

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ**

**КЫРГЫЗСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СТРОИТЕЛЬСТВА, ТРАНСПОРТА И АРХИТЕКТУРЫ  
им. Н.ИСАНОВА**

**КЫРГЫЗСКО-РОССИЙСКИЙ СЛАВЯНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Б.Н.ЕЛЬЦИНА**

Диссертационный совет Д 05.17.533.

На правах рукописи  
УДК 691.327.33.2 (043.3)

**Дыйканбаева Назгул Аргынбаевна**

**НЕАВТОКЛАВНЫЙ ГАЗОБЕТОН ИЗ ТЕХНОГЕННОГО И  
ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ**

Специальность 05.23.05 – строительные материалы и изделия

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Бишкек - 2018

Диссертационная работа выполнена на кафедре «Экспертиза и управление недвижимостью» Кыргызско-Российского Славянского университета им. Б.Н.Ельцина.

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
**Касымова Мариам Тохтохуновна**,  
заведующая кафедрой «Экспертиза и управление недвижимостью» КРСУ им. Б.Н.Ельцина

Официальные оппоненты: доктор технических наук,  
**Курдюмова Валентина Мифодьевна**,  
профессор кафедры «Строительные конструкции, здания и сооружения» КГУСТА им. Н.Исанова

кандидат технических наук, доцент  
**Касымов Туратбек Мугалимович**,  
проректор по учебно-воспитательной работе  
Международный университет  
инновационных технологий

Ведущая организация: Государственный институт сейсмостойкого строительства и инженерного проектирования (ГИССиИП), 720048, г.Бишкек, ул. Чолпон-Атинская, 2.

Защита состоится 28 февраля 2019г. в 14-00 часов на заседании диссертационного совета Д 05.17.533 при Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова и Кыргызско-Российском Славянском университете им. Б.Н.Ельцина по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б, факс: (996 312) 543 561, [www.ksucta.kg](http://www.ksucta.kg).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова по адресу: 720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б.

Автореферат разослан «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 05.17.553,  
к.т.н., доцент



Н.Ж.Маданбеков

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы диссертации.** Производство ячеистых бетонов основано на множестве технологических схем их производства из природного и техногенного сырья, а также оборудования и добавок применяемых для повышения их качества.

На сегодняшний день одним из основных эффективных теплоизоляционных материалов являются газобетоны. Теория и практика производства газобетонов показывает, что отличительные признаки таких материалов формируются в зависимости от способа их производства.

Наиболее эффективными с точки зрения экономии считаются неавтоклавные газобетоны, которые могут быть сконструированы как из природного так и техногенного сырья. Преимущества неавтоклавных газобетонов: низкие значения теплопроводности, плотности, водопоглощения, повышенная стойкость к высоким температурам, хорошая обрабатываемость, высокая долговечность, экологичность.

Накопленный экспериментальный опыт показывает превосходство прочностных характеристик автоклавных газобетонов. Учитывая экономичность безавтоклавной технологии необходимо обеспечить требуемые показатели свойств газобетонов.

Успешное решение этой задачи невозможно без теоретического обобщения и дальнейшего углубления знаний о сложных процессах, обуславливающих формирование структуры и физико-механических свойств газобетонов, о их взаимосвязи с состоянием исходных материалов, составами и технологическим процессом получения изделий.

В мире существуют множество технологий производства газобетона. Несмотря на это в нашей республике этот материал не так широко применяется, как в соседних государствах. Производство и применение ячеистых бетонов хорошо развито только в Чуйской области. Развитие производства неавтоклавного газобетона во всех регионах нашей страны и совершенствование его технологии производства является актуальной задачей отрасли строительства Кыргызстана.

**Цель и задачи исследования.** Цель исследований заключается в обосновании и разработке составов газобетонов и фиброгазобетонов из природного и техногенного сырья Кыргызстана, при направленном регулировании структуры и физико-механических свойств.

В соответствии с поставленной целью были решены следующие задачи:

1. Выполнен анализ имеющихся разработок в области исследования ячеистых бетонов с использованием природного и техногенного сырья, добавок различного назначения.
2. Разработаны составы газобетона по экспериментально-статистическим моделям.
3. Изучено влияние дисперсного армирования волокнами асбеста и стекловолокна на свойства неавтоклавного фиброгазобетона.

4. Исследована совокупность технологических факторов, оказывающих наиболее существенное влияние на процессы структурообразования газобетонов.
5. Изучена микроструктура и фазовый состав газобетона. Рассчитаны коэффициенты активности ( $K_{акт}$ ), также выполнен расчет содержания силикатной и железистой фаз, для сырьевых материалов газобетона.
6. Решены прикладные задачи по совершенствованию и интенсификации производства газобетонов, технических и технологических способов их получения с технико-экономической эффективностью.

**Научная новизна полученных результатов** диссертационной работы заключается в следующем:

- теоретически обоснована и экспериментально подтверждена эффективность использования известняка-ракушечника, золы БТЭЦ для получения неавтоклавного газобетона;
- разработаны и исследованы новые составы газобетона по экспериментально статистическим моделям, защищенные патентами КР;
- установлено взаимодействие основных структурообразующих элементов при различном сочетании дисперсного армирования и их взаимосвязь со свойствами фиброгазобетона;
- обосновано совокупность технологических факторов оказывающих наиболее существенное влияние на процесс структурообразования и свойства газобетона;
- теоретически обоснованы составы газобетона с учетом критериев оценки сырья по коэффициентам основности ( $K_{осн}$ ) и коэффициенту активности ( $K_{акт}$ ) (содержание силикатной, железистой и активных фаз).

**Практическая значимость полученных результатов.** На основании теоретических и экспериментальных исследований разработаны оптимальные составы неавтоклавного газобетона на основе золы-уноса БТЭЦ и известняка-ракушечника, что позволило расширить сырьевую базу для производства газобетонов.

Выявлено, что при дисперсном армировании неавтоклавного газобетона фибрами асбеста и стекловолокна эксплуатационные свойства существенно повышаются.

Установлено, что с использованием золы-уноса БТЭЦ и отходов камнепиления из известняка-ракушечника, решается экологическая проблема - защита окружающей среды от загрязнения отходами промышленности.

**Экономическая значимость полученных результатов.** Расчеты показали целесообразность применения известняка-ракушечника и золы Бишкекской ТЭЦ в качестве наполнителей в производстве неавтоклавного газобетона. Экономический эффект на получение 10 тыс. м<sup>3</sup> неавтоклавного газобетона с золой БТЭЦ и известняком-ракушечником составил до 5050 тыс. сом. Для газобетона на основе известняка-ракушечника экономический эффект на производство 10 тыс. м<sup>3</sup> составил до 1250 тыс. сом.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

- Научно-практическое обоснование производства газобетона на основе золы Бишкекской ТЭЦ и известняка-ракушечника.

-Разработанные составы газобетона методом экспериментально-статистического моделирования.

-Результаты исследований по дисперсному армированию неавтоклавного газобетона волокнами асбеста и стекловолокна.

-Результаты исследований совокупности технологических факторов оказывающих наиболее существенное влияние на процесс структурообразования и свойства газобетона. Результаты расчета коэффициента активности ( $K_{акт}$ ), наличия силикатной и железистой фаз.

-Практическое внедрение в производственных условиях ОсОО «Зенит - М», с технико-экономическим обоснованием результатов исследования.

**Личный вклад соискателя** состоит в разработке оптимального состава неавтоклавного газобетона на основе золы-уноса БТЭЦ и известняка-ракушечника. Автор является организатором и исполнителем работ связанных с обработкой и выполнением экспериментальных исследований.

Обработка полученных данных, выявление закономерностей, подготовка документации для практической реализации полученных результатов, разработка основных положений, выводов и рекомендаций по научным исследованиям выполнены непосредственно автором.

#### **Апробации результатов диссертации**

Основные результаты исследований, составляющие содержание диссертации, докладывались на конференциях и семинарах: международных научно-практических конференциях ФАДИС КРСУ (г.Бишкек, 2012-2017г.г.); международной научно-практической конференции «Н. Исанов- видный государственный деятель КР» (г.Бишкек, КГУСТА им. Н. Исанова, 2013); международной научно-практической конференции «Строительные технологии, материалы и качество в строительстве» (г. Ростов-на-Дону, РГСУ, 2013); международных научно-практических конференциях ФГБОУ ВО Саратовского ГАУ им. Н.И. Вавилова (2014-2015 г.г.); международных научно-практических конференциях «Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. Научные чтения, посвященные памяти профессора А.П.Сапожникова» (Комсомольск-на-Амуре, ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2014-2015 г.г.). Представлены на конкурсах: инновационных проектов «Ярмарка идей», организованной Кыргыз патентом (г. Бишкек, 2015); проект «Чилистен» на телеканале НТС (г. Бишкек, 2016); Патент №1893 награжден грамотой Кыргыз патента как лучшее изобретение (г. Бишкек, 2018).

#### **Полнота отражения результатов диссертации в публикациях**

По результатам исследований опубликовано 13 работ, в том числе 10 научных статей, получено 3 патента на изобретение КР.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, выводов, списка литературы из 171 наименований и 3 приложений. Диссертация изложена на 172 страницах и включает 38 рисунка и 29 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

**Во введении** сформулирована проблема и обоснована актуальность проводимых исследований, приведена краткая характеристика научной новизны и практической значимости работы.

**В первой главе** приведен литературный обзор технологии производства ячеистых бетонов различного назначения и практика их применения.

Анализ отечественной и зарубежной литературы показал эффективность ячеистого бетона как тепло- и энергосберегающего ограждающего материала, производство которого в настоящее время востребовано. Теоретические основы технологии ячеистых бетонов изложены в работах А.В. Волженского, Х.С. Воробьева, К.Э. Горяйнова, Ю.М. Баженова, Т.А. Ухова, А.П. Меркина, И.Б. Удачкина, Ю.В. Гудкова, Ю.В.Пухаренко, Л.В.Моргун, К.В.Талантовой, А.А.Абдыкалыкова, С.Г.Караханиди, Б.Т. Ассакуновой и других ученых.

Для получения газобетона с высокими эксплуатационными свойствами используют минеральные вяжущие вещества. Главным компонентом в ячеистых бетонах является гидравлическое вяжущее вещество портландцемент. Теория твердения вяжущих веществ наиболее полно отражена в работах советского ученого А.А.Байкова. Все экспериментальные исследования, выполненные в данной работе по изучению физико-химических процессов структурообразования, по идентификации продуктов твердения в газобетонах, а также созданию пористой структуры в этом материале базируются на фундаментальных исследованиях этого автора.

Расширение сырьевой базы промышленности строительных материалов за счет вовлечения в производство вторичных продуктов и отходов промышленности имеет важное народнохозяйственное значение. В структуре себестоимости ячеистобетонных изделий на долю сырьевых материалов приходится 30-40% затрат. Это обуславливает высокую эффективность использования в качестве сырья различных попутных продуктов и отходов промышленности. Практика отечественных и зарубежных предприятий по производству ячеистых бетонов показывает перспективность развития и совершенствования технологии изготовления ячеистого бетона с использованием в качестве основного вида сырья - местного природного и техногенного сырья Кыргызстана.

По агрегатному состоянию отходы и попутные продукты промышленности на стадии выделения их из основного технологического процесса могут представлять собой: отвердевшие зерна различного размера и плотности, жидкости и газы. Классификация попутных продуктов по агрегатному состоянию в момент их выделения из основного технологического процесса позволяет оценить возможные направления их использования. Для определения конкретных областей применения этих продуктов необходима химико-технологическая характеристика. Для оценки химической активности попутных продуктов были предложены три группы модулей, характеризующие их гидравлическую активность.

Для оценки вяжущих свойств техногенного и природного для неавтоклавнога газобетона нами принята методика расчета по  $K_{осн}$  и  $K_{акт}$ .

Неавтоклавные ячеистые бетоны характеризуются высокими деформациями усадки, что приводит к интенсивному трещинообразованию и даже разрушению изделий. Преодоление этих недостатков возможно путем увеличения прочности и трещиностойкости, оптимизации составов сырьевых смесей. При этом особое внимание должно уделяться возможности эффективного использования дисперсной арматуры. На основании выше изложенного сформулированы цель и задачи исследований.

**Во второй главе** представлены характеристики применяемых материалов, приведено описание инструментальной базы и методов исследования.

При проведении экспериментальных исследований в качестве основных исходных компонентов для получения образцов использовались: Кантский портландцемент марки 400, песок кварцевый Ивановского месторождения ( $M_{кр}=1,5...2$ ), зола-уноса Бишкекской ТЭЦ, известняк ракушечник месторождения Сары-Таш, алюминиевая пудра ПАП-1. Кроме того, в качестве добавок применялись гидроксид натрия (NaOH), суперпластификаторы фирмы БАСФ, а также асбест марки А5-50 и стекловолокно диаметром 73 мкм в качестве фибры. Химический состав основных сырьевых материалов представлен в табл.1.

Таблица 1 – Химический состав сырьевых материалов

Наименование материала	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	R <sub>2</sub> O	CaO <sub>своб</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	TiO <sub>2</sub>	Ппп
Портландцемент	21,93	4,73	3,63	64,96	1,51	0,41	0,11	0,41	-	0,4	-	-	-	0,15
Зола-унос БТЭЦ	51,57	21,87	3,70	3,09	1,24	-	-	1,47	0,52	-	-	-	-	16,54
Известняк-ракушечник	3,93	2,56	0,45	39,57	11,46	0,11	0,03	0,47	-	-	0,05	0,06	0,05	41,26

Изучение свойств сырьевых компонентов и образцов газобетона проводилось в лабораториях «Строительного материаловедения» и «Строительные конструкции» кафедры «Экспертиза и управление недвижимостью», а также в лаборатории «Физика твердого тела» кафедры «Физики» Кыргызско-Российского Славянского Университета имени Б. Н. Ельцина.

При изготовлении и испытании образцов использованы стандартные методы исследований.

Прочность бетона определялась согласно ГОСТ 10180-2012, средняя плотность - ГОСТ 27005-86, ГОСТ 12730.1-84, морозостойкость по ГОСТ 1006.0-95. Фазовый состав продуктов твердения идентифицировали по результатам рентгенофазового анализа на приборе «Дифрактометр рентгеновский ДРОН-3М». Микроструктурные характеристики образцов газобетона исследовали на «Растровом электронном микроскопе». Теплопроводность определялась на приборе ИТ-МГ4 «Зонд».

Оптимизация состава газобетона проводилась методом экспериментально-статистического моделирования (ЭСМ).

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований по подбору, оптимизации состава и дисперсному армированию неавтоклавного газобетона из местного природного и техногенного сырья Кыргызстана.

В результате экспериментов было установлено, что известняк-ракушечник и зола являются эффективными наполнителями для газобетона. Зола не требует энергоемкого процесса помола, известняк-ракушечник является высоко размалываемым сырьем по сравнению с песком.

Зола обладает химической активностью и в присутствии воды взаимодействует с гидроксидом кальция, образующимся при гидратации портландцемента, с образованием гидросиликатов кальция, упрочняющих цементный камень.

Основу известняка-ракушечника составляет кальцит, который часто не является химически активным соединением, но служит хорошей основой для наращивания на его кристаллах неорганических соединений. Следовательно, при использовании тонкодисперсных карбонатов кальция может служить хорошей подложкой для многих соединений.

Оптимизация рецептуры и свойств газобетона проводилось методом экспериментально-статистического моделирования (ЭСМ). ЭСМ рецептуры и свойств фиброгазобетона проводилось по результатам трехфакторного эксперимента по плану  $B_3$ , где варьировались составляющие компоненты: цемент -  $X_1$  -  $(50 \pm 10) \%$ ; зола  $X_2$  -  $(20 \pm 10) \%$ ; суперпластификатор Melment  $X_3$  -  $(0,8 \pm 0,3)$ . Остальное: алюминиевая пудра (0,08), гидроксид натрия (NaOH) (0,15), известняк-ракушечник(18,8-38,8), фибра из стекловолокна(0,1), вода(0,53).

По результатам эксперимента и обработки данных получены следующие уравнения имеющие следующий вид:

*Уравнение плотности, г/см<sup>3</sup>*

$$(Y_1) - \rho = 0,573 - 0,008 x_1 + 0,006 x_1^2 + 0,003 x_1 x_2 + 0,011 x_1 x_3; + 0,032 x_2 + 0,006 x_2^2 - 0,006 x_2 x_3; - 0,008 x_3 + 0,029 x_3^2$$

*Уравнение прочности на сжатие (МПа)*

$$(Y_2) - R_{сж} = 0,761 + 0,169 x_1 - 0,034 x_1^2 - 0,031 x_1 x_2 - 0,021 x_1 x_3; + 0,134 x_2 + 0,041 x_2^2 - 0,026 x_2 x_3; - 0,033 x_3 + 0,036 x_3^2$$

*Уравнение прочности при изгибе (МПа)*

$$(Y_1) - R_{изг.} = 0,410 + 0,039 x_1 + 0,015 x_1^2 - 0,064 x_1 x_2 - 0,026 x_1 x_3; + 0,118 x_2 + 0,110 x_2^2 + 0,034 x_2 x_3; + 0,019 x_3 - 0,035 x_3^2$$

*Уравнение показателя водопоглощения (%)*

$$(Y_4) W = 74,26 - 4,22 x_1 - 8,04 x_1^2 - 0,94 x_1 x_2 - 1,49 x_1 x_3; - 2,14 x_2 - 0,84 x_2^2 + 4,69 x_2 x_3; - 5,29 x_3 - 0,035 x_3^2$$

В результате, для обеспечения требуемых физико-механических свойств, золы в составе газобетона должно быть в пределах 22...30% и мелмента 0,5...0,8%. Установлено, что дальнейшее повышение количества добавки не улучшает прочностные показатели и приводит к росту водопоглощения.

Проведены исследования по дисперсному армированию неавтоклавнога газобетона на основе известняка-ракушечника фибрами асбеста и стекловолокна. Установлено что увеличение количества фибр ведет к уменьшению показателя плотности и увеличению прочности на сжатие и изгиб. Так при 6% асбеста минимальная плотность равна 0,716 г/см<sup>3</sup>, прочность на изгиб равна 1,58 МПа и прочность на сжатие 3 МПа (рис.1).

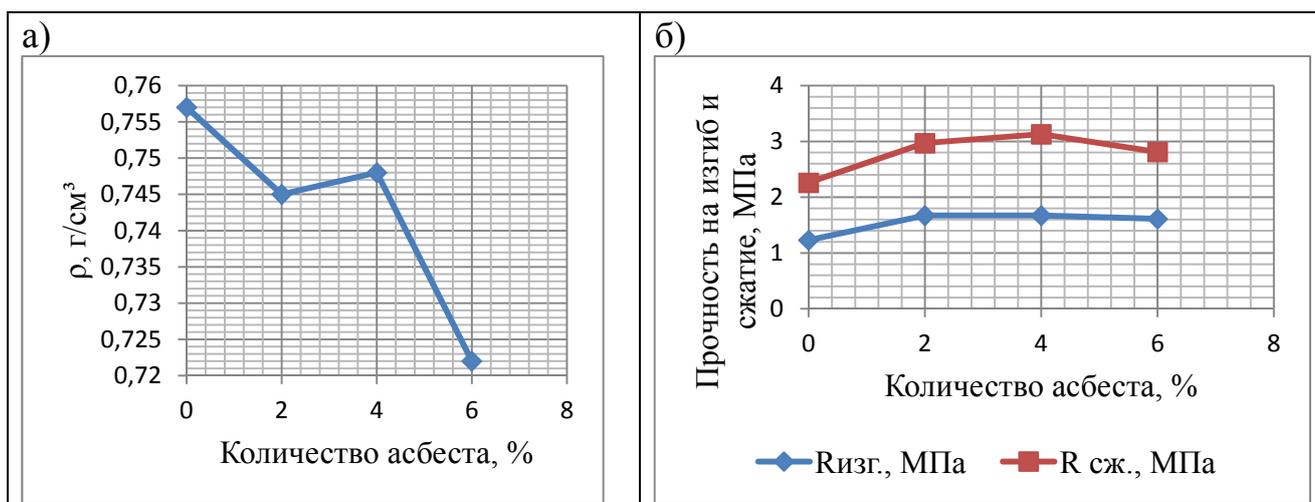


Рис 1. Зависимость свойств фиброгазобетона от содержания асбестового волокна:  
а) средней плотности; б) прочности на изгиб и сжатие

Увеличение прочностных показателей связано с большой адсорбционной способностью асбеста в смеси с портландцементом. Поскольку волокна асбеста являются продуктом природного происхождения, при смачивании водой асбест адсорбирует, то есть хорошо удерживает на своей поверхности продукты гидратации цемента, связывающие волокна асбеста, поэтому газобетон является тонкоармированным.

Физико-химические процессы гидратации портландцемента протекают по принципу образования вокруг и на поверхности асбестовых волокон центров кристаллизации продуктов гидратации портландцементного клинкера.

Газобетоны со стекловолокном также имеют более высокие прочностные показатели по сравнению с образцами без фибр. Средняя плотность находится в пределах от 0,722, г/см<sup>3</sup> до 0,892 г/см<sup>3</sup>. В данном случае увеличение количества фибр ведет к уменьшению плотности и увеличению прочностных показателей (рис.2).

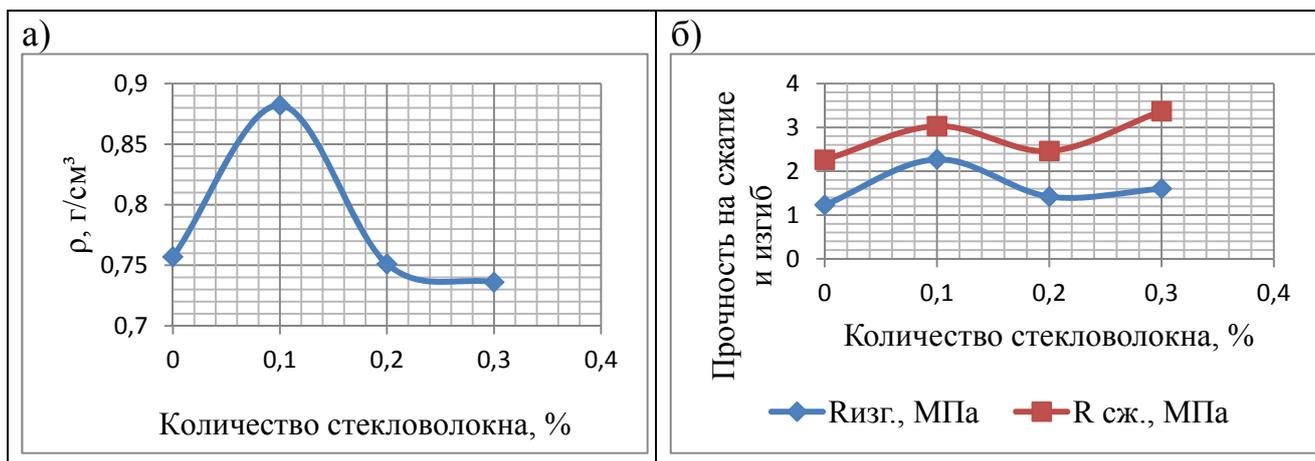


Рис 2. Зависимость свойств фиброгазобетона от содержания стекловолокна:  
а) средней плотности; б) прочности на изгиб и сжатие

Максимальное количество добавки фибр стекловолокна составило 0,3%. Эксперименты показали, что дальнейшее увеличение количества фибр стекловолокна приводит к разрушению равномерной пористой структуры. Большое количество фибр в структуре газобетона приводит к комкованию, что в свою очередь приводит к образованию плотной структуры. Структура газобетона представлена двумя слоями - нижней плотной и верхней пористой.

Самый высокий показатель прочности на сжатие имеет образец с 0,3% фибр из стекловолокна. При этом  $\rho = 0,741 \text{ г/см}^3$ ,  $R \text{ сж.} = 3,68 \text{ МПа}$ . Установлена оптимальная длина фибр стекловолокна для дисперсного армирования газобетона равная 0,5 см. Как показывают результаты экспериментов (рис.3.) с увеличением длины фибр плотность уменьшается.

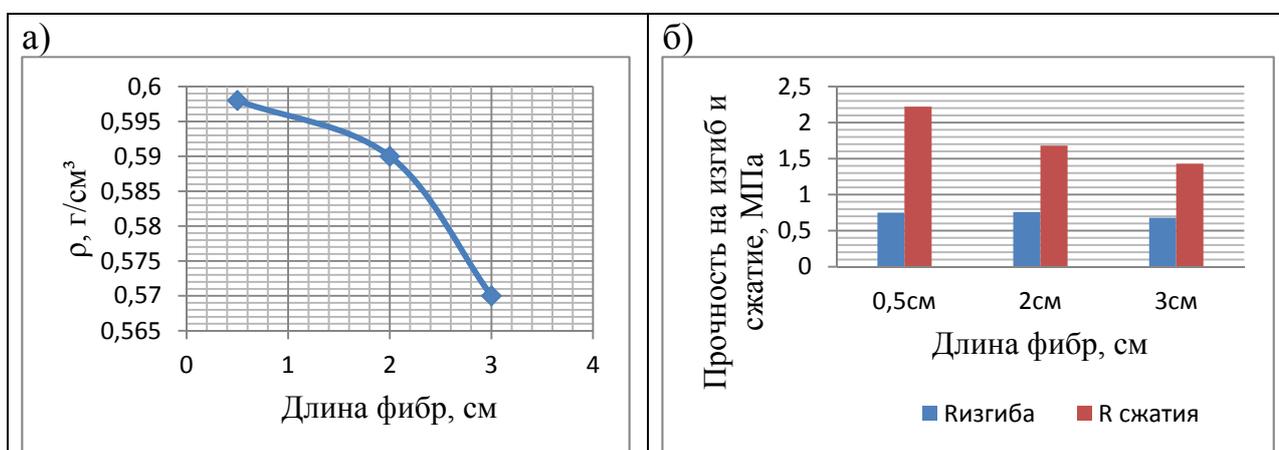


Рис 3. Зависимость свойств фиброгазобетона от длины стекловолокна:  
а) средней плотности; б) прочности на изгиб и сжатие

Для подтверждения результатов экспериментальных данных был проведен анализ микроструктуры дисперсно-армированных бетонов. Максимальный диаметр пор равен 1,5 - 2 мм, преобладают поры размером 1 мм и менее. Установлено, что образцы газобетона на основе известняка-ракушечника имеют равномерную пористую структуру с закрытыми сферическими порами (рис.4).

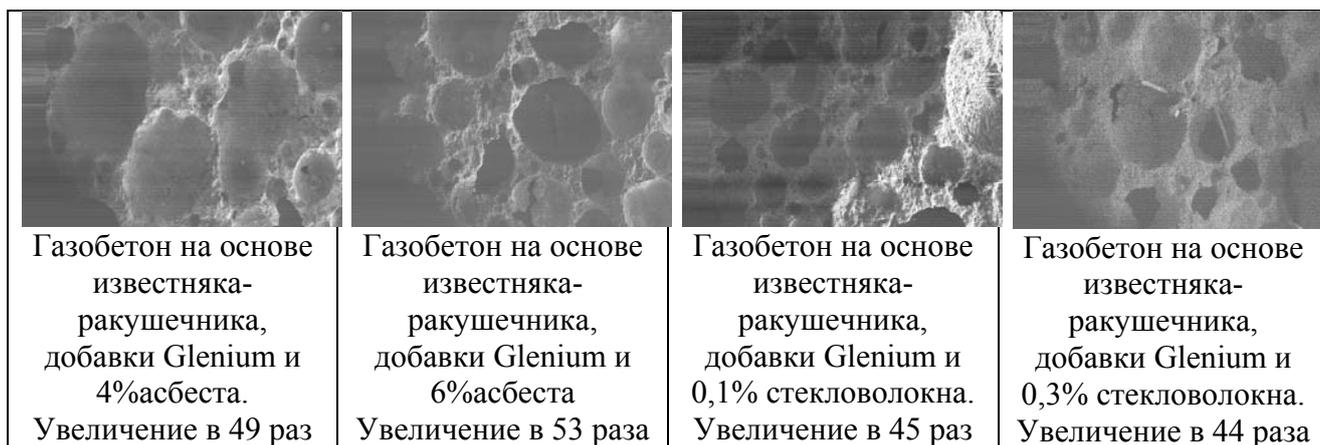


Рис.4. Микроструктура образцов неавтоклавного газобетона

**Четвертая глава** посвящена изучению технологических факторов, таких как температура воды затворения, текучесть бетонной смеси, продолжительность тепловлажностной обработки, а также технических и эксплуатационных свойств полученных составов неавтоклавного газобетона. Приведены результаты проведения промышленных испытаний и их технико-экономические показатели.

Температура смеси оказывает существенное влияние на формирование пористой структуры газобетона. С повышением температуры бетонной смеси процесс вспучивания ускоряется. При этом процесс газообразования может протекать более интенсивно, чем достижение бетонной смеси необходимой пластической прочности.

Согласно экспериментальным данным (рис. 5), оптимальной температурой воды затворения для вспучивания газобетонной массы на основе песка и золы является температура равная 20°C.

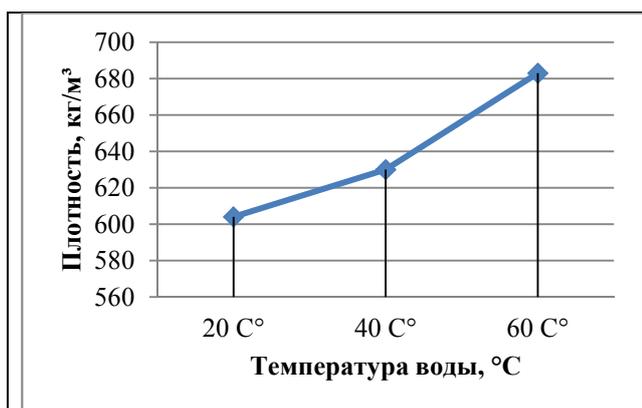


Рис 5. Зависимость средней плотности газобетона (наполнитель песок, зола) от температуры воды

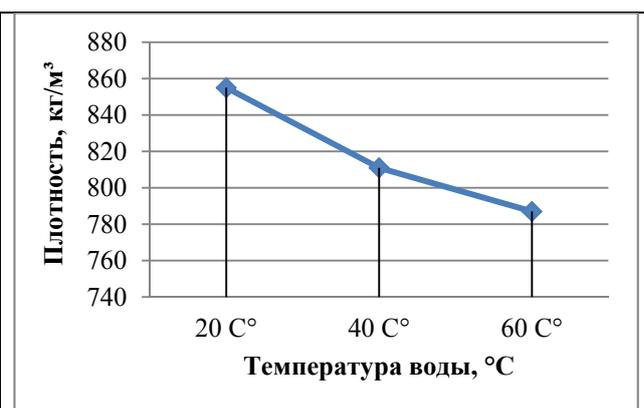


Рис 6. Зависимость средней плотности газобетона (наполнитель известняк ракушечник) от температуры воды

При данном температурном режиме поризация смеси происходит равномерно. С повышением температуры от 40°C до 60°C процесс вспучивания протекает более интенсивно. В макроструктуре образцов наблюдается слияние мелких пор в более крупные. Высокая температура воды затворения также ускоряет процесс гидратации и схватывания вяжущего

вещества, который способствует разрушению выделяющимся водородом уже сформировавшейся и начинающей твердеть макроструктуры.

По экспериментальным данным (рис.6), оптимальной температурой воды затворения для вспучивания газобетонной массы на основе известняка-ракушечника и добавки Melment является температура равная 60°C. При данном температурном режиме достигается активный уровень поризации смеси. В составах с известняком-ракушечником процесс вспучивания газобетонной смеси происходит менее интенсивно, чем в составах с золой и песком. Поэтому увеличение температуры воды затворения не приводит к осадке газобетона.

Оптимальную температуру смеси устанавливали экспериментальным путем и для следующих составов газобетона, представленных в табл. 2.

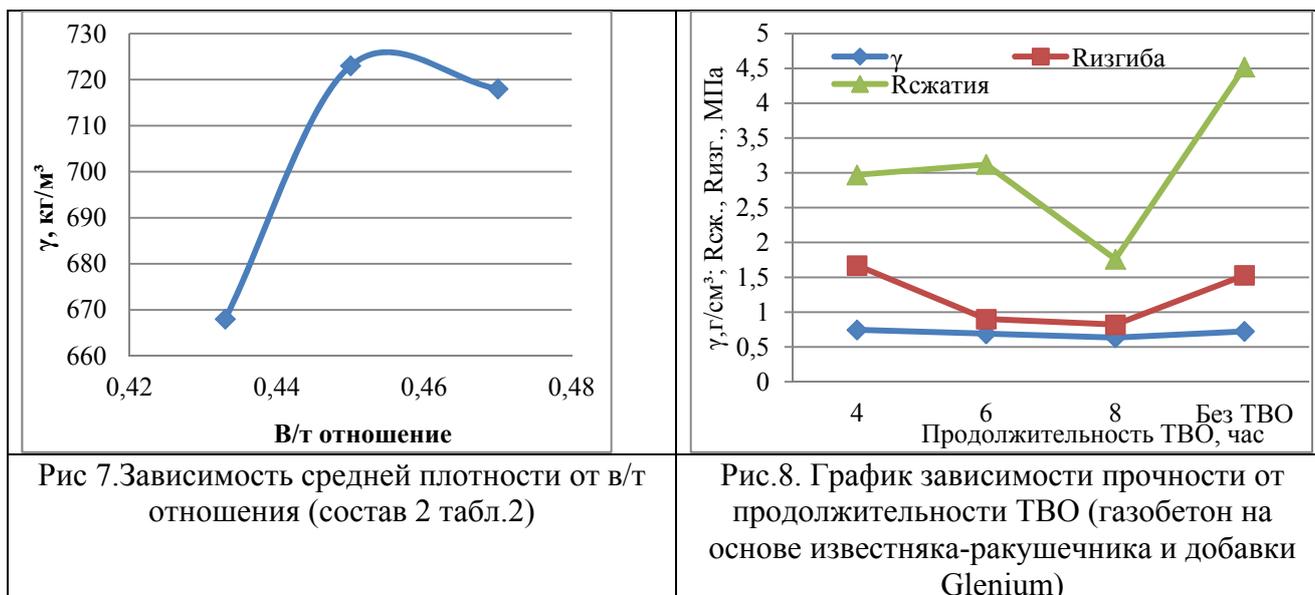
Таблица 2 - Составы композиций газобетона

№	Цемент	Зола	Ракушечник	Алюминий	сода	Glenium	Melment	фибры	Асбест
1	50	30	19,74	0,08	0,11	-	0,5	0,1	-
2	50	30	19,78	0,1	0,1	0,8	-	-	-
3	50	-	49,32	0,08	0,1	0,8	-	-	3

Эксперименты показали неэффективность повышения температуры воды затворения для приведенных составов газобетона (табл.2), так как это приводит к увеличению скорости газообразования в бетонной смеси. При температуре воды затворения 20°C образцы газобетона имели показатели плотности ниже чем при 60°C. В этом случае происходит осадка бетона из-за увеличения скорости вспучивания. Для всех трех составов неавтоклавного газобетона оптимальной температурой воды затворения является температура равная 20°C.

На процесс образования пористой структуры в ячеистых бетонах влияет ряд факторов, одним из которых является текучесть бетонной смеси. С увеличением количества воды снижается вязкость смеси, что приводит к уменьшению ее газодерживающей способности и увеличению сроков схватывания. Результатом уменьшения количества воды может являться возрастание вязкости смеси, приводящей к увеличению средней плотности газобетона.

Экспериментально установлены оптимальные области водотвердого отношения для оптимальных составов неавтоклавного газобетона. Количество воды затворения варьировали в пределах 0,54; 0,56; 0,58 для 1 состава, 0,433; 0,45; 0,47 для 2 состава и 0,325; 0,34; 0,36 для 3 состава (табл.2). График зависимости средней плотности от в/т отношения представлена на (рис.7).



В каждом из составов (табл.2) увеличение количества воды затворения ведет к увеличению плотности. При максимальном водотвердом отношении показатель плотности немного уменьшается, но при таком количестве воды сроки схватывания увеличиваются. Поэтому оптимальными для 1, 2, 3 составов являются минимальные показатели водотвердого отношения равные соответственно 0,54; 0,433; 0,325.

Экспериментальные исследования показали наиболее эффективные условия твердения представленных составов неавтоклавного газобетона (рис. 8). Для состава газобетона с наполнителями зола-известняк-ракушечник с добавкой Melment пропаривание не приводит к существенным изменениям прочности на сжатие. В образцах на основе золы-известняка-ракушечника и известняка-ракушечника с добавкой Glenium увеличение продолжительности ТВО до 6-8 часов приводит к увеличению прочности на сжатие.

Показатель прочности на изгиб в образцах 1, 2 и 3 состава уменьшается при 6-8 часовой обработке, чем при продолжительности 4 часа. Это может быть обусловлено главным образом нарушением структуры газобетона, в результате возникающих при подъеме температуры, внутреннего давления в слабом бетоне, вследствие разницы в коэффициентах теплового расширения влаги, воздуха и твердых составляющих. Причиной деструкции газобетона также могут быть миграция влаги в теле бетона и неизбежные перепады температуры в бетона по сечению. Таким образом, оптимальное время продолжительности тепловой обработки для всех исследованных составов газобетона составляет 4 часа. Последующее увеличение продолжительности тепловой обработки до 6-8 часов не целесообразно, так как это не приводит к существенным изменениям скорости гидратации портландцемента по сравнению с образцами нормального твердения.

Так как образцы с тепловлажностной обработкой испытывали на прочность в период 7 суток жизни, то газобетон не успевал набрать такую прочность как имели образцы без тепловлажностной обработки. Высокая прочность образцов без тепловлажностной обработки также может быть

обусловлено минералогическим составом цементного клинкера. С большим содержанием минерала  $C_3S$ -60%, участвующим в процессе нарастания прочности цемента в течение 28 суток. Минимальным содержанием в составе портландцемента  $C_3A$ -6,9% активного минерала в реагирующего течение первых суток жизни бетонной смеси.

Изучена микроструктура оптимальных составов неавтоклавного газобетона на основе золы и известняка-ракушечника. Анализ структуры газобетонов показал, что образцы с добавкой Glenium (2 и 3 составы табл.2) обладают равномерной мелкопористой структурой. Поры характеризуются правильной сферической формой. Максимальный диаметр пор равен 1,5мм, преобладают поры размером 1мм (рис.9-12).



Для расчета фазового состава исходного сырья для неавтоклавного газобетона использована методика расчета критериев оценки сырья и композиций составов.

Рассчитаны коэффициенты активности ( $K_{акт}$ ), также выполнен расчет содержания силикатной и железистой фаз для сырьевых материалов газобетона (табл.3).

Результаты расчета коэффициента активности, наличия силикатных  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $SiO_2$  и железистых оксидов  $FeO + Fe_2O_3$  свидетельствуют о проявлении высоких вяжущих свойств сырьевых материалов для производства неавтоклавного газобетона, что обуславливает формирование прочного цементного камня.

Для более полного изучения процессов структурообразования был выполнен рентгенофазовый анализ для определения фазового состава опытных образцов газобетона 1, 2 и 3 составов (табл.2).

Тонкодисперсные частицы известняка-ракушечника присутствующие в составе газобетона могут принимать активное участие в процессах структурообразования цементного камня, способствуя росту прочности цементного камня.

Таблица 3 - Содержание силикатной и железистой фаз в составах газобетона

№	Составы	Содержание силикатной фазы	Содержание железистой фазы	Содержание активных фаз
		$\frac{CaO + MgO}{SiO_2}$	$\frac{FeO}{SiO_2}$	$Ka = \frac{(CaO + MgO + FeO)\%}{SiO_2\%}$
1	Наполнитель: зола, известняк- ракушечник	1,64	0,11	1,75
	Цемент-45%	1,55	0,11	1,66
	Цемент-40%	1,47	0,1	1,57
	Зола-40%	1,26	0,1	1,36
	Зола-45%	1,1	0,1	1,2
2	Наполнитель: известняк ракушечник	4,52	0,158	4,68
	Цемент-45%	4,8	0,16	4,96
	Цемент-40%	5,12	0,15	5,28
	Цемент-35%	5,5	0,15	5,65

Адсорбционная способность известнякового заполнителя, позволяет продуктам гидратации вяжущего проникнуть в поверхностный слой частиц заполнителя, и укрепить их степень сцепления с цементным камнем. Это подтверждается опытами исследования влияния измельченных карбонатных заполнителей на свойства бетонов.

При затворении портландцементного клинкера водой мелкодисперсные частицы карбонатных наполнителей обрастают новообразованиями более полно, чем частицы кварца. В результате этого эффекта в зонах контакта образуются прочные соединения.

При расшифровке полученных рентгенограмм (рис.13) в образцах

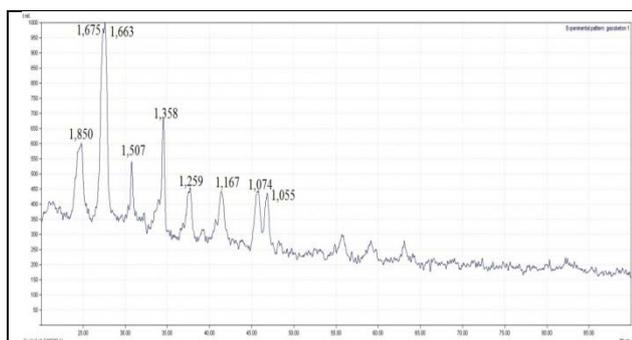


Рис.13.Рентгенограмма газобетона на основе золы-известняка-ракушечника и добавки Melment

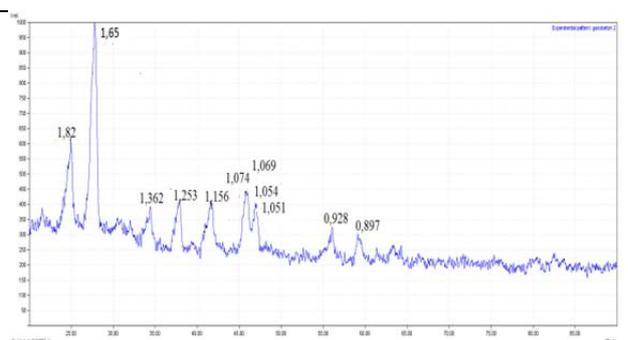


Рис.14.Рентгенограмма газобетона на основе золы-известняка-ракушечника и добавки Glenium

газобетона на основе золы-известняка-ракушечника и добавки Melment обнаружены продукты гидратации силикатов кальция с соответствующими межплоскостными расстояниями: ксонотлит  $5CaO \cdot 5SiO_2 \cdot H_2O$  ( $d, \text{нм} = 1,675$ ;  $1,358 \text{ \AA}$ ); риверсайдит  $2CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 3H_2O$  ( $d, \text{нм} = 1,663 \text{ \AA}$ ); альбит  $2CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$

(d, нм=1,507 Å). Из продуктов гидратации алюминатов и алюмоферритов кальция в составе газобетона присутствуют пики следующих фаз: этtringит  $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot H_2O$  (d, нм=1,850 Å); гидроалюминат кальция  $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O$  (d, нм= 1,167 Å). Обнаружены фаза кристаллохимической группы граната альмандин  $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$  (d, нм=1,259 Å).

В образцах газобетона на основе золы-известняка-ракушечника и добавки Glenium (рис. 14) также обнаружены гидросиликаты кальция:  $2CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$  (d, нм=1,82; 1,65 Å) , фазы кристаллохимической группы гранатов альмандин

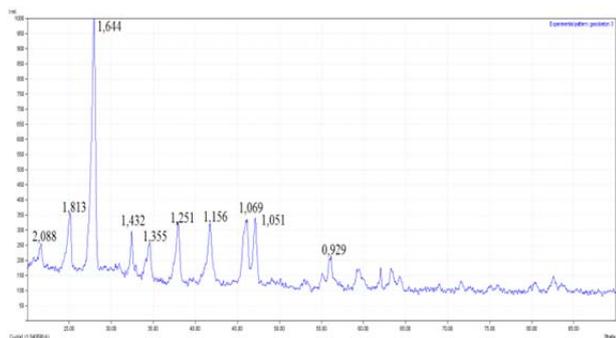


Рис.15.Рентгенограмма газобетона на основе известняка-ракушечника и добавки Glenium

$Fe_3Al_2(SiO_4)_3$  (d, нм=1,054 Å) и гроссуляр  $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$  (d, нм=1,156 Å).

В составе газобетона из известняка-ракушечника и добавки Glenium (рис.15) присутствуют продукты гидратации силиката кальция:  $3CaO \cdot SiO_2 \cdot 2H_2O$ (d, нм=2,088 Å) , гиролит  $2CaO \cdot 3SiO_2 \cdot 2H_2O$  (d, нм=1,813 Å) и гиллебрандит  $2CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$  (d, нм=1,432 Å).

Из кристаллохимической группы гранатов обнаружены андрадит  $Ca_3Fe_2(SiO_4)_2$  (d, нм=1,644 Å) и гроссуляр  $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$  (d, нм=1,156 Å). Также обнаружены пики следующих фаз: кальцит  $CaCO_3$  (d, нм=1,355 Å); глауконит  $K_4(Fe,Al)_2(OH)_2(Al,Fe)Si_3O_{10} \cdot nH_2O$  (d, нм=1,251 Å); брюстерит  $Ca(Al_2Si_6O_{16}) \cdot 5H_2O$  (d, нм=1,069 Å); анальцим  $Na(AlSi_2O_6) \cdot H_2O$  (d, нм=1,051 Å); марганцовый кальцит  $(Ca,Mn)CO_3$  (d, нм=0,929 Å).

Для оптимальных составов определены коэффициенты теплопроводности, водопоглощение и марка по морозостойкости. Показатели коэффициента теплопроводности, водопоглощение и марка по морозостойкости соответствуют требованиям ГОСТ 25485-89 «Бетоны ячеистые. Технические условия» (Табл.4).

Таблица 4- Технические характеристики неавтоклавного газобетона

Газобетон на основе:	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	λ, Вт/м. К	Водопог-е, W %	Марка по мороз-ти
Зола+Известняк-рак.+Melment	723-745	0,152-0,169	46,4 - 60	F25
Зола+Известняк-рак.+Glenium	708-724	0,142-0,149	38,8 - 49,7	F25
Известняк-рак.+Glenium	783-798	0,173-0,183	36,5 - 38,6	F24

Опытно-производственная апробация результатов исследований выполнены в ОсОО «Зенит М». Выпущена опытная партия стеновых блоков из неавтоклавного газобетона на основе золы и известняка-ракушечника, средней плотностью 600 кг/м<sup>3</sup>. Технические характеристики газобетонных изделий удовлетворяют требованиям ГОСТ 25485-89 «Бетоны ячеистые. ТУ»

Расчеты показали целесообразность применения отходов камнепиления из известняка-ракушечника и золы Бишкекской ТЭЦ в качестве наполнителей в производстве газобетона. Экономический эффект на получение  $1\text{ м}^3$  газобетона составили для состава с золой БТЭЦ, известняком-ракушечником и добавкой Melment 505 сом, при дисперсном армировании 382 сом. Для газобетона на основе золы БТЭЦ, известняка-ракушечника и добавки Glenium экономический эффект составил 418 сом, при дисперсном армировании 296 сом. При получении  $1\text{ м}^3$  газобетона на основе известняка-ракушечника и добавки Glenium экономический эффект составил 125 сом, при дисперсном армировании 3 сома. Дисперсное армирование увеличивает стоимость газобетона на 3,4%, но при этом значительно улучшаются эксплуатационные характеристики.

## ВЫВОДЫ

1. Научно обоснована и экспериментально подтверждена эффективность использования известняка-ракушечника месторождения Сары-Таш, золы БТЭЦ для получения неавтоклавного газобетона.

2. Методом экспериментально-статистического моделирования выполнена оптимизация рецептуры и свойств газобетона. В результате, для обеспечения требуемых физико-механических свойств, золы в составе газобетона должно быть в пределах 22...30% и Melment 0,5...0,8%. Установлено, что дальнейшее повышение количества добавки не улучшает прочностные показатели и приводит к росту водопоглощения.

3. При дисперсном армировании установлено, что увеличение количества фибр ведет к уменьшению показателя плотности и увеличению прочности на сжатие и изгиб. Так при 6% асбеста минимальная плотность равна  $0,716\text{ г/см}^3$ , прочность на изгиб равна 1,58 МПа и прочность на сжатие 3 МПа. Самый высокий показатель прочности на сжатие имеет образец с 0,3% фибр стекловолокна,  $\gamma = 0,741\text{ г/см}^3$  и  $R_{\text{сж.}} = 3,68\text{ МПа}$ . Также установлена оптимальная длина фибр стекловолокна равная 0,5 см для дисперсного армирования газобетона.

4. Установлена оптимальная температура воды затворения для вспучивания газобетонной массы для оптимальных составов равная  $20^\circ\text{C}$  и  $60^\circ\text{C}$  для состава газобетона на основе известняка-ракушечника и добавки Melment. Экспериментально установлены оптимальные области водотвердого отношения для 1,2 и 3 составов (табл.2) неавтоклавного газобетона равные 0,54; 0,433; и 0,325 соответственно. Оптимальное время пропаривания определено 4 часа для разработанных составов неавтоклавного газобетона.

5. Изучена структура оптимальных составов неавтоклавного газобетона на основе золы и известняка-ракушечника. Определены фазовые составы опытных образцов неавтоклавного газобетона. Рассчитаны коэффициенты активности ( $K_{\text{акт}}$ ): для образцов газобетона на основе золы и известняка-ракушечника  $K_{\text{акт}}=1,75$  и  $K_{\text{акт}}=4,68$  для газобетона на основе известняка-ракушечника. Также выполнен расчет содержания силикатной и железистой

фаз для сырьевых материалов газобетона. Содержание силикатной и железистой фаз для состава газобетона с золой и известняком-ракушечником равны 1,64 и 0,11 соответственно. Для неавтоклавного газобетона с наполнителем известняк-ракушечник содержание силикатной и железистой фаз равны 4,52 и 0,158 соответственно. Результаты расчета коэффициента активности, наличия силикатных CaO, MgO, SiO<sub>2</sub> и железистых оксидов FeO + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> свидетельствуют о проявлении высоких вяжущих свойств сырьевых материалов для производства неавтоклавного газобетона, что обуславливает формирование прочного цементного камня.

6. Определены коэффициенты теплопроводности для оптимальных составов. Для состава газобетона на основе золы-известняка-ракушечника и добавки Melment с плотностью 723-745 кг/м<sup>3</sup> теплопроводность равна 0,152-0,169 Вт/м. Коэффициент теплопроводности образцов на основе золы-известняка-ракушечника и добавки Glenium с показателями плотности в пределах 708-724 кг/м<sup>3</sup> находится в пределах 0,142-0,149 Вт/м. С. Газобетон с известняком-ракушечником и добавкой Glenium марки D800 с плотностью в пределах 783-798 кг/м<sup>3</sup> имеет коэффициенты теплопроводности в равные 0,173-0,183 Вт/м. С, что соответствует требованиям ГОСТ 25485-89.

Также были определены водопоглощение и морозостойкость: для образцов газобетона на основе золы-известняка-ракушечника и добавки Melment 46,4-60% и F25; для газобетона на основе золы-известняка-ракушечника и добавки Glenium 38,8-49,67%, F25; для газобетона на основе известняка-ракушечника и добавки Glenium 36,5-38,6%, F24.

7. Выполнены опытно-производственная апробация результатов исследований в ОсОО «Зенит М». Рассчитана стоимость 1 м<sup>3</sup> разработанных составов неавтоклавного газобетона марки D600 в сравнении с газобетонным блоком изготовленным на предприятии. Расчеты показали целесообразность применения отходов камнепиления из известняка-ракушечника и золы Бишкекской ТЭЦ в качестве наполнителей в производстве газобетона.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Касымова М.Т. Ячеистые бетоны и сухие гипсовые смеси из сырьевых материалов Кыргызстана [Текст] / М.Т. Касымова, **Н.А. Дыйканбаева**, А.Т. Омурканова // Материалы МНПК «Строительные технологии, материалы и качество в строительстве».- Ростов на Дону, 2013. - С. 40-44.

2. Касымова М.Т. Исследование свойств ячеистых бетонов местных материалов Кыргызстана [Текст] / М.Т. Касымова, **Н.А. Дыйканбаева** // Вестник КГУСТА.- Бишкек, 2014.- №3 т.1. - С.34-38.

3. Касымова М.Т. Исследование физико-механических свойств ячеистого бетона с известняком ракушечником [Текст] / М.Т. Касымова, **Н.А. Дыйканбаева** // Материалы МНПК «Культурно-историческое наследие строительства: вчера, сегодня, завтра». - Саратов: Буква, 2014. - С. 37-39.

4. Касымова М.Т. Температурный фактор в технологии производства фиброгазобетона [Текст] / М.Т. Касымова, **Н.А. Дыйканбаева** // Материалы

МНПК «Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. Научные чтения, посвященные памяти профессора А.П.Сапожникова». - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2014. - С. 280-285.

5. Касымова М.Т. Свойства ячеистого бетона из местного сырья с модифицирующими добавками [Текст] / М.Т. Касымова, **Н.А. Дыйканбаева** // Вестник КРСУ. - Бишкек, 2015. - №3. - С.169-172.

6. Касымова М.Т. Оптимизация рецептуры и свойств неавтоклавного фиброгазобетона [Текст] / М.Т. Касымова, **Дыйканбаева Н.А.** // Материалы МНПК «Современные технологии в строительстве, теплогазоснабжении и энергообеспечении». - Саратов: Амирит, 2015. - С. 101-107.

7. Касымова М.Т. Наполнители для неавтоклавного газобетона [Текст] / М.Т. Касымова, **Дыйканбаева Н.А.** // Материалы МНПК «Архитектура, строительство, землеустройство и кадастры на Дальнем Востоке в XXI веке». - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2015. - С. 94-99.

8. **Дыйканбаева Н.А.** Эффективность дисперсного армирования неавтоклавного ячеистого бетона [Текст] / Н.А. Дыйканбаева // Материалы МНПК «Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. Научные чтения памяти профессора В.Б.Федосенко». - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВПО «КнАГТУ», 2015. - С. 69-74.

9. Пат. №1893 Кыргызская Республика, С04В 38/02. Состав для производства газобетона [Текст] / М.Т. Касымова, **Н.А. Дыйканбаева**; Бишкек. КРСУ. - № 20150076.1; заявл. 13.07.15; опубл. 30.08.16, Бюл. №8.

10. **Дыйканбаева Н.А.** Влияние продолжительности тепловлажностной обработки на прочностные свойства ячеистого бетона из местного сырья Кыргызстана [Текст] / Н.А. Дыйканбаева // Вестник КРСУ. – Бишкек, 2016.-№9. - с.101-103.

11. Пат. №1939 Кыргызская Республика, С04В 38/02. Состав для производства газобетона [Текст] / М.Т. Касымова, **Н.А. Дыйканбаева**; Бишкек. КРСУ. - № 20150125.1; заявл. 29.12.15; опубл. 28.02.17, Бюл. №2.

12. Пат. №1940 Кыргызская Республика, С04В 38/02. Состав сырьевой смеси для изготовления неавтоклавного газобетона [Текст] / М.Т. Касымова, **Н.А. Дыйканбаева**; Бишкек. КРСУ. - № 20150126.1; заявл. 29.12.15; опубл. 28.02.17, Бюл. №2.

13. **Дыйканбаева Н.А.** Неавтоклавный газобетон из природного и техногенного сырья Кыргызстана [Текст] / Н.А. Дыйканбаева // Вестник КРСУ. – Бишкек, 2017. - №1. - с.123-126.

Дыйканбаева Назгул Аргынбаевнын 05.23.05- Курулуш материалдары жана буюмдары адистиги боюнча «Техногендик жана жаратылыш чийки затынан даярдалган автоклавсыз газобетон» аттуу темада техника илимдеринин кандидаты окумуштуулук даражасын алуу үчүн жазылган диссертациясына

## КОРУТУНДУ

**Түйүндү сөздөр:** автоклавсыз газобетон, толуктоочу заттар, күл, акиташ тоо кени, эксперименталдык жана статистикалык моделдөө, бетонду дисперстик арматуралоо, тыгыздык, күчтүүлүгү, бетон аралашмасы, аралаштырылуучу суунун температурасы, бетон аралашмасынын суюктугу, жылуу бууга кактоо, микроструктура, чийки заттардын активдүүлүгүнүн коэффициенти.

**Изилдөөнүн объектиси:** автоклавсыз газобетон

**Изилдөө предмети:** Кыргыз Республикасынын табигый чийки жана өнөр жай калдыктарынын негизинде автоклавсыз газобетон өндүрүү технологиясын иштеп чыгуу

**Изилдөөнүн максаты:** Кыргызстандын табигый чийки жана өнөр жай калдыктарынын негизинде иштелип чыккан автоклавсыз газобетондун курамын илимий изилдөө жана иш жүзүндө далилдөө.

**Изилдөөнүн ыкмалары.** Коюлган максаттарга жетүү үчүн эксперименталдык жана статистикалык моделдөө ыкмасын колдонулган жана рентгендик дифрактомер Дрон-3М, растр электрондук микроскоп, жылуулук өткөргүчтүктү өлчөө каражаты ИТ-МГ4 «Зонд», гидротехникалык пресс, тоңдургуч жана башка техника жабдууларын колдонуу менен теориялык жана эксперименталдык изилдөөлөр жүргүзүлгөн.

**Изилдөөнүн натыйжалары жана илимий жаңылыгы:** изилдөөнүн жыйынтыктарынын жаңылыгы автоклавсыз газобетондун курамын ойлоп табуу боюнча берилген үч патент менен ырасталат. Оптималдуу курамдагы газобетондор дисперстүү арматураланган. Технологиялык жагдайлардын газобетондун касиеттерине берген таасирин изилденген. Теориялык жактан автоклавсыз газобетондун курамы баалоо коэффициенттери менен далилденген. Экономикалык жактан өндүрүш калдыктарынын негизинде чыгарылган автоклавсыз газобетондун натыйжалуулугун көрсөттү.

**Колдонуунун деңгээли:** Иштелип чыккан автоклавсыз газобетондун курамдары «Зенит М» өндүрүштүк ишканасында колдонулган, ошондой эле илимий-изилдөө натыйжалары КРСУнун Архитектура Дизайн жана Курулуш факультетинде "Кыймылсыз мүлктү экспертизациялоо жана башкаруу", "Өнөр жай жана жарандык инженерия", "Жылуулук менен камсыздоо жана желдетүү", "Суу менен жабдуу жана кайтаруу" бакалавр багытындагы "Курулуш материалдары" курсуна киргизилген.

**Колдонулуучу тармактар:** Изилдөө натыйжалары жылуулоо, тосмо материалдарды өндүрүүдө, ошондой эле имараттарды жана курулуштарды курууда колдонулушу мүмкүн.

## РЕЗЮМЕ

диссертации Дыйканбаевой Назгул Аргынбаевны на тему: «Неавтоклавный газобетон из техногенного и природного сырья» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05- Строительные материалы и изделия.

**Ключевые слова:** неавтоклавный газобетон, наполнители, зола, известняк-ракушечник, экспериментально-статистическое моделирование, дисперсное армирование, плотность, прочность, бетонная смесь, температура воды затворения, текучесть бетонной смеси, тепловлажностная обработка, микроструктура, фазовый состав, коэффициент активности сырьевых материалов.

**Объект исследования:** неавтоклавный газобетон

**Предмет исследования:** разработка состава неавтоклавного газобетона на основе природного сырья и отходов промышленных производств Кыргызской Республики

**Цель работы:** научное обоснование и практическое подтверждение разработанных составов газобетонов и фиброгазобетонов из природного и техногенного сырья Кыргызстана.

**Методы исследования.** Для решения поставленных целей и задач были проведены теоретические и экспериментальные исследования, выполненные с применением метода экспериментально-статистического моделирования, с применением технических средств и приборов, таких как: дифрактометр рентгеновский ДРОН-3М, растровый электронный микроскоп, измеритель теплопроводности ИТ-МГ4 «Зонд», пресс гидравлический, морозильная камера и другие приборы.

**Полученные результаты и их новизна:** новизна полученных результатов подтверждена 3 патентами на изобретение на оптимальные составы газобетона. Выполнено дисперсное армирование оптимальных составов. Изучены влияние технологических факторов производства на свойства неавтоклавного газобетона.

Теоретически обоснованы составы газобетона с учетом критериев оценки сырья по коэффициентам активности. Экономические расчеты показали эффективность применения в производстве неавтоклавного газобетона отходов производства в качестве наполнителей.

**Степень использования:** проведены производственные испытания предложенных составов газобетона на предприятии ОсОО «Зенит М», а также результаты исследований внедрены в учебный процесс по курсу «Строительные материалы» для бакалавров по направлению «Строительство» по профилям: «Экспертиза и управление недвижимостью», «Промышленное и гражданское строительство», «Теплогазоснабжение и вентиляция», «Водоснабжение и водоотведение», на факультете Архитектуры Дизайна и Строительства КРСУ.

**Область применения:** результаты научных исследований можно применять при производстве теплоизоляционных, ограждающих материалов и конструкций, а также при строительстве зданий и сооружений.

## SUMMARY

Theses of Dyikanbaeva Nazgul Argynbaevna on the theme: "Non-autoclaved aerated concrete from natural and technogenic raw materials" for the scientific degree of candidate of technical sciences on specialty 05.23.05- Building materials and products.

**Keywords:** non-autoclaved aerated concrete, fillers, ash, limestone-shell rock, experimental statistical modeling, disperse reinforcement, density, strength, concrete mixture, mixing water temperature, fluidity of concrete mix, heat and moisture treatment, microstructure, phase composition, raw material activity coefficient.

**Object of investigation:** non-autoclaved aerated concrete

**Research subject:** development of production technology for non-autoclaved aerated concrete based on natural raw materials and industrial wastes of the Kyrgyz Republic

**The purpose of the work:** scientific substantiation and practical confirmation of the developed compositions of aerated concrete and fibrogazobetones from natural and technogenic raw materials of Kyrgyzstan.

Methods of research. To solve the set goals and objectives, theoretical and experimental studies were carried out using the method of experimental statistical modeling, using technical means and instruments such as: an X-ray diffractometer DRON-3M, a scanning electron microscope, an IT-MG4 Zond thermal conductivity meter, hydraulic press, freezer and other devices.

**The received results and their novelty:** the novelty of the received results is confirmed by 3 patents for inventions on the optimal compositions of aerated concrete. The disperse reinforcement of the optimal compositions is performed. The influence of technological factors of production on the properties of non-autoclaved aerated concrete is studied.

The composition of aerated concrete is theoretically justified, taking into account the criteria for estimating raw materials by the coefficients proposed.

Economic calculations have shown the effectiveness of the use in production of non-autoclaved aerated concrete waste production as fillers.

**Degree of use:** production tests of the proposed aerated concrete compositions were carried out at the enterprise Zenit M, as well as the results of the studies were introduced into the educational process at the course "Building Materials" for bachelors in the direction "Construction" on the profiles: "Examination and management of real estate", "Industrial and civil engineering", "Heat and Gas Supply and Ventilation", "Water Supply and Wastewater", at the Faculty of Architecture of Design and Construction of KRSU.

**Scope:** the results of scientific research can be used in the production of heat-insulating, protective materials and structures, as well as in the construction of buildings and structures.

**Дыйканбаева Назгул Аргынбаевна**

**НЕАВТОКЛАВНЫЙ ГАЗОБЕТОН ИЗ ТЕХНОГЕННОГО И  
ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ**

Специальность 05.23.05 – строительные материалы и изделия

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Редактор: *А.Б.Аманкулова*

Подписано в печать 22.01.2019.

Формат 60x84 1/16. Объем 1,5 уч.-изд.л.

Печать офсетная. Бумага офсетная.

Тираж 100 экз. Заказ 687

---

720020, г. Бишкек, ул. Малдыбаева, 34, б  
Кыргызский государственный университет  
строительства, транспорта и архитектуры