_2X_3$$

Анализ полученных результатов математических моделей выполнили графоаналитическим методом. Для этого, были построены диаграммы влияния параметров оптимизации на среднюю плотность и прочность при сжатии пенобетона (рис. 8-11).

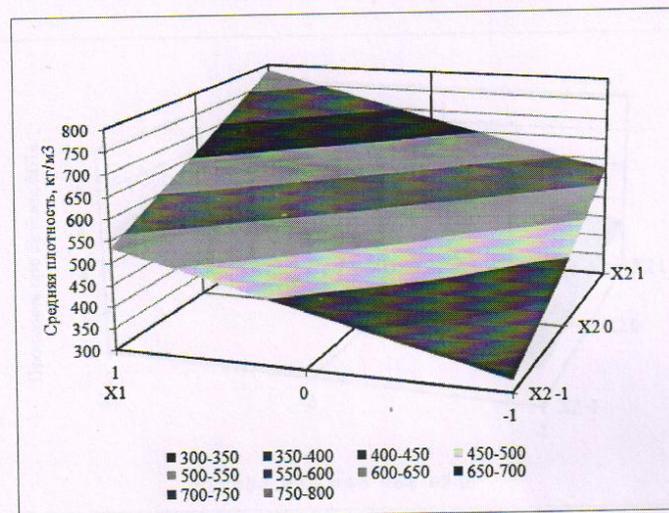


Рис. 8. Изопараметрические диаграммы плотности пенобетона в зависимости от содержания алюмосиликатного компонента и мелкого заполнителя при отсутствии микроармирующего элемента.

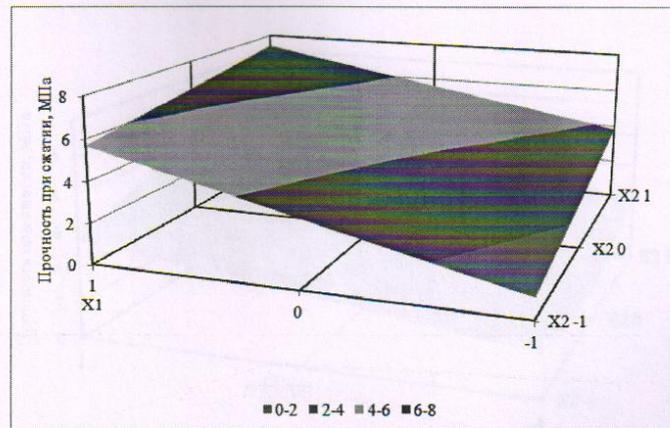


Рис. 9. Изопараметрические диаграммы прочности пенобетона в зависимости от содержания алюмосиликатного компонента и мелкого заполнителя при $X_2 = -1$.

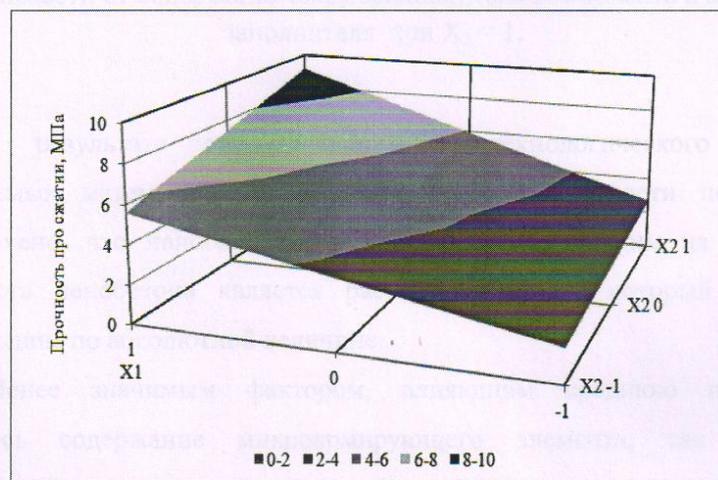


Рис. 10. Изопараметрические диаграммы прочности пенобетона в зависимости от содержания алюмосиликатного компонента и мелкого заполнителя при $X_2 = 0$.

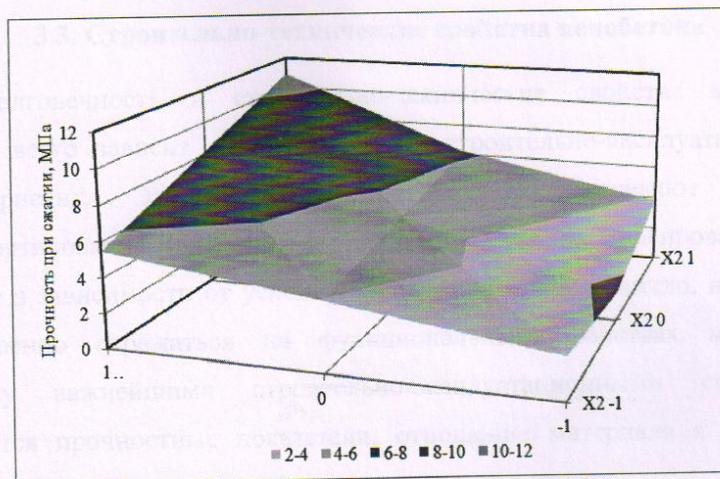


Рис. 11. Изопараметрические диаграммы прочности пенобетона в зависимости от содержания алюмосиликатного компонента и мелкого заполнителя при $X_2 = 1$.

В результате статистического и технологического анализа получаемых математических моделей средней плотности пенобетона установлено, что наиболее значимый фактор, влияющим на среднюю плотность пенобетона является расход АК – X_1 , который оказался наибольшим по абсолютной величине.

Менее значимым фактором, влияющим среднюю плотность, оказалось содержание микроармирующего элемента, так как по абсолютной величине значение этого фактора оказался наименьшим.

Анализ полученных результатов показывает, что экспериментально доказано возможность получения пенобетона на основе БЩВ. С помощью математической модели можно, регулируя составом пенобетона, получить поризованный материал с плотностью от 300 до 800 кг/м³.

3.3. Строительно-технические свойства пенобетона

Долговечность и строительно-технические свойства материала прежде всего зависят от его основных строительно-эксплуатационных характеристик. Эти характеристики определяют условия транспортирования, монтажа и эксплуатации изделий. Варьирование этих свойств в зависимости от условий эксплуатации, как правило, не должно существенно отражаться на функциональных свойствах материала. Поэтому важнейшими строительно-эксплуатационными свойствами считаются прочностные показатели, отношение материала к действию воды, температуры, огня, микроорганизмов и ряд других.

Составы исследованных образцов приведены в табл. 11.

Таблица 11

Составы образцов исследованных образцов

№	Расход компонентов на 1 м ³ пенобетона				
	ЭТФ шлак, (кг)	щелочной компонент, (л)	песок, кг	микроармирую щее волооко, кг	ПО + вода (л)
1	500	150	200	1	40
2			-		
3	300	90	200	-	
4					
5					

Физико-механические свойства материала характеризуют его прочность, т.е. предел прочности при сжатии. Как показали исследования значение этой величины колеблется в широком интервале в зависимости

объема и характера пористости, а также вида использованного минерального заполнителя.

Один из основных показателей физико-механических свойств теплоизоляционных материалов — предел прочности при сжатии — зависит в первую очередь от объема твердой фазы (объемной массы) и ее прочностных характеристик, а также от параметров пористой структуры. Повышения прочности твердой фазы достигают оптимизацией состава и технологических параметров производства. Из характеристик пористой структуры решающее влияние на прочность материалов с ячеистой пористостью оказывают: однородность распределения пористости в объеме материала (разрушение происходит по объемам с наибольшей пористостью), средний диаметр пор (прочность крупнопористых материалов ниже, чем мелкопористых), состояние припорового слоя — шероховатая и гладкая внутренняя поверхность пор обеспечивает значительное повышение прочности материала).

Проведенными исследованиями установлено, что пенобетонные образцы повышают свою прочность во времени.

Теплофизические свойства ячеистых бетонов зависят не только от средней плотности и пористости материала, но и от их влажности. Поэтому одним из основных свойств, характеризующих поризованные бетоны, является сорбционная влажность и водопоглощение. Эти показатели поризованных бетонов зависят не только от вида вяжущего вещества, но и характера имеющихся пор.

Как известно сорбционная влажность характеризует способность материала поглощать имеющийся в воздухе влагу. Результаты исследований изучения сорбционной влажности показывают (рис.12), что самую высокую сорбционную влажность (7,32%) при относительной влажности окружающей среды имеет образец, изготовленный без мелкого

заполнителя, т.е. песка. На наш взгляд это можно объяснить тем, что данный образец имеет преимущественно открытую пористость.

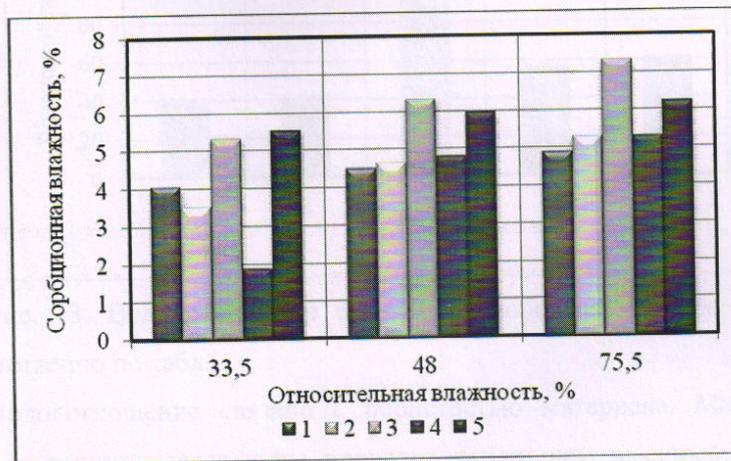


Рис. 12. Влияние относительной влажности окружающей среды на сорбционную влажность пенобетона

Во всех исследуемых относительных влажностях окружающей среды самую низкую сорбционную влажность имеют образцы поризованного арболита (№1 и №2) изготовленные с применением с использованием мелкого заполнителя.

При изучении свойств теплоизоляционных материалов необходимо обратить внимание еще на водопоглощение материала. Водопоглощение характеризует способность материала удерживать воду в своих порах. Таким образом, водопоглощение есть прирост массы образца после насыщения его водой (рис. 13)

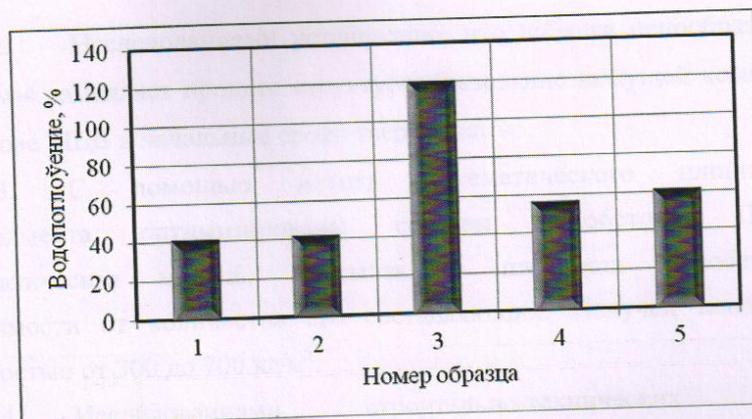


Рис. 13. Водопоглощение образцов пенобетона. Номера образцов соответственно по табл.

Водопоглощение связано с пористостью материала. Материал в сухом состоянии всегда хуже проводит тепло, чем влажный; поэтому способность поглощать воду является вредной. Кроме того материалы, имеющие меньшее водопоглощение, лучше сопротивляются разрушению.

Полученные результаты исследований водопоглощения разработанных составов пенобетона находится в пределах от 41 до 120% в зависимости от средней плотности. Исследованиями установлено, что чем ниже средняя плотность, тем выше показатель водопоглощения.

Выводы по главе

1. Исследованиями установлено, что значительное понижение поверхностного натяжения фиксируется у водных растворов трисиликата натрия и технической соды уже при добавке в зависимости от объема 0,5 % пенообразователя Ареком-4. При этой концентрации достигается критическая концентрация мицеллообразования. При дальнейшей добавке пенообразователя снижение поверхностного натяжения идет более медленными темпами достигает минимума при концентрации примерно 2,5 % и составляет 28,3, 32,41 и 33,29 мДж/м², соответственно для водных растворов технической соды, дисиликата и трисиликата натрия.

2. Исследованиями установлено, что добавка пенообразователя Ареком-4 замедляет процесс структурообразование вяжущей композиции на основе БЩВ в начальные сроки твердения.

3. С помощью метода математического планирования эксперимента оптимизированы составы пенобетона. Получена математическая модель, описывающая плотность пенобетона в зависимости от количества его составляющих. Получен пенобетон с плотностью от 300 до 700 кг/м³.

4. Исследованиями строительно-технических свойств разработанных составов пенобетона на основе безобжигового вяжущего установлено, что водопоглощения разработанных составов пенобетона находится в пределах от 41 до 120% в зависимости от средней плотности и что чем ниже средняя плотность, тем выше показатель водопоглощения.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПЕНОБЕТОНА

1. Определение технологических параметров получения стеновых блоков из пенобетона на безобжиговом щелочном вяжущем

В литературных источниках, посвященных технологии производства пенобетона на портландцементе, часто описывается простота технологии производства. Обычно часто встречается фраза «...разработка приготовления пенобетона довольно проста. В цементно-песчаную смесь является пенообразователь либо готовая пена. После перемешивания компонентов смесь готова для формирования из нее разных строительных изделий: стеновых блоков, перегородок, перемычек, плит перекрытия и т.д. Такой пенобетон с успехом можно использовать для заливки в формы, для пола, заливки, кровли, а также для монолитной стройки. В отличие от обычного газобетона, при получении пенобетона употребляется менее энергоемкая безавтоклавная разработка. Не считая простоты производства, пенобетон владеет и обилием остальных положительных свойств...». Однако сведений, связанных с часто имеющимися трудностями, с которыми производитель часто сталкивается, а именно: несовместимость вяжущего с пенообразователем, расслоение пенобетонной смеси, большая усадка, образование трещин из-за возникновения внутренних напряжений и многие другие недостаточности /34/.

Отработку технологических параметров получения пенобетона на безобжиговом щелочном вяжущем производили, исходя из необходимости задания структуры материала, обеспечивающей придание ему удовлетворительные физико-механические характеристики.

На этапе смешивания компонентов пенобетонной смеси, с учетом специфики разработанных композиций, принимали как обязательное условие первоначальное перемешивание сухих компонентов до получения однородной массы. Такое время было выбрано на основании проведенных лабораторных исследований.

Отработка технологических параметров изготовления пенобетона на безобжиговом щелочном вяжущем производилась с учетом полученных нами результатов приведенной в гл. 3.

Подбор и исследование режимов перемешивания проводили на оптимальных составах и выбранного (раздельного) способа приготовления пенобетонной смеси. Перед загрузкой компонентов в смеситель, необходимо знать и помнить следующее /35/:

- процесс перемешивания в значительной степени влияет на качества изделий причем в большой степени в чем в обычных бетонах.
- следует знать, что перемешивание отражается на плотности материала, на распределение и форме пор.
- длительность перемешивания влияет непосредственно на прочность и объемный вес смеси.
- при получении ячеистых и легких бетонов увеличение продолжительности перемешивание сопровождается сначала увеличение пены затем снижение объема пены.

Результаты проведенных экспериментов показали, что для пенобетона на безобжиговом щелочном вяжущем наиболее целесообразно следующая последовательность перемешивания: молотый ЭТФ шлак + песок + полипропиленовые волокна (смешивание 1,5÷2 минуты) + водный раствор щелочного компонента (смешивание 1,5 минуты).

Общее время перемешивания растворной смеси для приготовления пенобетона должна составлять до 3 минут.

После получения однородной массы в бетоносмеситель подаётся пена приготовленная с помощью пеногенератора пена.

Конструкция смесителя влияет на свойства поризованной смеси, как и в случаях приготовления обычной бетонной смеси: от этого зависит качество конечного продукта. В силу особенности ячеистого бетона, это влияние еще более ощутимо, процесс отработанный при применения

того типа смесителя будет иным (в отдельных случаях производство может стать невозможным) при другом типе смесителя.

Скорость перемешивания и форма лопастей имеет очень большое значение.

Если процесс образования пор уже прошел, то действие центробежной силы приводит к их деформации: увеличение размера пор и изменение формы образовавшихся пузырьков.

Как показали проведенные опыты, перемешивание в смесителе смеси сухих отдозированных компонентов – молотого шлака, песка и полипропиленовые волокна следует осуществлять в течение 1,5 - 2 мин до получения гомогенной сухой смеси. Затем в смеситель подается водный раствор щелочного компонента. Общее время перемешивания пенобетонной массы составляет 5 мин.

Удлинение времени не дает увеличения прочности пенобетона и экономически невыгодно. А уменьшение ее понижает однородность смеси и приводит к уменьшению показателя прочности.

4.2. Технологические схемы изготовления изделий из разработанных составов пенобетона

Установление нами основных технологических параметров получения пенобетона на безобжиговом щелочном вяжущем вносят существенные изменения в технологию производства изделий из него и способствуют, с одной стороны, уменьшению энерго- и трудозатрат, а с другой повышению качества продукции.

Эта технология не предусматривает необходимость использования какого-либо нестандартного или специального оборудования, а также применения громоздких металлоемких устройств и механизмов. Предложенный нами технологический прием изготовления пенобетона и

изделий из него позволяют получать стеновые материалы для внутренних и наружных стен зданий (рис.14), а также плиты для тепловой изоляции конструкций (рис.15).

Изготовление стеновых изделий из пенобетона осуществляется по следующей схеме, которая отличается от схем, приведенных в работах [35/ введением микроармирующего элемента и мелкозернистого заполнителя. Кроме того, разработанная технологическая схема предусматривает использование готового молотого ЭТФ шлака.

Узел приготовления водного раствора щелочного компонента *принять по разработанной схеме (рис.16), которая приводится в литературе [9/.*

Технологические схемы предусматривают отделы хранения и подготовки сырьевых компонентов, отделение приготовления пенобетонной смеси, пост формовки, пост выдержки изделий в формах, пост тепловой обработки изделий в формах, пост распалубки изделий и пост дозревания и склад готовых изделий.

Отличительной особенностью второй схемы (рис.16), является то что в первой технологической схеме предусмотрено выпуск стеновых блоков размерами 600х300х200 мм. Во второй технологической схеме предусмотрено производство пенобетонных утеплителей, в которой предусмотрено заливка пенобетонной массы в те же формы предназначенные для изготовления стеновых блоков. Однако перегородки форм в данном случае снимаются и заливается целый массив, вследствие чего получается блок больших размеров (1000х1000х600 мм).

В дальнейшем из этого блока выпиливаются теплоизоляционные пенобетонные плиты размером 1000х500 мм, а толщина выпиливаемых плит определяется по усмотрению заказчика.

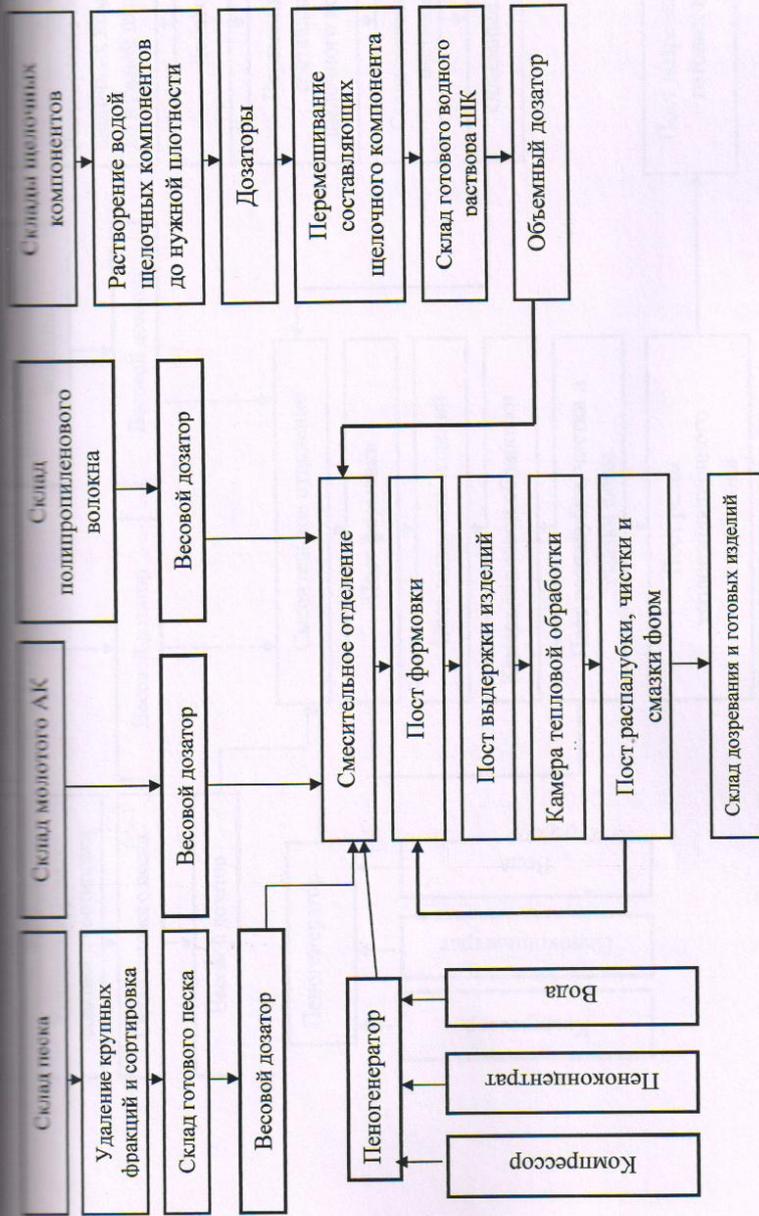


Рисунок 14. Принципиальная технологическая схема производства пенобетонных стеновых блоков из БШВ

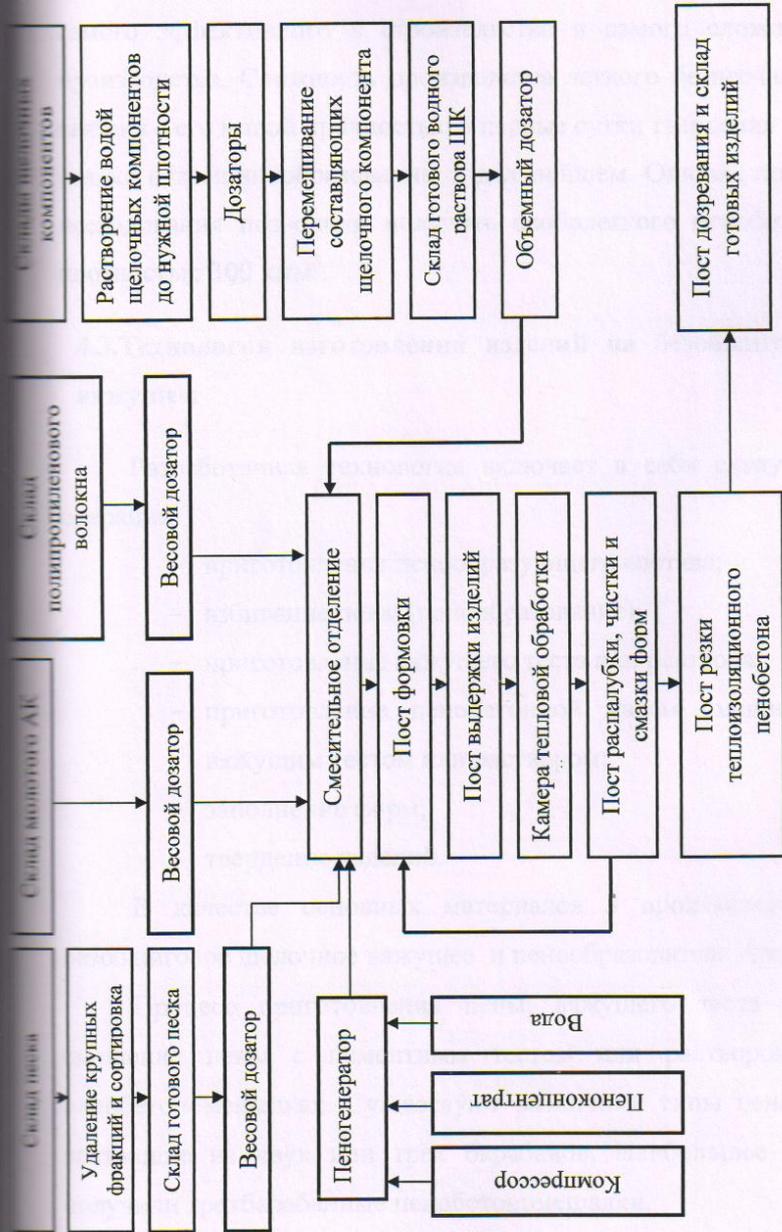


Рисунок 15. Принципиальная технологическая схема производства пенобетонных теплоизоляционных плит из БЩВ.

Кроме того, необходимо отметить, что теплоизоляционные пенобетонные плиты будут изготавливаться из особолегкого пенобетона, самого эффективного в строительстве и самого сложного в освоении производства. Сложность производства легкого беспесчаного пенобетона связана с его малой прочностью в первые сутки твердения и склонностью к усадке и трещинообразованию в дальнейшем. Однако, проведенные нами исследования позволили получить особолегкого пенобетона со средней плотностью 300 кг/м^3 .

4.3. Технология изготовления изделий на безобжиговом щелочном вяжущем

Разработанная технология включает в себя следующие основные операции:

- приготовление пенообразующего состава;
- взбивание пены (пенообразование);
- приготовление вяжущего теста или раствора;
- приготовление пенобетонной массы смешиванием пены с вяжущим тестом или раствором;
- заполнение форм;
- твердение изделий.

В качестве основных материалов в производстве применяются безобжиговое щелочное вяжущее и пенообразователь Ареком-4.

Процесс приготовления пены, вяжущего теста или раствора и смешение пены с цементным тестом или раствором происходят в пенобетонномешалках. Существуют различные типы пенобетонномешалок, состоящие из двух или трех барабанов. Наибольшее распространение получили трехбарабанные пенобетонномешалки.

Несмотря на то, что пенобетоносмесители выпускают несколько заводов, однако не все они соответствуют оптимальному

технологическому процессу. Во-первых, емкость смесителя должна быть не менее $0,5 \text{ м}^3$ и обеспечивать заливку, как минимум одной формы. Во-вторых, угол разворота лопаток и число оборотов должно обеспечивать высокую скорость перемешивания с минимальным разбрызгиванием смеси.

Рассматривая характеристики имеющихся бетономешалок применяемых при производстве пенобетона нами была выбрана бетономешалка - смесительный комплекс ПСГ — 500 с пневмозатвором, емкость — $0,5 \text{ м}^3$ (рис. 16). Характеристика бетономешалки приведена в табл. 12.

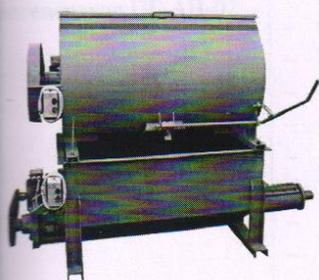


рис. 16. Смесительный комплекс ПСГ — 500 с пневмозатвором.

Табл. 12. Технические характеристики бетономешалки ПСГ — 500 с пневмозатвором

-	Производительность — $3-5 \text{ м}^3/\text{час}$.
-	Объем смесителя — $0,5 \text{ м}^3$.
-	Частота вращения вала — 60 об/мин .
-	Фракция заполнения, не более — 10 мм .
-	Напряжение питающей сети — 380 В .
-	Мощность двигателя - 3 кВт .
-	Диаметр приводного ремня - 1060 мм .

Выбранный смеситель сконструирован таким образом, что при вращении лопастного вала производится одновременная зачистка стенок и днища смесителя. Пенобетоносмеситель следует устанавливать на высоте $1,6-2,2 \text{ м}$ для обеспечения заливки формы самотеком.

Применение для заливки пенобетона героторных насосов на стационарном участке считается малоэффективным, так как усадка смеси составляет от 10 до 25% . Поэтому формовка изделий производится способом прямого разлива в формы.

Для приготовления технической пены был выбран автоматический пеногенератор ПГ-АВ-02 (рис. 17), характеристики которого приведены в п.13.



Рис. 17. Автоматический пеногенератор ПГ-АВ-02

Таблица 13. Техническая характеристика пеногенератора ПГ-АВ-02 /19/

- Максимальная доза воды за один цикл — 99999,99 л.
- Минимальная доза воды за один цикл — 0,2 л.
- Наименьший расход при дозировании — 0,06 м³/час.
- Номинальный расход при дозировании — 1,5 м³/час.
- Максимальный расход при дозировании — 3,0 м³/час.
- Относительная погрешность — ± 2,5 %.
- Напряжение питающей сети — 380 В.
- Частота — 50 Гц.
- Суммарная потребляемая мощность — 0,8 кВт.
- Давление раствора в магистрали — 0,1 МПа.
- Температура раствора — 5-80 град.
- Диаметр выхода — 32 мм.
- Длина/ширина/высота — 550*220*550 мм.
- Вес — 35 кг.

Мелкий наполнитель — песок со склада автопогрузчиком или транспортером подается в приемный бункер, отделения грохочения. По ребровому транспортеру она поступает в приемный бункер и через затвор подается в расходный бункер смесительного отделения (рис. 19).

Для приготовления БЩВ используется комплексный щелочной компонент, включающий растворимый силикат натрия и щелочосодержащие отходы производства для корректировки силикатного модуля жидкого стекла.

Молотый шлак хранится в крытом окладе (можно использовать плоские банки) и подается в смесительное отделение воздуховодами.

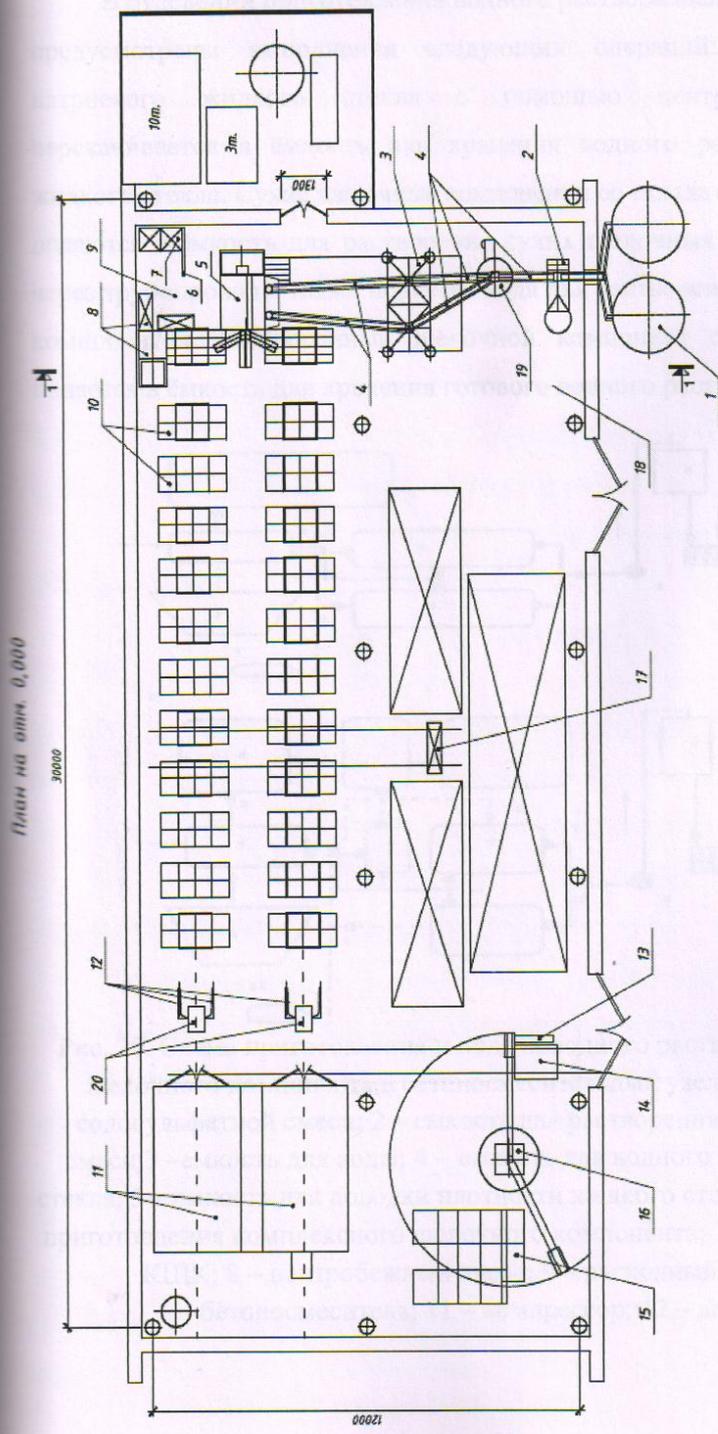


Рис. 19. Технологическая схема производства пенобетонных блоков и плит на основе безобжигового щелочного вяжущего. Тех

В отделении приготовления водного раствора щелочного компонента предусмотрены выполнения следующих операций: водный раствор натриевого жидкого стекла с помощью центробежного насоса перекачивается в ёмкость для хранения водного раствора натриевого жидкого стекла. Сухие щелочные компоненты со склада с помощью дозатора подаются в ёмкость для растворения сухих щелочных компонентов, куда через трубопроводы также подается вода для растворения сухих щелочных компонентов. Растворенный щелочной компонент с помощью насоса подается в ёмкость для хранения готового водного раствора щелочи.

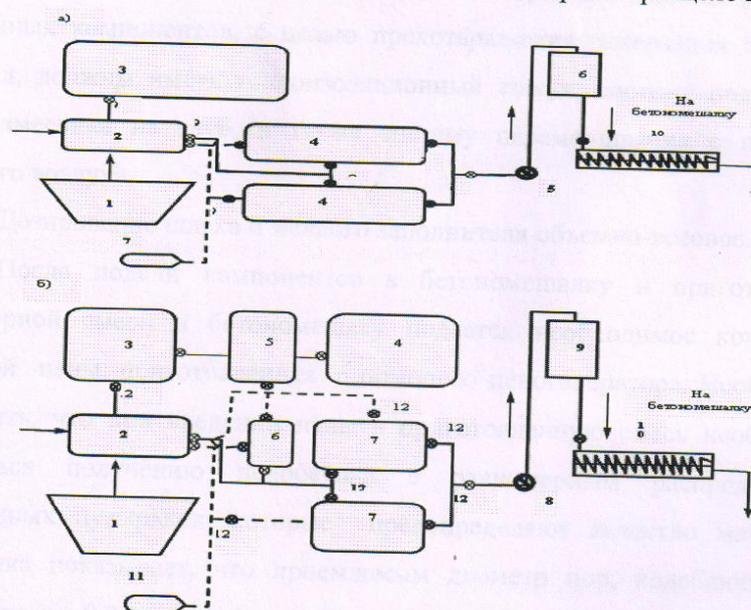


Рис. 20. Схема приготовления и подачи водного раствора комплексного щелочного компонента в бетоносмесительный узел /19/: 1- ёмкость содосульфатной смеси; 2 – емкость для растворения содосульфатной смеси; 3 – емкость для воды; 4 - емкость для водного раствора жидкого стекла; 5 – емкость для доводки плотности жидкого стекла; 6 – емкость для приготовления комплексного щелочного компонента; 7 - готовый раствор КЩК; 8 – центробежный насос; 9 – расходный бачок; 10 – бетоносмеситель; 11 – компрессор; 12 – вентили.

Для приготовления комплексного раствора щелочного компонента с помощью насосов с емкостей хранения готовых водных растворов щелочей, необходимое количество которых с помощью насосов подаются в мешалку для гомогенизации щелочного компонента. Готовый комплексный щелочной компонент через трубопроводы самотеком поступает в расходную ёмкость комплексного щелочного компонента. Необходимое количество щелочного компонента с помощью насоса подается в бетономешалку.

Необходимо отметить, что ёмкости для хранения водных растворов щелочных компонентов, с целью предотвращения замерзания в зимний период, должны иметь теплоизоляционный кожух, систему подогрева в виде змеевика из труб, а также систему перемешивания с помощью сжатого воздуха.

Дозирование шлака и мелкого заполнителя объемно-весовое.

После подачи компонентов в бетономешалку и приготовления растворной смеси в бетономешалку подается необходимое количество готовой пены, приготовленная с помощью пеногенератора. Необходимо отметить, что при введении пены в приготовленную смесь необходимо стараться к получению пенобетона с равномерным распределением воздушных пузырьков, которые определяют качество материала. Практика показывает, что приемлемым диаметром пор, колеблющиеся в пределах от 0,3 мм до 1 мм. При этих размерах материал отличается минимальной теплопроводностью и водопроницаемостью [34]. Поэтому новое производство должно быть основано на экспериментальном исследовании местного сырья с учетом его особенностей.

При решении вопроса лить в формы или разрезать, как было высказано выше, зависит от вида выпускаемого изделия.

Продолжительность цикла работы пенобетономешалки складывается из продолжительности приготовления раствора, пены и смешения их в

барабане-смесителе. Средняя продолжительность цикла приготовления пенобетонной массы равна 6 мин. Производительность мешалки выражается емкостью ее смесителя, что и определяет выдачу пенобетонной массы за один замес.

Подача готовой поризованной массы на пост формовки осуществляется с помощью шланга присоединенного к выходной трубе смонтированного в нижней части бетономешалки.

Подача массы пенобетона осуществляется открытием крана.

На пост формовки формы подаются с помощью рельсовых путей. Формы должны быть тщательно очищены и смазаны. Заливка форм осуществляется с помощью шланга, через которого происходит течка пенобетонной смеси. После заполнения форм, образовавшаяся горбушка снимается, после чего форма с заформованными изделиями с помощью поперечной передаточной тележки передается на пост предварительной выдержки.

После заливки пенобетона в формы поступают на пост предварительной выдержки. На данном посту изделия выдерживаются в течение от 2 до 4 часов в зависимости от толщины изделий.

На этом посту поверхность пенобетона покрывается пленкообразующим полимерным материалом, или плотно закрывается. Эта операция выполняется с целью предотвращения интенсивного выделения воды из пенобетонной массы во время тепловой обработки.

После истечения времени предварительной выдержки формы с изделиями подаются в тоннельную камеру тепловой обработки. Перемещение в тоннельной камере форм с изделиями сложенных в два ряда осуществляется с помощью тележек.

Тепловая обработка изделий производится при изотермической выдержке при температуре 60°C в течение от 8 до 12 часов в зависимости

от толщины изделий. Режимы проведения тепловлажностной обработки отражены на рис. 20.

Снижение температуры изотермической выдержки до температуры 20°C происходит в туннельной камере.

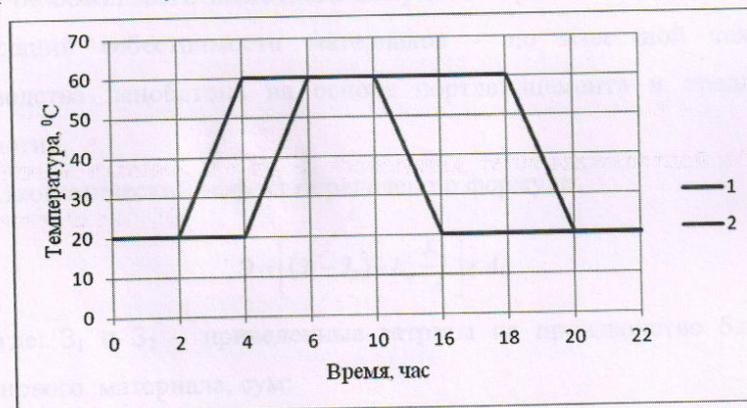


Рис. 20. Режимы проведения тепловлажностной обработки поризованных арболитовых изделий. 1 — для изделий толщиной до 40 см; 2 — тоже, до 60 см.

На посту съема изделий из форм изделия прошедшие тепловую обработку снимаются с форм и складываются на поддоны и подаются на склад готовой продукции. Освободившиеся формы от изделий тщательно очищаются и смазываются с помощью распылителей и с помощью тележек по рельсовым путям подаются на пост формовки.

Резка затвердевшего пенобетона осуществляется дисковой пилой. Это позволяет получать плиты утеплителя с удовлетворительной геометрией.

Склад готовой продукции представляет собой закрытое помещение, в которой всегда обеспечивается температура не менее 20°C даже в зимний период. В складе готовой продукции готовые изделия до отгрузки потребителю выдерживаются до отпускной прочности.

4.4. Техничко-экономическая эффективность производства пенобетона на основе безобжигового щелочного вяжущего

Оценку экономической эффективности производства пенобетона на основе безобжигового щелочного вяжущего произвели путем сравнения калькуляций себестоимости материалов - по известной технологии производства пенобетона на основе портландцемента и предлагаемой технологии.

Экономический эффект определен по формуле:

$$\mathcal{E} = \left[(Z_1 - Z_2) - E_n \frac{K_3}{A} \right] \times A,$$

- где: Z_1 и Z_2 - приведенные затраты на производство базового и нового материала, сум;
- E_n - нормативный коэффициент, равный 0,15;
- K_3 - капитальные затраты на внедрение мероприятия, сум;
- A - годовой объем выпускаемой продукции, т.

При мощности цеха по производству пенобетона 5000 м³ изделий в год, приведенные затраты на 1 м³ пенобетона по предлагаемой разработке сум. При этом ожидаемый годовой экономический эффект составит:

Ожидаемый экономический эффект от внедрения производства безобжигового щелочного вяжущего в год составляет - 26000000 сум.

Дополнительная экономическая эффективность также обеспечивается за счет экономии энергетических и природных минеральных сырьевых ресурсов. По сравнению с традиционным используемым вяжущим, в технологии производства безобжиговых щелочных вяжущих отсутствует такой энергоемкий процесс обжига. Технология их производства направлена в основном на использование промышленных отходов.

Выводы по главе

- На основе полученных экспериментальных данных разработаны параметры промышленной технологии получения пенобетона на основе безобжиговых щелочных вяжущих и рисовой лузги.
- Разработана технологическая схема производства позволяющего одновременно выпускать пенобетонные блоки и теплоизоляционные плиты.
- Исследованы основные физико-механические и строительно-технические свойства пенобетона и приведена оценка технико-экономической эффективности.
- На основании полученных данных опубликованы 1 статья и 1 тезис.

Основные выводы

- Проанализированы литературные данные о разработке и исследовании пенобетона неавтоклавного твердения. Изучены особенности местных сырьевых ресурсов для производства пенобетона с целью получения материала с хорошими строительно-техническими свойствами;
- Исследованы свойства различных пенообразователей (Сетора, Ареком-4 и Винпор), необходимых для производства поризованных строительных материалов. Исследовано влияние пенообразователя Ареком-4 на поверхностное натяжение модельных растворов.
- С помощью метода математического планирования эксперимента оптимизированы составы пенобетона. Получена математическая модель, описывающая плотность пенобетона в зависимости от количества его составляющих. Получен пенобетон с плотностью от 300 до 700 кг/м³.
- На основе полученных экспериментальных данных разработаны параметры промышленной технологии получения пенобетона на основе безобжиговых щелочных вяжущих и рисовой лузги.
- Разработана технологическая схема производства позволяющего одновременно выпускать пенобетонные блоки и теплоизоляционные плиты.
- Исследованы основные физико-механические и строительно-технические свойства пенобетона и приведена оценка технико-экономической эффективности.
- На основании полученных данных опубликованы 1 статья и 1 тезис.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Указ Президента Республики Узбекистан № УП-3586 «Об углублении экономических реформ и ускорении развития промышленности строительных материалов». 24 март 2005 г.
2. Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-1902 «О Программе по строительству индивидуального жилья по типовым проектам в сельской местности на 2013 год». 4 январь 2013 г.
3. Теплоизоляционный арболит. ч-I. Тулаганов А.А., Камилов Х.Х. – Ташкент. ТАСИ, 2011. - 151 с.
4. КМК 2.01.04-97. Строительная теплотехника – Ташкент. 1997г.
5. Величко Е.Г. и др. Технологические аспекты синтеза структуры и свойств пенобетона // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века. 2005. № 3.
6. Кобидзе Т.Е. и др. Взаимосвязь структуры пены, технологии и свойств полученного пенобетона // Строительные материалы. 2005.
7. Сычева. А.М. Повышение прочности и теплозащитности пенобетонов с использованием наноструктур. В сборнике: Материалы международной Научно-практической конференции «ПЕНОБЕТОН-2007» 19-21 июня 2007 года. Санкт-Петербург 2007. Петербургский государственный университет путей сообщения. С. 22-34.
8. Г.Е., Соколов Б.А. Сцепление поризованного арболита со стальной рабочей арматурой. Научн.тр. Вып.193. -М.: МЛТИ, 1987, с.83-86.
9. Соколов Б.А., Савин В.И., Щербаков А.С., Колосов Г.Е. Методы получения поризованного арболита. Научн.тр. Вып.150. -М.: МЛТИ, 1983, с.83-86.

10. Давидюк А.Н. Технология и основные физико-механические свойства поризованного арболита на полимергипсовом вяжущем. Научн. тр. Вып. 180. - М.: МЛТИ, с. 30-43.
11. Давидюк А.Н., Локотаев И.А. Методы повышения качества поризованного арболита на костре конопли. Комплексное использование древесины при производстве арболита. Научн. тр. Вып. 193. - М.: МЛТИ, 1987, с. 69-75.
12. Подчуфаров В.С., Бутерин В.М., Савин В.И., Локотаев И.А. Особенности подбора оптимального состава поризованного арболита на костре конопли. Научн. тр. Вып. 164. - М.: МЛТИ, 1984.
13. Савин В.И., А.Н. Давидюк, В.Г. Лисавцов Технологические особенности поризованного арболита на полимергипсовом вяжущем /ПГВ/. Комплексное использование древесины при производстве арболита. Научн. тр. Вып. 193. - М.: МЛТИ, 1987, с. 75-83.
14. <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%BD>
15. Меркин А. П. Научные и практические основы улучшения структуры и свойств поризованных бетонов // Автореф. докт. дисс. - М., 1972. - 44 с.
16. Безобжиговые щелочные вяжущие и бетоны. Научные труды ученых Узбекистана. Под ред. И. Касимова, А. Алиева, А. Тулаганова. - Ташкент, ТАСИ. 1994. - 133 с.
17. Глуховский В.Д., Пахомов В.А. Шлакощелочные цементы и бетоны. Киев, Будивельник, 1978. - 184 с.
18. Кривенко П.В. Специальные шлакощелочные цементы. Киев, Будивельник, 1992. - 192 с.

19. Алиев А.Г., Волянский А.А., Глуховский В.Д. и др. Шлакощелочные вяжущие и мелкозернистые бетоны на их основе. Ташкент: Узбекистан, 1981.- 484 с.
20. Глуховский В.Д., Тулаганов А.А., Румына Г.В., Касимов И.К. Шлакощелочные легкие бетоны. Ташкент, Фан, 1992. - 152 с.
21. Тулаганов А.А. Основы безобжиговых щелочных вяжущих бетонов. Учебное пособие. Ташкент. 2008, 200 с.
22. Красеникова Н.М., Хозин В.Г. Новый способ приготовления пенобетона. *Известия КазГАСУ*, 2009, №1 (11), с. 266-272.
23. Портник А. А. Все о пенобетоне. – СПб.: 2003. – 224 с.
24. Tulaganow A., Kamilov Kh., Khasanova M. Warmedammende Baustoffe auf der Basis von ungebrannten Alkali-Bindemitteln. IBAUSIL, Weimar, 2012. 2 - 0969–0976.
25. Тулаганов А.А., Камиллов Х.Х., Хасанова М.К, Ходжаев Н.Б, Алиев А.Т. Исследование влияния пенообразователей на свойства безобжигового щелочного вяжущего. Ресурсосберегающие технологии строительстве. Межвузовский сборник научных трудов выпуск 5. Тошкент, 2010. с. 45-60.
26. <http://www.ibeton.ru>.
27. <http://www.avtobeton.ru>.
28. Пена и пенные пленки /Кругляков П.М., Ексорова Д.Р. –М.: Химия. 1990. -432 с.
29. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. М.: Химия, 1975, 264 с.
30. Абрамзон А.А., Зайченко Л.П., Файнгольд С.И. Поверхностно-активные вещества. Синтез, анализ, свойства, применение. Л.: Химия, 1888. 200 с.
31. Глембоцкий В.А., Классен В.И. Флотационные методы обогащения. М.: Недра, 1980, 321с.

32. Ребиндер П.А., Петрова Н.Н., Смирнова А.М. и др. Поверхностные явления и значения малых добавок адсорбирующихся веществ в технологии строительных материалов // Изв. АН СССР, 1987, №2, С.110-112., Ребиндер П.А. Поверхностно-активные вещества, М.: 1961, 43с.
33. Меркин А.П., Таубе П.Р Непрочное чудо. –М.: Химия, 1983. - 224 с., илл.
34. Материалы международной научно-практической конференции «ПЕНОБЕТОН–2007» 19–21 июня 2007 года, Петербургский государственный университет путей сообщения. Санкт-Петербург. 2007. 168 с.
35. Ружинский С. и др., Все о пенобетоне. – 2-е изд., улучшенное и дополн. – СПб, ООО «Строй Бетон», 2006, 630 с.: ил.
36. Ахназарова С.А., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии. М.: Высшая школа, 1978. -318 с.
37. Рекомендации по применению методов математического планирования эксперимента в технологии бетона /НИИЖБ Госстроя СССР, 1982. -103.
38. Новый справочник химика и технолога. Электродные процессы. Химическая кинетика и диффузия. Коллоидная химия. –С.-Пб.: АНО НПО «Профессионал», 2004. -838 с.
39. Теплоизоляционный арболит. ч- II. Тулаганов А.А., Камиллов Х.Х. – Ташкент. ТАСИ, 2011. - 155 с.
40. <http://metembeton.ru/ru/component/jshopping/penobeton/metem-azp-02>.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Тошкент архитектура қурилиш институти
Мухандислик қурилиш инфраструктураси факультети
“Қурилиш материаллари, буюмлари ва конструкциялари технологияси”
кафедраси илмий семинар

БАЁННОМАСИ

Тошкент ш.

26 март 2013 й.

Қатнашдилар:

Ходжаев С.А., Турапов М.Т., Қодирова Д.Ш.,
Нуриддинов Х.Н., Махмудова Н.А., Газиёв У.А.,
Комилов Х.Х., Рахимов Ш.Т., Ешбаева Ф.Р.,
Курбанова О.Н., Абдурашидова У.К., Шокиров Т.У.,
магистрлар

Эшитилди:

Семинар раиси проф. А.Тўлаганов магистрант Г.
Хошимованинг “Қуйдирилмасдан олинадиган
ишқорли боғловчиларнинг таркибини
оптималлаштириш ва ишлаб чиқариш технологиясини
яратиш” илмий мавзуси асосида гапирди. Хошимова
Г. илмий ишнинг мақсади, мавзусининг долзарблиги,
янгилиги, замонавий қурилишда роли ҳақида гапирди.
Кимда қандай савол бор.

Проф. А.А.Тўлаганов. Пенобетон ҳақида маълумот.
Доц. У. Газиёв. Шлакнинг ҳақида маълумот, унинг
турлари.

Сўзга чиқди:

Проф. С.А. Ходжаев. Мустаҳкамлиги қандай.
Семинар раиси магистрлик диссертация иши химояга
тайёргарлик ишларини олиб борилаётганлигини
таъкидлаб ўтди.

Қарор қабул
қилинди:

Хошимова Г. илмий мавзуси юзасидан тайёрлаган
маълумоти инобатга олинсин.

Раис

А.Тўлаганов

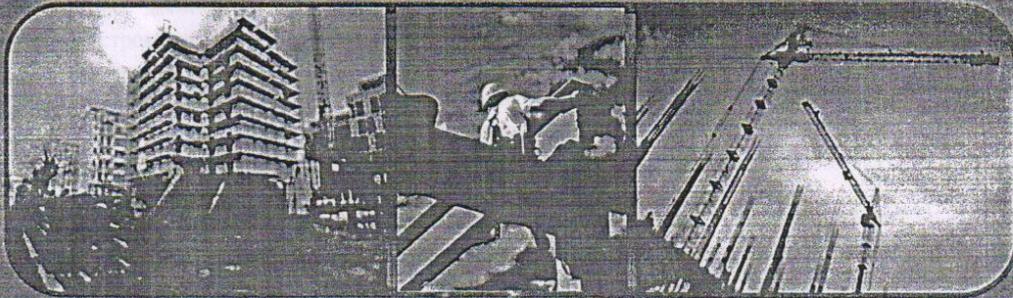
Котиба

Н.Махмудова



КНИГА-1

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
И КОНСТРУКЦИЙ**



**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

Самарканд - 2013

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Клюев С.В. Высокопрочный фибробетон для промышленного и гражданского строительства. //Magazine of Engineering, № 8,2012, -С.62-66.
2. Боровских И.В., Морозов Н.М. Повышение долговечности базальтовой фибры в цементных бетонах.// Строительные материалы и изделия,Известия КГАСУ, 2012, №2(20), -С160-166.
3. Базальтовая фибра. Википедия – энциклопедия.
4. Комохов П.Г. О бетоне XXI века // РААСН, 2001, №5. –С.9-12.
5. Пашенко А.А., Сербин В.П. Армирование цементного камня минеральным волокном. – Киев: УкрНИНТИ, 1970.-45с.
6. Рабинович Ф.Н. Дисперсно-армированные бетоны. М.: Стройиздат, 1989.174с.
7. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: АСВ,2003, 500с.
8. Пухаренко Ю.В. Принцип формирования структуры и прогнозирование прочности фибробетонов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2004.№10.-С47-50
9. Лесовик Р.В. Мелкозернистые бетоны на композиционных вяжущих и техногенных песках:дисс.д-ра техн.наук. Белгород,2009.496с.
10. Инновационные технологии и материалы в строительной индустрии. Учебное пособие/ Алексеева Л.Л. –Ангарск: АГТА, 2010,-104с.

ВЛИЯНИЕ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ АРЕКОМ-4 НА ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

Доцент Камилов Х.Х., магистрант Хашимова Г. ТАСИ, Узбекистан

В последнее десятилетие поризованные материалы, в частности, пенобетоны широко внедряются в строительство. Широкое применение пенобетона основано на таких его параметрах, как низкая средняя плотность, улучшенные теплозащитные свойства, легкость конструкции, пониженные трудозатраты при изготовлении и использовании в строительстве.

Несмотря на большой перечень достоинств пенобетона, следует отметить, что для всех видов используемого пенобетона естественного твердения прочность при сжатии требует определенного увеличения.

Улучшением строительно-механических свойств работают многие научные школы, поэтому к настоящему времени произошли существенные изменения по совершенствованию параметров качества пенобетона, и несмотря на значительный успех в этой области, задача такого рода остается актуальной и сегодня.

В Ташкентском архитектурно-строительном институте также ведутся научно-исследовательские работы над созданием поризованных бетонов на основе безобжигового щелочного вяжущего (БЩВ).

Если пенобетонную смесь рассматривать как двухкомпозиционный материал, который состоит из строительной пены и матрицы из вяжущего, то каждый из этих двух компонентов в одинаковой степени оказывает принципиальное влияние на его строительно-технические свойства. В отличие от традиционно используемого для производства пенобетонов порландцемента, БЩВ отличаются повышенной рН средой. Поэтому не всякая пенообразующая добавка может быть совместима с БЩВ. В связи с этим, встает вопрос, какой должна быть пенообразующая добавка, а на ее основе строительная пена.

В настоящее время существует много пенообразующих добавок, каждая из которых отличается набором технологических и экономических достоинств. До настоящего времени нет универсального подхода к оценке эффективности того или иного пенообразователя. Для каждого конкретного случая применимости важны свои критерии оценки.

В состав пенообразователей в той или иной мере входят поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые при растворении в жидкостях существенно понижают поверхностное натяжение на границе раздела фаз «жидкость-газ».

С понижением поверхностного натяжения раствора повышается кратность получаемых из него пен. Это связано с тем, что чем меньше поверхностное натяжение раствора, тем меньше работы нужно затратить на создание новых поверхностей раздела фаз «жидкость-газ», и, как следствие, получить больший объем пены [1].

Поверхностное натяжение также оказывает влияние на лапласовское давление воздуха в порах, которое оказывает противодействие давлению вяжущего теста и уплотняющее давление на него в межпоровых перегородках.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что поверхностное натяжение является одним из важнейших показателей качества пенообразователей.

Целью наших исследований было изучение влияния пенообразователя Ареком-4 на поверхностное натяжение водных растворов, используемых в качестве щелочного компонента при приготовлении БЩВ.

В качестве исследуемых водных растворов были применены – водные растворы трисиликата натрия, дисиликата натрия, технической соды, а также дистиллированная вода.

Пенообразователь Ареком-4 является белковым и аналог известного германского пенообразователя «Неопор».

Поверхностную активность растворов определяли методом счета или взвешивания капель (сталагмометрический). В основе метода лежат условия отрыва капли под действием собственного веса. Сталагмометр представляет собой капилляр на конце бюретки. Капилляр имеет широкий тщательно отшлифованный конец.

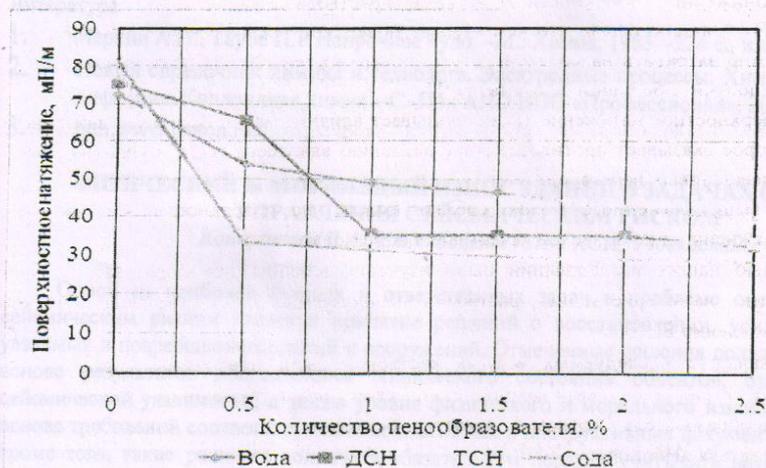
Пенообразователь добавляли в зависимости от объема исследуемых водных растворов. Полученные результаты представлены на рис. 1.

Причиной понижения поверхностного натяжения является строение молекул ПАВ, которые состоят из полярных групп и неполярного углеводородного радикала. Полярная часть молекулы ПАВ гидрофильна, а неполярная гидрофобна. Вследствие этого, при введении в раствор пенообразователей молекулы ПАВ адсорбируются на поверхности раздела фаз «жидкость - газ», что приводит к понижению свободной поверхностной энергии за счет замещения на поверхности молекул воды менее полярными молекулами и за счет увеличения в поверхностном слое межмолекулярного расстояния.

Значительное понижение поверхностного натяжения фиксируется у водных растворов трисиликата натрия и технической соды уже при добавке в зависимости от объема 0,5 % пенообразователя Ареком-4. При этой концентрации достигается критическая концентрация мицеллообразования (ККМ). Этот показатель при добавке к водному раствору дисиликата натрия достигается при 1,0 %. Дальнейшая добавка пенообразователя в эти растворы привело к незначительному снижению их поверхностного натяжения. При дальнейшей добавке пенообразователя снижение поверхностного натяжения идет более медленными темпами, достигает минимума при концентрации примерно 2,5 % и составляет 28,3, 32,41 и 33,29 мН/м, соответственно для водных растворов технической соды, дисиликата и трисиликата натрия.

Из справочных источников известно, что поверхностное натяжение исходной дистиллированной воды составляет $\sigma=72,75$ мН/м. Исследованиями установлено, что при добавлении пенообразователя Ареком-4 0,5% в зависимости от объема дистиллированной воды поверхностное натяжение снижается и составляет 53,9 мН/м. В дальнейшем каждое увеличение концентрации пенообразователя на 0,5% привело к плавному снижению поверхностного натяжения воды, а в конечном итоге количество пенообразователя в количестве 2,5% привело к

ению поверхностного натяжения 39,3 мН/м. Обращает на себя внимание монотонное снижение поверхностного натяжения с повышением концентрации пенообразователя, что удвояет определение ККМ.



Влияние концентрации пенообразующей добавки Ареком-4 на поверхностное натяжение растворов

Устойчивость и кратность пены также оказывают значительное влияние на качество получаемого поризованного материала.

В классической технологии производства пенобетона, как правило, используются пены с кратностью (от 4 до 9). При этом образуется полифракционная сферическая пористая структура (максимальная пористость пенобетона, по литературным данным, составляет около 30% при кратности пены 6-9) [3]. За счет образования точечных отверстий в зоне коalescence сферических пузырьков пены после отверждения материал приобретает высокую пористость. Размер точечных отверстий очень мал, поэтому их наличие не сказывается на прочности получаемого поризованного материала.

Результаты определения устойчивости и кратности пен при различных температурах воды приведены в табл. 1.

Таблица 1. Устойчивость пен (мин), приготовленных на основе пенообразователя Ареком-4, в зависимости от температуры воды

Показатель	Температура воды, °С			
	12	20	35	50
Кратность	14	13,3	14	14
Устойчивость	26	20	17	4

Полученные данные исследований устойчивости пен при различных температурах показали, что с повышением температуры воды устойчивость пен снижается. На наш взгляд, это связано с тем, что с повышением температуры воды снижаются молекулярные растягивающие силы, приводящие к снижению поверхностного натяжения растворов, вследствие чего происходит водоотделение из полученных пен.

Установлено, что независимо от температуры использованной воды кратность полученных пен остается относительно стабильным. При этом кратность пен составляет 14.

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что пенообразователь Ареком-4 является устойчивым к рН среде безобжиговых щелочных вяжущих и может быть рекомендован для изготовления пенобетона на основе указанных вяжущих.

Литература

1. Меркин А.П., Таубе П.Р. Непрочное чудо. –М.: Химия, 1983. -224 с., илл.
2. Новый справочник химика и технолога. Электродные процессы. Химическая кинетика и диффузия. Коллоидная химия. –С.-Пб.: АНО НПО «Профессионал», 2004. -838 с.
3. <http://www.ibeton.ru>.

ФИЗИЧЕСКИЙ И МОРАЛЬНЫЙ ИЗНОС ЗДАНИЙ В ЗАДАЧАХ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИМ РИСКОМ

Кондратьев В.А., к.т.н. доцент (СамГАСИ, Узбекистан)

Одной из наиболее важных и ответственных задач в проблеме оценки и управления сейсмическим риском является принятие решений о восстановлении, усилении, либо сносе уязвимых и поврежденных зданий и сооружений. Отмеченные решения должны приниматься на основе результатов обследования технического состояния объектов, оценок степени их сейсмической уязвимости, а также уровня физического и морального износа, выполненных на основе требований соответствующих нормативных и инструктивных документов [1 - 5 и др.]. И, кроме того, такие решения должны в обязательном порядке учитывать назначение объекта и социально - экономическую целесообразность планируемых к проведению в отношении него мероприятий.

При этом, уровень физического и морального износа зданий и сооружений, наряду с их типами по степени сейсмической уязвимости, являются одними из наиболее значимых критериев оценки, как их технического состояния в целом, так и сейсмостойкости в частности.

Рассмотрим некоторые специфические особенности оценок уровня физического и морального износа.

Физический износ здания – это, как известно, утрата им первоначальных технико-эксплуатационных качеств в результате воздействия природно-климатических факторов и деятельности человека. В процессе многолетней эксплуатации, под воздействием физико-механических и химических факторов эксплуатационные качества конструктивных элементов постоянно снижаются. Под снижением технико-эксплуатационных качеств понимается снижение конструктивными элементами зданий прочности, жесткости и других показателей под влиянием разрушающих воздействий окружающей среды. Вследствие снижения этих качеств, здания со временем стареют и могут разрушиться. Кроме множества разрушающих факторов, старение и износ зданий и их конструкций зависят также от различных местных условий, соблюдения требований по эксплуатации и содержанию зданий, системы технического обслуживания и ремонтов как здания в целом, так и различных элементов конструкций.

Различают две стадии физического износа здания: устранимый и неустрашимый. Первая стадия физического износа характеризуется ухудшением технико-экономических показателей эксплуатации здания. На этой стадии снижение эксплуатационных качеств является следствием увеличения потока отказов в работе конструктивных элементов здания. В результате этого сокращается срок эксплуатации объекта, увеличиваются эксплуатационные затраты (затраты на техническое обслуживание, текущий ремонт и пр.). Признаком неустрашимого физического износа является то, что дальнейшая эксплуатация здания становится недопустимой по условиям обеспечения требований его безопасной эксплуатации.

При эксплуатации сооружений различают силовое воздействие нагрузок, вызывающее объемное напряженное состояние, и агрессивное воздействие окружающей среды, в результате чего сооружения изнашиваются и выходят из строя.

Агрессивной является среда, под воздействием которой снижается прочность и разрушается структура материалов. Агрессивность или пассивность среды не имеют универсального характера, т.е. они могут меняться ролями: в одних условиях определенная среда

	Соатова Н.З. Джизакский политехнический институт	
73	ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ И НАДЕЖНОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТА. Исроилов С., СамГАСИ, Узбекистан	214
74	МИКРОАРМИРЛАНГАН МАЙДА ДОНАДОР БЕТОНЛАРИНИНГ ФИЗИК-МЕХАНИК ХОССАЛАРИНИ ЎРГАНИШ. т.ф.н. Б.И. Саидмуратов, асс. Ў.Р. Аликулов, магистр С.Э. Куртаметов, СамДАКИ, Узбекистан	217
75	ВЛИЯНИЕ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ АРЕКОМ-4 НА ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ. Доцент Камиллов Х.Х., магистрант Хашимова Г. ТАСИ, Узбекистан	220
76	ФИЗИЧЕСКИЙ И МОРАЛЬНЫЙ ИЗНОС ЗДАНИЙ В ЗАДАЧАХ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ СЕЙСМИЧЕСКИМ РИСКОМ. Кондратьев В.А., к.т.н. доцент (СамГАСИ, Узбекистан)	223
77	ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ОБЪЕКТОВ ЧАСТНОЙ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ ТЕРРИТОРИЙ ФЕРГАНСКОЙ ДОЛИНЫ. Кондратьев В. А. к.т.н. доцент (СамГАСИ, Узбекистан)	234
78	ВЛИЯНИЕ ПРЕДШЕСТВУЮЩЕГО ДЛИТЕЛЬНОГО ЗАГРУЖЕНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ БЕТОНА. Ибрагимов Х.М. (СамГАСИ, Узбекистан)	239
79	СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В ТРЕБОВАНИЯХ К ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ КОМПЛЕКСА ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ. А.А. Абдухоликов (Научно-исследовательская лаборатория «Энергосберегающие строительные материалы», ТАСИ, Узбекистан)	241
80	КУРИЛИШ МАТЕРИАЛЛАРИ ИШЛАБ ЧИҚАРИШИ САНОАТИДА ИНВЕСТИЦИЯ ЛОЙИХАЛАРИНИНГ УМУМЖАМИЯТ САМАРАДОРЛИГИНИ БАХОЛАШ. “ИваКМЭ” кафедраси доценти А.Я. Абдухамидов, 401-КМЭ ва УБ гуруҳи талабаси У.Б. Гиясов, СамДАКИ, Узбекистан.	244
81	ТУРАР ЖОЙ БИНОЛАРИНИ ТЎЛА ТАЪМИРЛАШ ВА ҚАЙТА ҚУРИШНИНГ ЧЕТ ЭЛ ТАЖРИБАСИ. Юсупов Х.И., доц., Комилов У.И., магистр (ТАҚИ)	247
82	ДЕТАЛЬНОЕ ИНЖЕНЕРНОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ С ФИКСАЦИЕЙ ПОВРЕЖДЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ МАВЗОЛЕЯ ЭМИР ХУСЕЙН В САМАРКАНДЕ. доц. Аликулов П.У., маг. Рахманова Х.К. ТАСИ Узбекистан	251
83	СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ВЫБОР ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ. маг. А.Д. Эркинов, к.т.н., доц. Х.И. Юсупов (ТАСИ) Узбекистан	254
84	НОВАЯ КОНСТРУКЦИЯ ОПОР КОНТАКТНОЙ СЕТИ С НАПРЯГАЕМОЙ СЕРЖНЕВОЙ АРМАТУРОЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫХ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ УЗБЕКИСТАНА. Мирзаев Ш.П., ТаСИ Узбекистан	257
85	САМАРҚАНД ШАХРИДАГИ БИБИХОНИМ ЖОМЕ МАСЖИДИ . КОНСТРУКЦИЯЛАРИ ТАҲЛИЛИ. Қобулов М.Н. талаба ТАҚИ	260
86	НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КИРПИЧНОЙ КЛАДКИ ПРИ ДЕЙСТВИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ, Д.Г. Копаница, Э.С. Усеинов. Томский государственный архитектурно-строительный университет	262
87	ИЗУЧЕНИЕ ВЫДЕРЖКИ ДЕФОРМАЦИЯМ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ ОТДЕЛОЧНОГО ПОКРЫТИЯ КОЛЕБАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЯМ ОТ ЗЕМЛЯТРЕСЕНИЯ, Махкамов С.М., Самигов Н.А., Хамидов Л.А., Турапов М.Т., Закиров Ж.С., Ахунджанова С.Р., Мажидов С.Р. (Ташкентский архитектурно-строительный институт), (Институт Сейсмологии АН Р Уз)	267
88	К ТЕОРИИ СОСТАВНЫХ СТЕРЖНЕЙ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. к.т.н., доц. А.Т.Кулдашев, (СамГАСИ), Узбекистан	269
89	СОЗДАНИЕ ТЕПЛО И ТЕРМОСТОЙКИХ ПОЛИМЕРНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОМПОЗИТОВ, В ПОЛИСТРУКТУРНОМ АСПЕКТЕ. Главный научный сотрудник НИЛ «Энергосберегающие строительные материалы» при Ташкентском архитектурно-строительном институте. д.т.н., проф. Самигов Н.А., к.х.н., доц. Миркомиллов И.М., магистр. Самигов У.Н.	274
90	ПОВЫШЕНИЕ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДРЕВЕСНЫХ МАТЕРИАЛОВ к.т.н., доц. И.И.Сиддиков, соискатель С.К.Жумаев (ВТШПБ МВД)	279

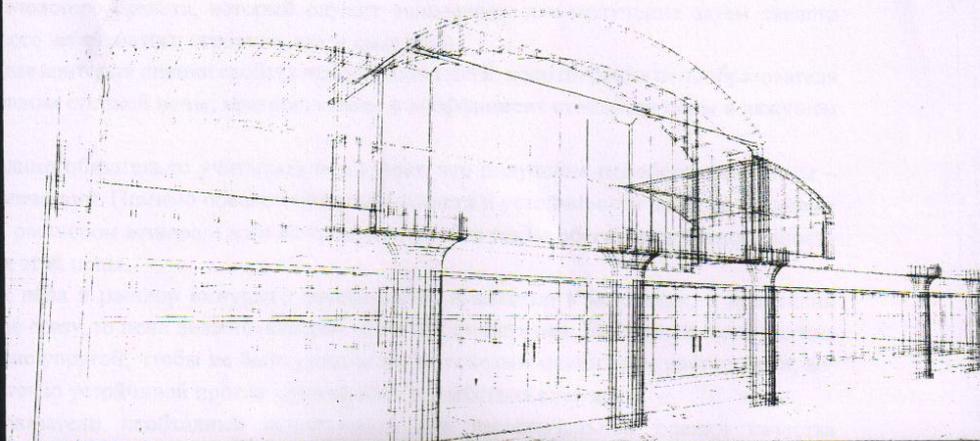
ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ



ТОШКЕНТ АРХИТЕКТУРА ҚУРИЛИШ ИНСТИТУТИ

АРХИТЕКТУРА ВА ҚУРИЛИШ МУАММОЛАРИ

МАГИСТРАНТЛАРНИНГ XIII АНЪАНАВИЙ АНЖУМАНИ
ИЛМИЙ МАҚОЛАЛАРИ ТЎПЛАМИ



ТОШКЕНТ 2012

освещенность помещений и др. фактические значения качественных и количественных характеристик определяют техническое состояние здания.

Целью проведения натурных исследований является получение достоверных данных о состоянии строительных конструкции и инженерных систем и выявление причин обусловивших такое состояние. По материалам обследования делается вывод об условиях дальнейшей эксплуатации элементов здания, мероприятиях по обеспечению их надежности и долговечности до замены.

Выявлению подлежат:

- дефекты, связанные с недостатками норм проектирования и проектного решения;
- дефекты изготовления или возведения;
- дефекты монтажа сборных конструкций;
- повреждения от агрессивных воздействий среды;
- механические повреждения от нарушений правил эксплуатации;
- повреждения от непредусмотренных проектом статических и динамических воздействий;
- повреждения, вызванные стихийными бедствиями (пожар, взрыв, землетрясение, наводнение и т.д).

Система технического обследования включает следующие виды контроля технического состояния в зависимости от задач обследования и периода эксплуатации здания.

ВЫБОР ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯ ДЛЯ ПЕНОБЕТОНОВ НА ОСНОВЕ БЕЗОБЖИГОВОГО ЩЕЛОЧНОГО ВЯЖУЩЕГО

Аспирант Хошимова Г., студ. Каримов К.

Руководитель доц. Камалов Х.

Способ изготовления пенобетонных основан на особых свойствах пены, получаемой из специальных веществ, носящих название пенообразователей. Назначением пены является образование ячеистого скелета, который служит основанием для получения затем скелета прочного, такого же ячеистого строения, как и сама пена.

Основные критерии оценки свойств пенообразователей: концентрация пенообразователя в приготовлении стойкой пены; кратность пены и коэффициент стойкости пены в вяжущем растворе.

Необходимо обязательно учитывать и тот факт, что получение пенобетонной массы – процесс динамический. Помимо обеспечения стабильности и устойчивости пены на стадии ее смешивания с раствором минерального вяжущего требуется также обеспечить равномерность распределения этой пены.

Так как пена и раствор вяжущего смешиваются совместно в мешалках, а последний твердевает не сразу, то пена должна обладать особыми свойствами. Во-первых, пена должна быть достаточно упругой, чтобы не быть раздавленной тяжелым цементным раствором и, во-вторых, достаточно устойчивой против химического воздействия вяжущего.

Эти показатели необходимо использовать для первоначальной оценки качества пенообразователя.

Если пенобетонную смесь рассматривать как двухкомпозиционный материал, который состоит из строительной пены и матрицы из вяжущего и каждый из этих двух компонентов в

одинаковой степени оказывает принципиальное влияние на строительные-технические свойства. В отличие от традиционно используемого для производства пенобетонов портландцемента, БЩВ отличаются повышенной рН средой. Поэтому не каждая пенообразующая добавка может быть совместима с БЩВ. В связи с этим встает вопрос, какой должна быть пенообразующая добавка и на ее основе строительная пена.

В настоящее время существует много пенообразующих добавок, каждая из которых отличается набором технологических и экономических достоинств. До настоящего времени нет универсального подхода к оценке эффективности того или иного пенообразователя. Для каждого конкретного случая применимости важны свои критерии оценки.

В состав пенообразователей в той или иной мере входят поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые при растворении в жидкостях существенно понижают поверхностное натяжение на границе раздела фаз «жидкость-газ». Из вышеизложенного можно сделать вывод, что поверхностное натяжение является одним из важнейших показателей качества пенообразователей.

В исследованиях нами были изучены влияние пенообразователя Сетора, Винпор, Арekom-4 и ПБ-2000 на поверхностное натяжение водных растворов, используемых в качестве щелочного компонента при приготовлении БЩВ.

В качестве исследуемых водных растворов были применены – водные растворы трисиликата натрия, дисиликата натрия, технической соды, а также дистиллированная вода.

Поверхностную активность растворов определяли методом **счета или взвешивания капель (сталагмометрический)**. В основе метода лежат условия отрыва капли под действием собственного веса. Сталагмометр представляет собой капилляр на конце бюретки. Капилляр имеет широкий тщательно отшлифованный конец.

Исследователями установлено, что добавка пенообразователя Сетора в количестве 2.5% привело к снижению поверхностного натяжения дистиллированной воды до 37,16 мДж/м². Такой эффект снижения с этой добавкой у щелочных растворов не наблюдается.

Влияние пенообразователей Арekom-4 и ПБ-2000 во всех рассматриваемых растворах оказалось приблизительно равным.

Устойчивость и кратность пены также оказывают значительное влияние на качество получаемого поризованного материала.

В классической технологии производства пенобетона, как правило, используются пены средней кратности (от 4 до 9). При этом образуется полифракционная сферическая пористая структура (максимальная пористость пенобетона, по литературным данным, составляет около 83% при кратности пены. За счет образования точечных отверстий в зоне соприкосновения сферических пузырьков пены после отверждения материал приобретает открытую пористость. Размер точечных отверстий очень мал, поэтому их наличие не сказывается на прочности получаемого поризованного материала.

Полученные данные исследований устойчивости пен при различных температурах показал, что с повышением температуры воды устойчивость пен снижается. На наш взгляд, это связано с тем, что с повышением температуры воды снижаются молекулярные растягивающие усилия, приводящие к снижению поверхностного натяжения растворов, вследствие чего ускоряется водоотделение из полученных пен.

Установлено, что не зависимо от температуры использованной воды кратность полученных пен остаются относительно стабильными. При этом кратность пен составляет 14.

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, пенообразователь Арekom-4 является устойчивой к рН среде БЩВ и может рекомендована для изготовления пенобетана на основе безобжиговых щелочных вяжущих.

4.47.	Саноат бинолари конструкцияларининг техник ҳолатини баҳолашдаги муаммолар <i>Магистрант Тураходжаева Д., Абдуқодирова Ш. Раҳбар доц., Хотамов А.</i>	205
4.48.	Расчет точности вертикального проектирования при высотном строительстве <i>Магистрант Усмонов Р., Руководитель доцент Жураев Д.</i>	206
4.49.	Баланд бинолар мустаҳкамлигини геодезик кузатиш натижалари бўйича тадқиқ қилиш <i>Магистрант Усмонов Р., Раҳбар доц. Назаров Б.</i>	208
4.50.	Обследование зданий <i>Магистрант Умарходжаев Н. Раҳбарлар проф. Рахимов Б., доц. Қосимова С.</i>	210
4.51.	Выбор пенообразователя для пенобетонов на основе безобжигового щелочного вяжущего <i>Магистрант Хошимова Г., студ. Каримов К. Руководитель доц. Камилов Х.</i>	211
4.52.	Некоторые вопросы реконструкции учебных и учебно-вспомогательных зданий профессиональных колледжей <i>Магистрант Хабиров Х., Руководители доц. Қосимова С. доц. Шожаилилов Ш.</i>	213
4.53.	Бинолар ва иншоотлар кадастрини юритишнинг ўзига хос хусусиятлари <i>Магистрант Юсупов Э.</i>	214
4.54.	Энергосбережение в системах кондиционирования воздуха <i>Магистрант Якубова Д. Руководитель доц. Исманходжаева М.</i>	215
4.55.	Тенглаштириш материаллари бўйича аниқликни баҳолаш тўғрисида <i>Магистрант Қобилов Ж., Раҳбар доц. Жураев Д.</i>	216
4.56.	Бурчак ва томон ўлчашлари хатоликларининг таъсири (асосий ҳисоблаш формулалари) <i>Магистрант Қобилов Ж., Раҳбар доц. Жураев Д.</i>	217
4.57.	Анализ наблюдений стабильности положения северного борта карьера кальмакыр с применением современных маркшейдерско-геодезических технологий. <i>Магистранты Ковалёв Н., Казачихина О. Руководитель доц. Авчиев Ш.</i>	218
4.58.	О проблемах взаимодействия подземных систем инженерной коммуникации с грунтовой средой. <i>Магистранты Боймирзаев А., Сайфитдинов Р. Руководитель доц. Баходиров А.</i>	220
4.59.	Инвестиция лойиҳаларининг дастлабки босқичини амалга оширишда қурилиш қийматини аниқлаш муаммолари <i>Магистрант Шоазизов А.</i>	222
4.60.	Қурилиш соҳасида эркин бозор муносабатларини ривожлантиришда танлов савдоларини ташкил этишни такомиллаштиришнинг аҳамияти <i>Магистрант Отаниёзов С.</i>	223

Аннотация

В данной магистерской диссертации изучены и проанализированы литературные данные о разработке и исследовании пенобетона автоклавного твердения. Разработаны и оптимизированы составы пенобетона на основе безобжигового щелочного вяжущего. На основе полученных данных разработана технология производства пенобетона.

Аннотация

Ушбу магистрлик диссертациясида автоклавда ишлов бермасдан котадиған кўпикбетонни ўрганиш ва ишлаб чиқаришга бағишланган илмий адабиётлар ўрганилди ва таҳлил қилинди. Қуйдирмасдан олинадиған ишқорли боғловчи асосидаги кўпикбетон таркиб ишлаб чиқилди ва оптималлаштириди. Олинган илмий натижалар асосида кўпикбетон ишлаб чиқариш технологияси ишлаб чиқилди.

The summary

In given master dissertations are studied and analysed the literary data about working out and foam concrete research unautoclave hardening. Foam concrete structures on a basis unburning the alkaline binder are developed and optimized. On the basis of the received data the foam concrete "know-how" is explored.

РЕЦЕНЗИЯ

*на диссертационную работу для получения академической степени
магистра по специальности 5А340501 – “Производство строительных
материалов, изделий и конструкций” магистранта Хашимовой
Гулнозы Дилмуратовны на тему: «Производство пенобетонных блоков»*

В условиях современного строительства с учетом постоянного повышения цен на энергоносители на мировом рынке особенно актуальными становятся вопросы поиска новых эффективных ресурсов. Огромное значение эта проблема имеет и для строительной индустрии и строительства. Особенно важным является создание энергосберегающих технологий и материалов, которые могли обеспечить экономию энергетических ресурсов не только при их производстве, но и во время эксплуатации.

В этом плане диссертационная работа магистранта Хашимовой Г.Д. направленная на разработку технологии пенобетона на основе безобжиговых щелочных вяжущих является важной и актуальной.

Автором выполнен большой объем экспериментальных работ. В оптимизации составов разработанных ею пенобетона, использована математическая статистика, которая экспериментально доказано возможности получения пенобетона с заданными характеристиками различного диапазона.

Разработана технология производства пенобетона, которая позволяет выпустить как стеновые блоки, так и плиты для тепловой изоляции.

В целом из диссертационной работы следует, что по объему, содержанию и оформлению работа соответствует требованиям к магистерским диссертациям, а ее автор Хашимова Гулноза Дилмуратовна заслуживает присвоения ей ученой академической степени магистра по специальности 5А340501 – “Производство строительных материалов, изделий и конструкций”

Главный инженер

ООО “Хужайли”



Худайбергенов А.А.

РЕЦЕНЗИЯ

на диссертационную работу для получения академической степени по специальности 5А340501 –“Производство строительных материалов, изделий и конструкций” магистра Хашимовой Гулнозы Дилмуротовны на тему:”Производство пенобетонных блоков”

Рассматриваемая диссертационная работасостоит из введения, IV глав, основных выводов, списка литературы из 20 наименований; содержит 70 страниц машинописного текста и включает 20 рисунков, 14 таблиц.

Врецензируемая диссертационная работа посвящена актуальной теме, т.е. на разработку технологии и исследованию свойств неавтоклавного пенобетона на основе безобжигового щелочного вяжущего.

В расчетной части данной магистерской диссертации приводятся расчет состава пенобетона, расчет производительности цеха по видам изделий, расчет потребности количества форм.

Полученные данные полностью соответствует техническим требованиям, предъявляемым к пенобетону и изготовленным из пенообразователя конструкциям.

Оптимизация составов пенобетона выполнен с использованием математической статистики, которая позволяет в широком диапазоне регулировать составом пенобетона.

Магистрантом разработана технология производства пенобетона неавтоклавного твердения, которая позволяет выпуск изделий в различного ассортимента. Выполненный экономический расчет показал перспективность разработанной технологии.

Данная диссертационная работа выполнена на достаточно высоком уровне. При подготовке работы магистрант пользовалась современной научно-технической литературой и оборудованием. Пояснительная записка и графическая часть проекта выполнены при помощи компьютерной техники.

Доцент кафедры
«Строительных материалов и химии»
ТАСИ



Ж.С. Зокиров

