

Министерство науки и высшего образования РФ
Южно-Уральский государственный университет (НИУ)
Институт «Архитектурно-строительный»
Кафедра «Строительные материалы и изделия»

ВКР ПРОВЕРЕНА

Рецензент

/ Ф.А.Зырянов /

« » 2021 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

/ А.А. Орлов /

« » 2021 г.

Пояснительная записка к выпускной квалификационной работе

08.04.01.2020.034.00.00.ПЗ

Исследование многофункционального грунтобетона

Руководитель ВКР

/ М.Д.Бутакова /

« » 2021 г.

Автор ВКР

Студент группы АС –392

/ А.Э.Рубанцев /

« » 2021 г.

Нормоконтролёр

/ Г.Н. Черных /

« » 2021 г.

Челябинск
2021

АННОТАЦИЯ

Рубанцев А.Э. «Повышение эксплуатационных и прочностных характеристик грунтобетона с использованием модификаторов» - Челябинск: ЮУрГУ, Стр. мат. и изд., 2021, с 74, ил. 4, фор.13., табл.29. Библиографический список 33 - наименований.

В данной работе исследуются характеристики грунтобетона. Графически составлены изменения грунтобетона в различные сроки твердения. Выявлены наиболее прочные составы грунтобетона. Исследованы составы на водопоглощение, проведен ДТА составов с наибольшим и наименьшим содержанием цемента. Произведены технологические расчеты, дана характеристика исходного материала и готовой продукции.

					08.04.01.2021.066.00.00.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Повышение эксплуатационных и прочностных характеристик грунтобетона с использованием модификаторов	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Рубанцев А.Э.				ВКР	2	74
Провер.		Бутакова М.Д.				ЮУрГУ (НИУ) Кафедра «Строительные материалы и изделия»		
Н. Контр		Черных Т.Н.						
Зав. Каф.		Орлов А.А.						

Содержание

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА	7
1.1 Основные сведения о грунтобетоне	7
1.2 Основные сведения и свойства глин	10
1.3 Объёмные деформации грунтобетона	15
1.3.1 Способы компенсации деформаций	17
1.4 Капиллярное всасывание	18
1.5 Водопоглощение грунтобетона	18
1.6 Повышение прочности при сжатии	18
1.7 Выводы по литературному обзору	19
2 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ	21
3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	22
3.1 Основные нормативные свойства используемых материалов	22
3.1.1 Глинистое сырьё	22
3.1.2 Цемент	23
3.1.3 Вода	23
3.1.4. Добавки	24
3.2 Методы исследования	26
3.2.1 Определение деформативности грунтобетона	26
3.2.2 Определение прочности грунтобетона по контрольным образцам	26
3.2.3 Дифференциально-термический анализ	27
4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	28
4.1. Исследование свойств глинистого сырья	28

4.1.1. Определение гранулометрического состава глинистого сырья.....	28
4.1.2 Определение количества и вида крупнозернистых включений.....	29
4.1.3 Определение пластичности.....	30
4.1.4 Определение воды затворения керамической массы	30
4.2 Определение прочностных характеристик грунтобетона	31
4.3 Исследование водопоглощение грунтобетона.....	36
4.4 Исследование морозостойкости грунтобетона	39
4.5 Дериватограмма	42
5 ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ.....	47
6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	49
6.1 Краткое описание рассматриваемого проекта, процесса трудовой деятельности.....	49
6.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	50
6.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса	50
6.3.1 Микроклимат производственного помещения	50
6.3.2 Запыленность рабочей зоны	51
6.3.3 Освещение	54
6.3.4 Шум	56
6.3.5 Вибрация.....	58
6.4 Безопасность производственных процессов и оборудования	58
6.4.1 Требования безопасности при выполнении работ	58
6.4.2 Требования пожарной безопасности.....	65

6.4.3 Требования электробезопасности	66
6.5 Экология и охрана окружающей среды.....	67
7 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	69
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	72

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время закономерен интерес к совершенствованию и созданию новых технологий производства строительных материалов на основе бесцементных вяжущих с комплексным использованием побочных продуктов промышленности. Использование глинистых пород как матричной основы бетона при безобжиговой технологии имеет большое научное и прикладное значение.

Высокая технико-экономическая эффективность и экологическая рациональность производства грунтобетонов предопределяется относительно низкой энерго- и ресурсоёмкостью их получения, что расширяет возможности сырьевой базы и современного материаловедения в целом.

Реализация подобных материальных резервов связывается с проблемами управления процессами ускоренного структурообразования, надёжностью и долговечностью материала и в первую очередь по показателям прочности, деформативности, морозостойкости, непосредственно обуславливающих меру эффективности и надёжности применения строительных изделий и конструкций из грунтобетона.

Проведённые экспериментальные исследования доказали возможность получения грунтобетона как конструкционного строительного материала нормального твердения.

1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА

1.1 Основные сведения о грунтобетоне

Грунтобетон (глинобетон) - строительный материал, получаемый полусухим способом из связных грунтов (глин, суглинков, супесей), минеральных вяжущих, воды и различных добавок. Грунтобетон применяют для изготовления грунтобетонных камней, возведения зданий высотой в один-два этажа; монолитную грунтобетонную смесь используют для кладки фундаментов и в качестве подготовки под полы.

Грунтобетон один из древнейших строительных материалов известных человечеству. Использоваться он начал ещё в пятом тысячелетии до н.э. В то время в основном изготавливали саман - смесь глинистого бетона с соломой. Солому в бетон добавляли для увеличения прочности и гигроскопичности. Постройки из самана встречаются и на юге России в настоящее время. В отличие от строительных бетонов на портландцементе и кондиционных заполнителях грунтобетона при насыщении водой теряют 40-60 % прочности, в связи с чем, не могут быть отнесены к водостойким. Также возможно изменение объёма изделий в ходе попеременного увлажнения и насыщения их водой с дальнейшим разрушением структуры.

Над решением проблемы увеличения физико-механических и деформативных характеристик грунтобетона работали Комохов П.Г., Сватовская Л.Б., Комохов А.П., Аскалонов В.В., Токин А. Н., Безрук В.М., Виленкина Н.М., Попов Н. А. и другие [23-28].

Ещё одной положительной характеристикой глинобетона является его стоимость – его использование обходится в 1,5-2 раза дешевле, чем применение обожжённого кирпича или кирпича автоклавного твердения, а тем более портландцементного бетона. В качестве сырьевых материалов рассматривались: суглинок – как матричная основа материала; ангидрито-нефелиновый наполнитель, как активатор твердения; череповецкий гранулированный доменный шлак; кварцевый песок – как наполнитель глинобетона [22].

Усадочные деформации грунтобетона связаны, главным образом, с миграцией воды, содержащейся в структуре материала. Явление усадки бетона обусловлено так же химическими и физико-химическими процессами, протекающими при твердении самого вяжущего. Усадочные деформации в большей степени влияют на эффективность создания и возникновение внутренних напряжений в конструкциях и изделиях из грунтобетона. [29].

Так же изучали и рассматривали применение грунтобетона для дорожного строительства. Над данными темами работали: Дмитриева Т.В., Рамазанов А.А., Бадаев А.Д., Ланин Е.Б., Алнашаш Т.А.

В ходе исследование влияния свойств грунтового массива на прочностные характеристики грунтобетона, полученного в лабораторных условиях, была установлена взаимосвязь показателя пластичности глинистых грунтов с прочностными характеристиками грунтобетона, состоящая в том, что с уменьшением показателя пластичности глинистых грунтов прочность грунтобетона увеличивается.

Электронно-сканирующая микроскопия микроструктуры грунтобетон показала, что продукты гидратации портландцемента способны срастаться с минеральным скелетом грунта. А продукты гидратации портландцемента взаимодействуют с минералами, входящими в состав грунтобетона, образуя микроагрегаты. Сила сцепления продуктов гидратации с частицами грунта зависит от характера поверхности минерала, обусловленной его кристаллохимическими и минералогическими особенностями, кроме того, наличие органической составляющей вносит существенные изменения в нормальный ход процессов гидратации и гидролиза портландцементных минералов.

Продукты гидратации портландцемента взаимодействуют с минералами, входящими в состав грунтобетона, образуя микроагрегаты. Сила сцепления этих продуктов с частицами грунта зависит от характера поверхности минерала, обусловленной его кристаллохимическими и минералогическими особенностями. Наличие органической составляющей вносит существенные

изменения в нормальный ход процессов гидратации и гидролиза портландцементных минералов [30;].

Укрепление дисперсных систем портландцементом обуславливается тем, что продукты гидратации портландцементных частиц взаимодействуют с поверхностью минеральных частиц, коагулируют, агрегируют наиболее дисперсную часть системы в процессе своего роста и кристаллизации и образуют прочную необратимую структуру. При химическом взаимодействии с водой клинкерные минералы в ранние периоды твердения грунтобетонов образуют продукты гидратации коллоидной формы в зависимости от минералогического состава портландцемента, тонкости помола, водоцементного отношения. Гидросиликаты кальция, формирующиеся в ранние периоды твердения в виде гелеобразной массы, при дальнейшем твердении формируют микрочастицы различной морфологии – иглы, пластинки, овальные зёрна. По закону коллоидных систем они агрегируют, срастаются друг с другом, образуя прочную структуру, обеспечивая эксплуатационные свойства грунтобетонов. Микроструктура основной массы грунта объединена в замкнутые области размером 2-3 мм, которые входят в зерно, средний размер которых составляет 20-30 мм. Зёрна, в свою очередь, объединены в более крупные агрегаты размером до 100 мм.

Насыщенное содержание границ структурных составляющих внутри создаёт благоприятные условия для взаимодействия с вяжущим, что в конечном итоге служит дополнительным источником повышения прочностных свойств грунтобетонов с добавлением портландцемента [16]. Степень дисперсности грунтов оказывают большое влияние на силу сцепления их при цементации. С увеличением удельной поверхности и поверхностной энергии частиц грунта до определённого предела увеличивается прочность грунтобетона. Частицы каолинита псевдогексагональной формы сильно агрегированы, в основном ориентированы перпендикулярно относительно своих наиболее развитых граней. Местами встречаются участки, где частицы каолинита расположены под разными углами. Портландцемент, в основном контактовый, а

местами типа заполнения. Гидратированные частицы клинкерных минералов портландцемента покрыты частицами коалинита, которые ориентированы параллельно относительно своих наиболее развитых граней.

Грунтобетон имеет высокую морозостойкость только при малом количестве воды и хорошем уплотнении смеси [31]

Чем он плотнее утрамбован, тем выше считается его марка, которая с течением времени увеличивается [32].

1.2 Основные сведения и свойства глин

Глинистое сырьё – это осадочные горные породы, содержащие слоистые гидроалюмосиликаты с преобладающим размером частиц $< 0,001$ мм. Глина обладает следующими свойствами:

Влагоемкость – это способность глины вмещать в себя определенное количество воды и удерживать ее вопреки силе тяжести.

Вода в глине удерживается не только силами молекулярного притяжения. В диффузионный слой часть воды проникает путем осмотического всасывания, а в порах вода может удерживаться еще и капиллярными силами. С повышением дисперсности влагоемкость повышается, следовательно, монтмориллонитовые глины обладают наибольшей влагоемкостью, а каолиновые – наименьшей.

Количественно влагоемкость глины характеризуется величинами молекулярной и капиллярной влагоемкостью.

Максимальная молекулярная влагоемкость – относительное количество воды, которое остается в глиняном диске диаметром 50 мм и высотой 2 мм после его обжата в пакетах фильтровальной бумаги под давлением 6,5 МПа в течение 10 мин.

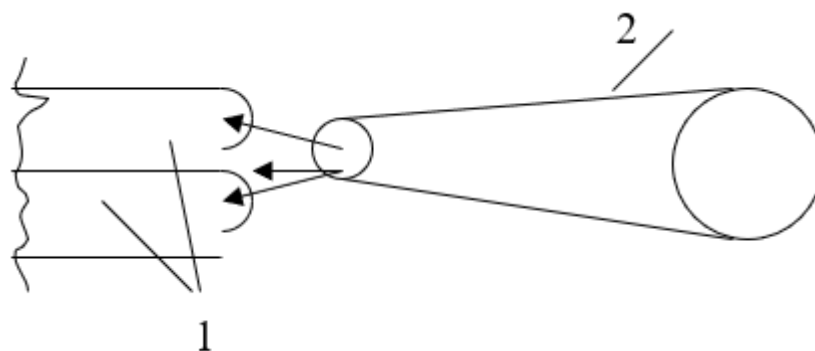
Капиллярная влагоемкость – относительное равновесное количество воды, поглощенное глиной при ее непосредственном контакте с водой.

Набухание – способность глины увеличивать свой объем за счет поглощения влаги из воздуха или при ее непосредственном контакте с водой.

Степень набухания измеряется относительным увеличением первоначального объема в %. Процесс набухания со временем затухает. Глины набухают вследствие того, что поляризованные молекулы воды вклиниваются между отдельными слипшимися зернами глины, адсорбируясь на их поверхности, раздвигая зерна, создавая вокруг них водную оболочку. У минералов с раздвигающейся кристаллической решеткой молекулы воды проникают в пространство между отдельными пакетами решетки, образуя межслоевую воду. У монтмориллонитовых глин набухаемость выше, чем у каолиновых. Запесоченность глин понижает степень их набухания. Набухание процесс экзотермический.

Размокание – распад в воде слипшихся (агрегатированных) глинистых частиц на более мелкие или элементарные зерна с образованием полидисперсной системы.

Первой стадией распада глинистой частицы является ее набухание, при котором молекулы воды, вклиниваясь в промежутки между зернами агрегата, расклинивают их.



1 – слипшиеся зерна глинистой частицы с отрицательным зарядом;

2 – дипольная молекула воды

Рисунок 1 – Процесс распада глинистой частицы

По мере возрастания толщины водной оболочки она все больше и больше экранирует действие межмолекулярных сил сцепления, ослабляя связь между отдельными зернами частицы.

Когда же поры окажутся целиком заполненные водой, наступает вторая стадия диспергирования – мениски исчезают и вместе с их исчезновением

прекращается действие сил капиллярного давления. После этого ничего уже не будет удерживать зерна вблизи друг друга и они начнут свободно перемещаться в воде, находясь в ней во взвешанном состоянии, что и будет означать полное размокание глины. Подогрев воды ускоряет процесс размокания.

Интенсивность размокания глины имеет большое практическое значение для приготовления однородного пластического теста и в особенности для приготовления глиняных суспензий – шликеров.

Тиксотропное упрочнение – свойство влажной глиняной массы самопроизвольно восстанавливать нарушенную структуру и упрочняться при неизменной влажности.

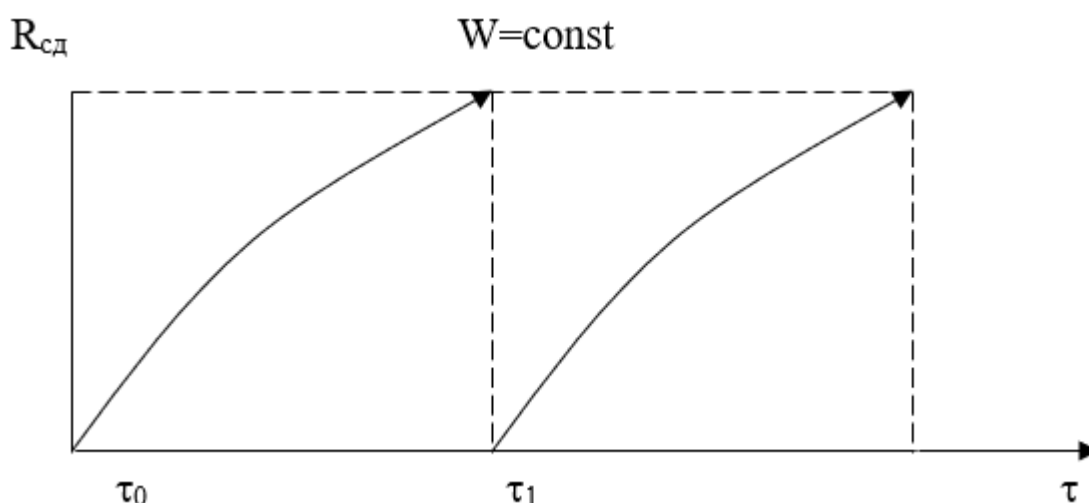


Рисунок 2 – Тиксотропия глины

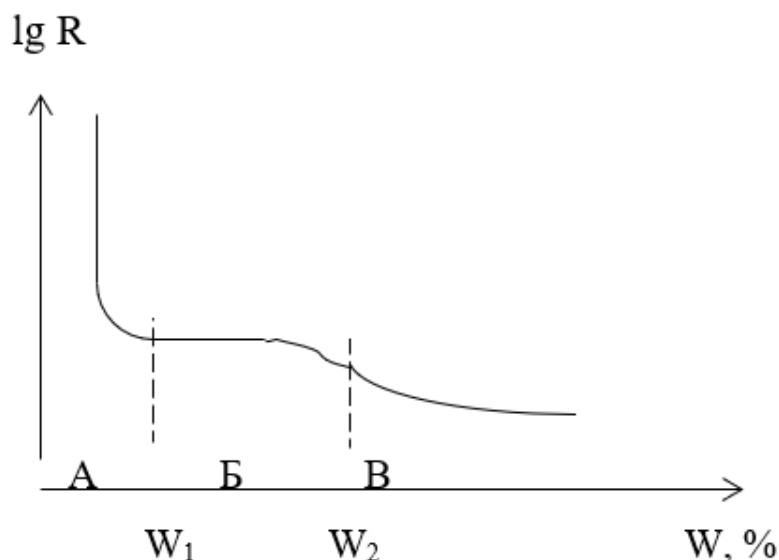
Самоупрочнение глины происходит вследствие процесса переориентации частиц глины и молекул воды таким образом, что они стыкуется концами, имеющими разноименные заряды, тем самым увеличивая силу их сцепления.

Тиксотропия глин отражается на литейных свойствах шликеров, и ее используют для улучшения формовочных и сушильных свойств глин при подготовке пластического теста.

Механические свойства:

1. Пластичность – способность глины под действием внешних усилий принимать любую форму без разрыва сплошности и сохранять ее после пре-

кращения действия этих усилий. Пластичное состояние является промежуточным между хрупким и вязкотекучим.



$\lg R$ – логарифм предела прочности глины при сдвиге. W – влажность. А – область хрупкого состояния. Б – область пластичного состояния. В – область вязко текучего

Рисунок 3 – Пластичность глины

I – верхний предел текучести. Система находится в вязкопластичном состоянии, т.е. течет под действием собственной массы. Кроме связанной воды присутствует большое количество свободной.

II – нижний предел текучести или верхний предел пластичности. Система содержит небольшое количество свободной воды. Масса течет под действием внешних сил

III – нормальная формовочная влажность или предел липкости. Вода содержится только в связанном состоянии.

IV – нижний предел пластичности или предел раската. Глиняная масса теряет связанность, рассыпается и содержит только плотно связанную воду.

Пластичность глин характеризуется показателем пластичности: он определяет интервал влажностей, в котором глина сохраняет пластическое состояние. Это можно выразить следующей формулой

$$\varphi = \frac{P_{\tau}}{\eta}, \quad (1)$$

где P_T – пластическая прочность (предел прочности при сдвиге);

η – структурная вязкость.

Зависимость пластичности от влажности для различных глин можно представить сл. образом

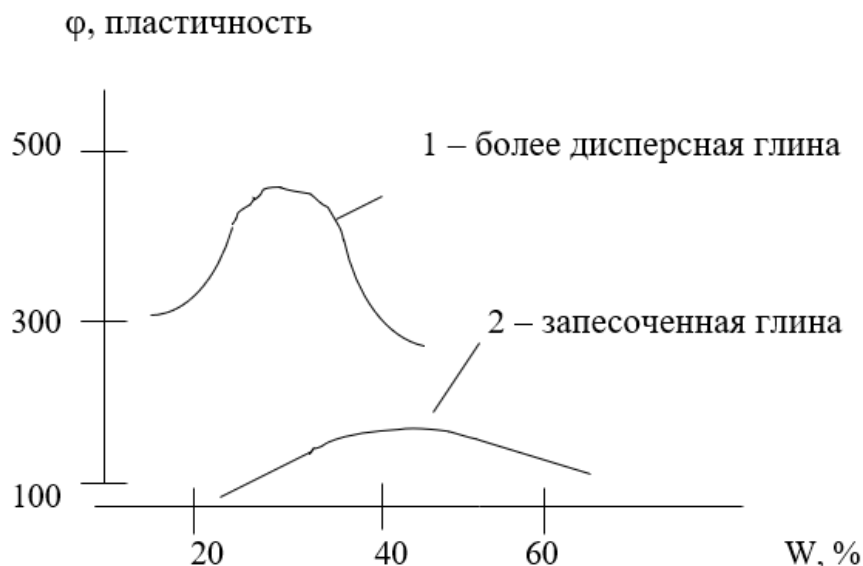


Рисунок 4 – Пластичность f (минералогического состава, грансостава)

С увеличением дисперсности пластичность увеличивается, запесоченность снижает пластичность.

Пластичность глин выражается числом пластичности (ЧП), которое равно разности между значениями влажности предела текучести и влажности предела раскатывания, в %

$$\text{ЧП} = W_T - W_p \quad (2)$$

В зависимости от числа пластичности ЧП глины делятся на пять классов: высокопластичные с числом пластичности более 25, среднепластичные — от 15 до 25, умеренно-пластичные — от 7 до 15, малопластичные — менее 7 и непластичные, не образующие пластичного теста.

Способы регулирования пластичности:

1. более тонкий помол;
2. усреднение состава;
3. вакуумирование;
4. введение одновалентных катионов;

5. обработка паром;
6. обогащение сырья (удаление крупных включений);
7. введение пластичных добавок (жирные глины, ЛСТ, соляровое масло, керосин).

Уменьшение пластичности

1. введение отошителей (кварцевый песок, зола и т.д.);
2. дегидратирование глины;
3. введение 2-х и 3-х валентных катионов.

Связующая способность – способность сохранять пластичность при смешивании с непластичными материалами. Оценивается количеством стандартного песка необходимого для получения глиняной массы с ЧП не менее 7.

По количеству добавленного песка глины делятся на:

1. жирные (хорошо связующие), содержание песка более 50%;
2. пластичные – 20...50%;
3. тощие – менее 20%.

1.3 Объёмные деформации грунтобетона

Объёмные деформации – это деформации в грунтобетоне, развивающиеся во всех направлениях под влиянием усадки, изменения температуры, влажности и т.д. Глинистое сырьё – это осадочные горные породы, содержащие гидроалюмосиликаты, поэтому при попеременном увлажнении и высушивании глина склонна к деформациям. Так как преобладающим сырьём в грунтобетоне является глина, то грунтобетон обладает свойством уменьшаться в объёме при твердении в воздушной среде (усадка) и увеличиваться при увлажнении (набухание).

Частица глинистого вещества представляет собой агрегат из слипшихся первичных зерен глинистых минералов, часто сцементированных природными цеменами катионного типа. Набухание глин происходит вследствие того, что поляризованные молекулы воды вклиниваются между отдельными агрегатами глины и, адсорбируясь на их поверхности, раздвигают их, создавая

вокруг водную оболочку, проникают в пространство между отдельными слоями решетки, образуя межслоевую воду. Степень набухания зависит от дисперсности и минералогического состава глин. Наибольшую набухаемость дают дисперсные монтмориллонитовые глины, наименьшую – каолинитовые. Структура пакета кристаллической решетки каолинита такова, что один его конец представлен ионом H^+ , а второй – OH^- . Поэтому концы двух пакетов прочно связаны между собой противоположно заряженными ионами, и раздвинуть такую решетку молекулы воды не могут, они лишь адсорбируются на ее поверхности.

Усадочные деформации глинобетона связаны с миграцией воды, содержащейся в структуре грунтобетона. Так же это явление обусловлено химическими и физико-химическими процессами, протекающими при твердении самого вяжущего. Усадка развивается в течение длительного периода.

Различают усадку обратимую, связанную с испарением свободной воды и обусловленную капиллярными явлениями (натяжением менисков в порах грунтобетона), и необратимую, происходящую в результате потери химически связанной влаги на гидратацию цемента и, как следствие, уменьшения объема геля.

Усадка грунтобетона происходит наиболее интенсивно в начальный период твердения, в дальнейшем она постепенно затухает. Усадка проявляется тем больше, чем больше содержание в грунтобетоне глинистого сырья, воды и чем ниже влажность окружающей среды.

Неравномерное высыхание грунтобетона по объему приводит к неравномерной усадке. Открытые поверхностные слои грунтобетона теряют влагу быстрее и усадка их больше, чем во внутренних, более влажных зонах. В результате такой неравномерности во внутренних слоях бетонного тела возникают сжимающие, а в наружных — растягивающие напряжения, приводящие к образованию поверхностных трещин.

Уменьшение усадочных напряжений в грунтобетоне достигается такими мерами, как уменьшение расхода глины, цемента, повышение плотности грунтобетона, увлажнение открытых поверхностей.

1.3.1 Способы компенсирования деформаций

При использовании глины – как основного материала грунтобетона одной из основных задач является избежание растрескивание и образования деформаций глины при сушке. Для снижения усадки глиняных образцов возможно введение отошающих добавок – шамота, шлака, песка и т.д. Введение в глину большого количества гранул крупнозернистого шамота (в идеале должно составлять до 40 процентов), приводит к уменьшению усадочных деформаций.

Поскольку при сушке вода испаряется прежде всего с наружных слоев изделия, то на ее место поступает вода из внутренних слоев. Если вода испаряется так, что ее уход с поверхности всё время соответственно пополняется изнутри, то сушка будет протекать нормально, без образования трещин. Если же вода с наружных слоёв испарится слишком быстро, то степень влажности наружных и внутренних слоёв окажется неодинаковой.

Вследствие этого изделие будет усыхать неравномерно: наружные, менее влажные, слои сожмутся больше, чем внутренние.

При большой разнице в усадке возникают напряжения, вызывающие трещины. Степень однородности и зернистости рабочей массы оказывает большое влияние на равномерность переноса воды от внутренних слоёв к наружным.

При плохом перемешивании рабочей массы вода в разных местах распределяется неравномерно и её относительная отдача также неодинакова.

Грунтобетонные смеси с золами обладают большой связностью, меньшим водоотделением и расслоением. Грунтобетон при этом имеет большую прочность, плотность, водонепроницаемость.

1.4 Капиллярное всасывание

Гернот Минке в своих трудах отметил, что все материалы с открытой пористой структурой, в том числе и грунтобетон, способны накапливать и переносить воды по своим внутренним капиллярам. Таким образом, вода постоянно перемещается от более влажных участков к менее влажным. Капиллярное всасывание характеризуется высотой поднятия воды в материале, количеством поглощенной воды и интенсивностью всасывания.

У грунтобетонных кирпичей с высоким содержанием пылевидных частиц коэффициент капиллярного всасывания выше, чем у грунтобетона с высоким содержанием глинистых частиц. Причем, наблюдается стремительный рост капиллярного всасывания образцов с добавками незначительного количества цемента. С увеличением доли цемента интенсивность капиллярного всасывания снижается. Минимальный коэффициент имеют образцы, состоящие из жирной глины и песка в соотношении 1:1.

1.5 Водопоглощение грунтобетона

Отмечено [33], что грунтобетон, полностью погруженный в воду и размываемый менее, чем за 45 минут, непригоден для грунтового строительства.

Г. Минке исследовал применение грунтобетона для изготовления грунтобетонных камней, возведения зданий высотой в один – два этажа, хотя в Йемене поострены дома из грунтобетона в десять этажей, что доказывает возможность строительства многоэтажных зданий, а монолитную грунтобетонную смесь – для кладки фундаментов и в качестве подготовки под полы.

1.6 Повышение прочности при сжатии

Экспериментальные работы, проведенные в лаборатории, доказали, что прочность при сжатии грунтобетонного камня, изготовленного вручную в среднем на 19% выше прочности камня, изготовленного методом прессования. Утверждение, что увеличение удельного давления прессования грунтобетона приводит к повышению прочности при сжатии, верно только для отдельных случаев. Это связано с тем, что находясь в пластичном состоянии,

глинистые минералы активизируются и соединяются в более плотные группы с параллельным расположением, что приводит к повышению прочности при сжатии в сухом состоянии. Такое состояние возникает в процессе твердения вяжущего.

1.7 Выводы по литературному обзору

Можно сделать небольшое заключение о том, что грунтобетон является более экологичным и экономичным материалом, по сравнению с другими видами бетона. А также, его широкое распространение объясняется лёгкостью изготовления этого материала, дешёвизной и относительно хорошими характеристиками. Применение грунтобетона в производстве строительных изделий и конструкций позволяет обеспечивать высокую технико-экономическую эффективность и экологическую рациональность технологии, что способствует расширению сырьевой базы строительства в целом.

Однако, не до конца остается исследованным влияние состава грунтобетона, прессующего усилия при изготовлении изделий, способов твердения на технические характеристики композиционного материала.

Определение морозостойкости бетона производится согласно регламенту, описанному ГОСТ 10060-2012, которым предусмотрено две марки морозостойкости F1 и F2. Марку F1 применяют для общестроительных бетонов (при испытаниях такие бетоны насыщают обычной водой). Марку F2 – для дорожных бетонных покрытий, а также бетонных покрытий аэродромов и морских сооружений, которые эксплуатируются под воздействием соляных растворов (антигололедные реагенты) и морской воды.

До проведения исследования контрольные образцы обязательно насыщают водой или раствором хлорида натрия путем погружения в жидкую среду на определенный срок – на 1/3 на 24 часа, на 2/3 на 24 часа, полностью – на 48 часов.

ГОСТ 10060-2012 описывает 2 варианта базового метода, включающих в себя следующие процедуры:

Первый метод (для бетонов F1) основан на замораживании контрольных образцов в лабораторной морозильной камере при температуре -18°C с последующим их размораживанием в водной среде. Перед испытанием испытываемые элементы насыщают влагой в специальном резервуаре с температурой воды $+20^{\circ}\text{C}$. Размораживание производят в ванне, оснащенной термостатом для подогрева жидкости при падении ее температуры ниже заданных значений ($+20^{\circ}\text{C}$).

Второй метод (для бетонов F2) предполагает проведение испытаний по аналогичной схеме с использованием раствора хлорида натрия в пятипроцентной концентрации для насыщения образцов влагой. Оттаивание также производят с использованием раствора, аналогичного тому, что был использован при подготовке к испытаниям.

Ускоренные методы определения значения морозостойкости бетона также имеют 2 варианта, которые подразумевают насыщение в обоих случаях образцов раствором хлорида натрия:

Это, по терминологии ГОСТ 10060-2012, второй метод (для бетонов F1, кроме легких бетонов с плотностью менее 1500 кг/м^3) – основан на циклах (воздушная среда -18°C) – (раствор хлорида натрия $+20^{\circ}\text{C}$).

И третий метод (для бетонов F1 и F2, кроме легких бетонов с плотностью менее 1500 кг/м^3) – основан на циклах (раствор хлорида натрия -50°C) – (раствор хлорида натрия $+20^{\circ}\text{C}$).

2 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Целью данной работы является разработка многофункционального композитного материала, используемого для получения строительных материалов и изделий.

Для достижения данной цели необходимо решить следующий перечень задач:

1. получить оптимальную структуру грунтобетона, обеспечивающую значительные прочностные характеристики;
2. определить влияние состава грунтобетона, прессующего усилия и условий твердения на прочностные характеристики композиционного материала;
3. определить влияние прессующего усилия и состава грунтобетона на его капиллярного всасывание и водопоглощение;
4. провести дифференциально-термический анализ грунтобетонных образцов с различными прочностными характеристиками;
5. определить марку по морозостойкости наиболее прочных образцов.
6. провести апробацию полученных результатов.

3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Основные нормативные свойства используемых материалов

3.1.1 Глинистое сырьё

Глинистое сырьё – это осадочные горные породы, содержащие слоистые гидроалюмосиликаты с преобладающим размером частиц <0,001 мм.



В работе использовались глины Круглянского месторождения, которые не пригодны для производства лицевого кирпича из-за повышенного водопоглощения получаемых изделий (более 12%), искривление граней, появление отколов из-за известковых включений, но могут быть использованы в качестве пластифицирующей добавки. Изделия, полученные из глинистого сырья Круглянского месторождения, по радиационным свойствам соответствуют 1-му классу и могут применяться в строительстве без ограничений. По минералогическому составу бурые глины – делювиальные полиминеральные; по химическому составу – кислые и полукислые, с высоким содержанием красящих окислов.

Бурые глины — легкоплавкие от умеренно- до высокопластичных.

Таблица 1 – Химический состав глины

Содержание оксидов, %								Гигроскопическая влага, %
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	ППП	Сумма	
52,10- 59,64	14,05- 32,25	2,00- 6,50	0,92- 7,25	0,97- 2,67	сл- 0,17	8,46- 12,70	97,24- 100,63	4,46-7,38

Таблица 2 – Гранулометрический состав глины

Содержание зерен в %, размером в мм					
1,0-0,25	0,25-0,05	0,05-0,01	0,01-0,005	0,005-0,001	Менее 0,001
0,02-1,53	0,15-8,36	0,17-28,87	1,11-9,43	9,75-17,28	38,84-86,18

Керамические свойства глины приведены в табл. 3.

Таблица 3 – Керамические свойства глины

Влажность, %		Число пластичности	Формовочная влажность, %	Воздушная усадка, %	Коэффициент чувствительности к сушке
Предел пластичности					
верхний	нижний				
31,8-68,7	16,1-32,2	15,7-36,5	28,9-56,0	8,8-13,7	1,67-3,28

3.1.2 Цемент

В работе применялся цемент ЦЕМ II-32,5Н по ГОСТ 31108-2016 производства ООО «Дюккерхофф Коркино Цемент», в котором в качестве активной минеральной добавки используется гранулированный доменный шлак в количестве до 20%. Минералогический состав цементного клинкера представлен в таблице 4.

Таблица 4 – Минералогический состав клинкерной части

C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
63,0	15,0	7,0	12,5

Химический состав цемента приведен в таблице 5.

Таблица 5 – Химический состав цемента ЦЕМ II-32,5Н

Класс цемента по прочности	Содержание основных оксидов в составе цемента, % по массе							ППП, %
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	CaO _{своб}	SO ₃	
ЦЕМ II-32,5Н	20,5-22,3	4,9-5,3	4,4-4,7	63,2-65,8	1-2	0,5-0,7	0,4-1	2,16

Нормальная плотность цементного теста – 26,37%.

Сроки схватывания: начало – 2 ч 55 мин; конец – 4 ч 04 мин.

Остаток на сите № 008 – 5,1 %.

Активность цемента при пропаривании – 29,1 МПа.

Удельная поверхность – 3000 см²/г.

3.1.3 Вода

Для затворения грунтобетонной смеси используется вода со следующими характеристиками по ГОСТ23732-2011:

1. содержание растворимых солей, не более – 5000 мг/л;

2. содержание ионов SO_4^{2-} , не более – 2700 мг/л;
3. содержание ионов Cl^- , не более – 1200 мг/л;
4. содержание взвешенных частиц, не более – 200 мг/л;
5. общее содержание в воде ионов Na^+ и K^+ в составе растворимых солей, не более – 1500 мг/л;
6. водородный показатель воды pH – 4...12,5.

3.1.4. Добавки

3.1.4.1 Зола-уноса

В качестве АМД применялась зола-уноса, образующаяся в результате сжигания Экибастузского угля на Рефтинской ГРЭС. Химический состав золы приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Химический состав золы-уноса Рефтинской ГРЭС

Содержание основных оксидов в составе золы, % по массе						ППП, %
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	
58-59	20,2-23,5	5,3-5,86	3,04-3,8	–	0,1-0,5	2,8-3,2

Используемая зола-уноса удовлетворяет требованиям ГОСТ 25818-91.

Характеристика золы-уноса Рефтинской ГРЭС представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Характеристика золы-уноса Рефтинской ГРЭС

Показатель	Значение	Нормативные показатели по ГОСТ 25818
Содержание CaO, % по массе	3,04-3,8	Не более 10
Содержание MgO, % по массе	0,9-0,95	Не более 5
Содержание сернистых и сернокислых соединений в пересчете на SO ₃ , % по массе	0,1-0,5	Не более 3
Потеря массы при прокаливании (п.п.п.), % по массе, не более	2,8-3,2	Не более 10
Удельная поверхность, м ² /кг	300-350	Не менее 150...250
Остаток на сите № 008, %	18,1-18,3	Не более 20

3.1.4.2 Метакаолин

Метакаолин — Высокоактивный метакаолин (ВМК) Метакаолин представляет собой химическую фазу, которая образуется при термической обработке каолина. Химический состав каолинита $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$. В результате термообработки кристаллическая вода удаляется и образуется аморфный силикат алюминия. В настоящее время промышленный выпуск высокоактивного метакаолина налажен в США и ряде стран Европы.

На территории России в промышленном масштабе несколько марок высокоактивного метакаолина выпускает компания «Синерго».

3.1.4.3 Пластификатор Sikament BV 3M

Описание и область применения:

Sikament BV 3M - пластифицирующая и водоредуцирующая добавка для бетонов и растворов. Она удовлетворяет требованиям ТУ №2493-057-13613997-2013.

1. Сферы применения:
2. производства бетонов низких и средних классов по прочности;
3. устройство напольных стяжек;
4. устройство полов с подогревом.

Преимущества:

1. стабильные пластифицирующие свойства;
2. высокая совместимость с цеменами и заполнителями;
3. улучшение подвижность бетонной смеси;
4. водоредуцирование до 15%;
5. получение бетонных смесей со стабильными характеристиками по воздухоовлечению;
6. увеличение прочности бетона;
7. снижение усадочных деформаций и повышение трещиностойкости бетона.

Sikament BV 3M не содержит хлоридов или других веществ, вызывающих коррозию арматуры, поэтому этот пластификатор может использоваться безо всяких ограничений для железобетонных конструкций, в том числе и предварительно напряженных.

Технические характеристики.

1. Основа - водный раствор модифицированных лигносульфонатов
2. Внешний вид - жидкость коричневого цвета, полностью однородная
3. Плотность 1,145 - 1,175 кг/дм³ (при 20оС)
4. Показатель рН 4,5 – 7,0

3.2 Методы исследования

3.2.1 Определение деформативности грунтобетона.

Определение деформативности грунтобетона состоит в измерении отклонений линейных размеров образцов, погруженных в воду на 1см высоты образца, затем на половину высоты, и после полного погружения в воду от размеров образцов, высушенных до постоянной массы. Число образцов должно быть не менее трех.

Перед испытанием образцов измеряли их линейные размеры и массу с погрешностью не более 1%. Затем образцы помещали в сосуд, наполненный водой. При полном погружении образцов вода должна полностью закрывать образцы грунтобетона, уровень воды над образцами должен быть не менее 1 см.

Образцы выдерживались в воде не менее 7 суток при каждом погружении. После этого взвешивали и измеряли линейные размеры во влажном состоянии.

3.2.2 Определение прочности грунтобетона по контрольным образцам

Определение прочности грунтобетона состоит в измерении минимальных усилий, разрушающих специально изготовленные контрольные образцы при их статическом нагружении с постоянной скоростью роста нагрузки и

последующем вычислении напряжений при этих усилиях в предположении упругой работы материала.

Образцы изготавливались размерами 5 см высотой и диаметром 5 см.

Перед испытанием образцов измеряли их линейные размеры с погрешностью не более 1%.

Для определения прочности грунтобетона использовался гидравлический пресс ИП-1000 (ГОСТ 8905). Шкалу силоизмерителя прессы выбирали из условия, что ожидаемое значение разрушающей нагрузки должно быть в интервале 20...80% максимальной нагрузки, допускаемой выбранной шкалой. Нагружение образцов производили непрерывно со скоростью, обеспечивающей повышение расчетного напряжения в образце до его полного разрушения в пределах $(0,6 \pm 0,4)$ МПа/с при испытаниях на сжатие. При этом время нагружения одного образца было не менее 30 с.

3.2.3 Дифференциально-термический анализ

Природа дифференциально-термического анализа основывается на изучении фазовых изменений или превращений, происходящих в материале при его нагревании, по сопровождающим физико-химические превращения тепловым эффектам.

Эндотермические эффекты на дифференциальной кривой могут быть вызваны следующими физико-химическими процессами: дегидратацией вещества, диссоциацией, некоторыми полиморфными превращениями, плавлением. Причинами экзотермического эффекта могут быть: реакции окисления или образования новых соединений, полиморфные превращения, сопровождающиеся переходом неустойчивой при данной температуре модификации в устойчивую, переход из аморфного состояния в стабильное или метастабильное кристаллическое.

Нагрев проводился до температуры 1000°C, скорость подъема температуры – 10 °C/час.

4 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

4.1. Исследование свойств глинистого сырья

4.1.1. Определение гранулометрического состава глинистого сырья.

В производстве керамических изделий чаще используют трёхчленную классификацию глин (по методу Рутковского), относя к глинистой части фракцию <5 мкм, к пылевидной – 5...50 мкм, к песчаной – 50 мкм...2 мм. Определение приращения объёма (К) испытуемой пробы глинистого сырья вследствие набухания:

$$K = \frac{V - V_0}{V_0} \quad (11)$$

По таблице зависимости набухания грунта от количества глинистых частиц, содержание глинистых частиц в % – 55,18.

Объём 1 см³ осевшего песка соответствует 10 % его содержания в пробе.

Содержание песчаных частиц составляет 14,05%.

Содержание пылеватых частиц (от 0,005...0,050 мм) определяют как разность между 100% и суммой процентного содержания песчаных и глинистых частиц.

$$100\% - 14,05\% - 55,18\% = 30,77\%$$

По диаграмме Охотина устанавливаем тип глинистого сырья. По данным анализа делаем вывод, что исследуемое глинистое сырьё относится к пластичным глинам.

4.1.2 Определение количества и вида крупнозернистых включений.

Крупнозернистыми считаются включения, размеры которых более 0,5 мм.

Мпер. пр. = 78,931г

Таблица 8 – Определение количества и вида крупнозернистых включений

Наименование	Крупность включений			
	<0,5	0,5...2	2...5	>5
Количество включений	4,18%	58,15%	37,67%	0%
Вид включений	Органика, железистые включения, незначительное содержание гранита и карбонатов	Органика, железистые, небольшое количество окрашенного кварца, карбонатов, гранитных включений	Железистые включения, незначительное содержание карбонатов, песчаные включения, небольшое количество гранитных включений	-

По содержанию включений глинистое сырьё классифицируется на 3 класса:

1. по содержанию крупных включений размером > 0,5 мм – с высоким содержанием (более 5%)
2. по размеру включений – преобладают мелкие включения
3. по виду включений – железистые и органические

Вывод: Наличие тонкодисперсных органических примесей придаёт глине серую или коричневую окраску. Наличие карбонатов кальция в виде тонкодисперсных включений повышает пористость изделий после обжига, а в виде крупных включений опасно, т.к. вызывает «дутик» в изделиях и зёрнах керамзита и приводит к разрушению. Наличие железистых примесей придаёт глинистому сырью окраску от светло – жёлтой до красной и бурой. Окислы железа, являясь сильными плавнями, понижают огнеупорность глин.

4.1.3 Определение пластичности

Пластичность глины определяли по ГОСТ 5180-84 «Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик».

Пластичность глины выражается числом пластичности (ЧП), которое равно разности между значением абсолютной влажности глины при нижнем пределе текучести (W_T) и границы раскатывания (W_P). Результаты исследования представлены в таблице 9.

$$\text{ЧП} = W_T - W_P \quad (12)$$

$$W_T = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\% \quad (13)$$

Таблица 9 – Число пластичности

№	Влажность нижней границы текучести, %			Влажность границы раскатывания, %			ЧП	
	$m_T + m_{1,Г}$	$m_1 + m_{0,Г}$	$W_T, \%$	$m_T + m_{1,Г}$	$m_T + m_{Т,Г}$	$W_P, \%$	частное	среднее
1	30	25,5	15	64	53,3	16,7	15,9	17,3
2	27	21,92	18,8	63	51,5	18,3	18,6	

Глина Круглянского месторождения умеренно-пластичная, т.к. $15 < \text{ЧП} = 17,3 < 25$.

4.1.4 Определение воды затворения керамической массы

Т.к. глина умереннопластична, то количество воды затворения каолинов колеблется от 15 до 25%.

При массе навески 50 г., добавляем 10 мл. воды, что соответствует 10 г. воды, следовательно, количество воды затворения равно 20%.

Для определения абсолютной влажности используем формулу

$$W_a = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\%,$$

где m_1 – масса глины во влажном состоянии;

m_0 – масса глины в сухом состоянии.

$$W_{a1} = \frac{41 - 36,03}{36,03} = 13,79\%$$

$$W_{a2} = \frac{34-30,03}{30,03} = 13,22\%$$

$$W_{acp} = 13,51\%$$

Количество воды затворения равно 20%, что соответствует умеренно-пластичным глинам. Абсолютная влажность $W_a = 13,51\%$.

4.2 Определение прочностных характеристик грунтобетона

На данном этапе работы необходимо было изготовить образцы $h=5\text{см}$ $d=5\text{см}$. Образцы изготавливались в пресс форме. Одним из условий получения сравнимых результатов технических характеристик грунтобетона являлось одинаковость размеров прессуемых образцов. Соотношение сырьевых компонентов в грунтобетоне и значения прессующего усилия представлены в таблицах 10 и 11. Как видно из таблицы 11 прессующее усилие для получения одноразмерных образцов для всех составов было различным. На это влияло соотношение компонентов в сырьевой смеси, с наибольшим прессующим усилием формовались образцы из смеси с $В/Ц = 0,3$.

Таблица 10 - Наименование составов

Составы, г						
№	Цемент, г	Метакаолин, г	Глина, г	Вода, мл	В/В	Количество
1	310	0	310	124	0,2	6
2	248	62	310	124	0,2	6
3	186	124	310	124	0,2	6
	Цемент, г	Зола, г	Глина, г	Вода, мл	В/В	Количество
4	310	0	310	124	0,2	6
5	248	62	310	124	0,2	6
6	186	124	310	124	0,2	6

В использованной глине возможное наличие пористых и малопрочных агрегатов зерен грунта, что отличает ее от нормируемых по зерновому и химико-минералогическому составу природных и искусственных заполнителей для бетона. Такие агрегаты частиц грунта содержат капиллярные и воздушные поры, которые наряду с поровой структурой цементного камня следует учитывать при оценке свойств грунтобетона, его прочности и долговечности.

В процессе прессования образцов сначала сближаются отдельные агрегированные частицы глины, затем наступает их деформация, а в последней стадии прессования более твердые частицы глины вдавливаются в более мягкие. Более сухие частицы глины проникают в мягкие увлажненные частицы. Возникающие при этом большие силы трения обуславливают прочное сцепление отдельных глиняных частиц в единый агрегированный сросток. Поэтому, усилие прессование в составах с преобладающим содержанием глины и воды, выше, чем в составах с преобладающим в составе цементом.

Таблица 11 – Пределы прочности при сжатии в возрасте 1 сутки после ТВО.

1 суток													
№	l ₁ , см	d ₁ , см	m ₁ , г	R _{сж} , МПа	l ₂ , см	d ₂ , см	m ₂ , г	R _{сж} , МПа	l ₃ , см	d ₃ , см	m ₃ , г	R _{сж} , МПа	R ^{ср} сж, МПа
1	5,1	5,1	209	3,0	5,0	5,15	214	3,5	5,0	5,0	209	2,3	2,93
2	5,0	5,2	214	7,25	5,0	5,1	207	8,62	5,0	5,1	215	7,32	7,97
3	5,1	5,0	205	1,0	5,1	5,1	200	0,9	5,0	5,05	204	1,0	0,97
4	5,0	5,0	206	5,4	5,0	5,1	215	5,0	5,1	5,0	210	6,2	5,53
5	5,1	5,1	201	1,4	4,95	5,1	205	1,0	5,0	5,1	205	1,1	1,17

График 1 – зависимость предела прочности от составов образцов в возрасте 1 сутки после ТВО.



Наименьшей прочностью на данном этапе испытаний обладает состав №1, который является контрольным, а наибольшей состав №2, с содержанием метакаолина 20%.

Таблица 12 – Пределы прочности при сжатии в возрасте 7 суток после ТВО.

7 сутки													
№	l ₁ , см	d ₁ , см	m ₁ , г	R _{сж} , МПа,	l ₂ , см	d ₂ , см	m ₂ , г	R _{сж} , МПа,	l ₃ , см	d ₃ , см	m ₃ , г	R _{сж} , МПа	R ^{ср} сж, МПа
1	5,0	5,0	197,4	8,22	5,05	5,0	205,4	9,14	5,1	5,0	211,2	9,94	9,54
2	4,85	4,95	191,4	8,97	5,0	4,95	195,6	7,88	4,95	4,9	196,7	6,82	8,43
3	5,05	4,9	206,2	9,35	5,0	5,0	206,3	9,08	5,05	5,0	210,5	7,98	9,22
4	5,0	5,0	213,3	9,01	5,0	5,0	212,4	11,85	5,0	5,0	209,9	11,2	11,53
5	4,95	4,95	196,7	9,64	4,9	5,0	198,1	7,52	4,95	5,0	201,4	6,96	8,58

График 2 – зависимость предела прочности от составов образцов в возрасте 7 суток после ТВО.



Наименьшей прочностью на данном этапе испытаний обладает состав №3, который является контрольным, а наибольшей состав №4, с содержанием золы 20%.

Таблица 13 – Пределы прочности при сжатии в возрасте 28 суток после ТВО.

28 суток													
	l_1 , см	d_1 , см	m_1 , г	$R_{сж}$, МПа	l_2 , см	d_2 , см	m_2 , г	$R_{сж}$, МПа	l_3 , см	d_3 , см	m_3 , г	$R_{сж}$, МПа	$R^{ср}$ сж, МПа
1	4,9	4,95	205,4	9,19	5,1	4,95	204,9	9,96	5,1	4,95	197,6	10,92	10,02
2	5,1	5,0	198,6	11,99	5,1	5,0	205,7	10,46	5,1	5,0	214,8	11,73	11,86
3	5,0	5,0	200,6	13,0	5,0	5,0	206,6	15,49	5,0	5,0	203,1	12,49	14,25
4	5,05	5,0	210,9	15,39	5,0	5,0	209,9	17,12	5,25	5,0	221,8	14,38	16,26
5	4,9	5,0	187,7	10,52	4,9	5,0	193,5	8,79	5,0	5,0	196,7	13,46	11,99

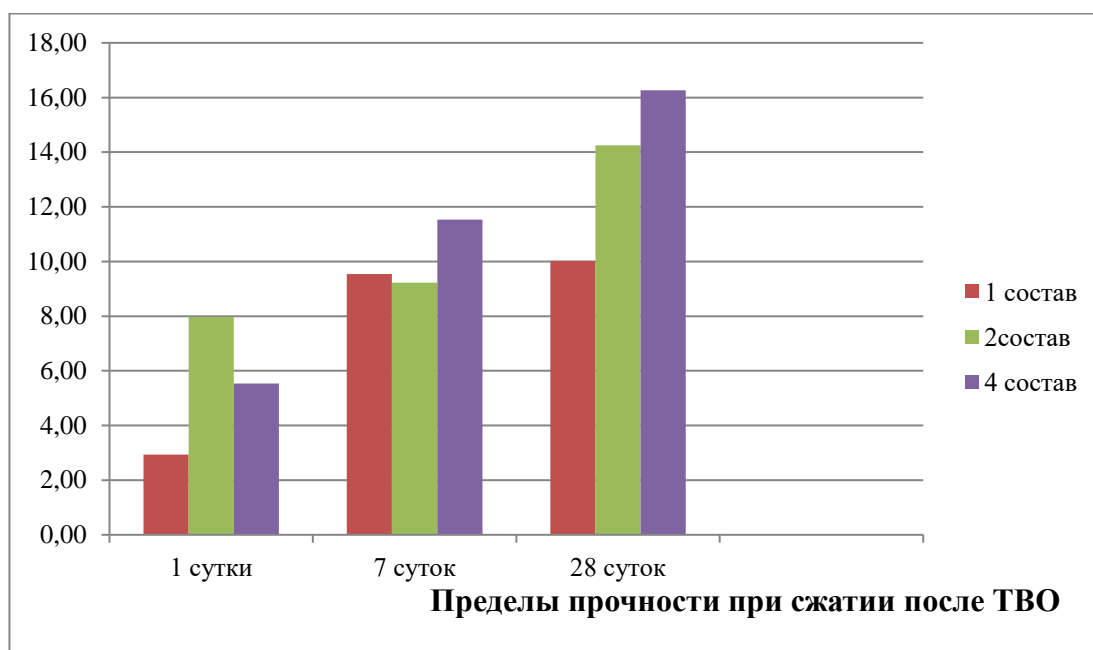
График 3 – зависимость предела прочности от составов образцов в возрасте 28 суток после ТВО.



Наименьшей прочностью на данном этапе испытаний обладает состав №1, который является контрольным, а наибольшей состав №4, с содержанием золы 20%.

При длительном твердении во влажных условиях в грунтобетоне на основе глинистого грунта продолжают процессы химического взаимодействия, приводящие к омоноличиванию микроструктуры искусственного композита и, как следствие, упрочнению материала.

График 4 – сводная зависимость предела прочности от составов образцов в разные сроки твердения после ТВО.



По результатам испытаний видно, что на протяжении исследования в возрасте 1 суток образец № 2 с 20-ти% содержанием метакаолина обладает наибольшей прочностью, но в ходе последующих испытаний на прочность грунтобетона наибольшей прочностью обладает образец №4 с содержанием золы 20%.

4.3 Исследование водопоглощение грунтобетона

Таблица 14 – Водопоглощение грунтобетона при сжатии в возрасте 1 суток

1 сутки																
	l ₁ , см	d ₁ , см	m ₁ , г	m ₁ , г	R_{сж}, МПа	l ₂ , см	d ₂ , см	m ₂ , г	m ₂ , г	R_{сж}, МПа	l ₃ , см	d ₃ , см	m ₃ , г	m ₃ , г	R_{сж}, МПа,	R^{ср} сж, МПа
1	5,0	5,0	224	226	2,6	5,0	5,0	222	222	2,0	5,05	5,1	216	217	3,1	2,56
2	5,1	5,0	207	209	3,9	5,1	5,0	212	214	2,8	5,1	5,0	217	217	1,8	2,83
3	5,1	5,1	213	216	1,2	5,1	5,0	207	211	1,1	5,0	5,1	215	219	1,8	1,36
4	5,1	5,1	215	217	5,6	4,95	5,2	209	213	9,5	4,95	5,0	209	213	7,0	7,36
5	4,9	5,0	206	210	4,0	4,9	5,0	215	220	3,1	5,0	5,0	206	209	3,3	3,46

График 5 – прирост массы грунтобетона в возрасте 1 суток после испытаний на водопоглощение.



Таблица 15 – Водопоглощение грунтобетона при сжатии в возрасте 7 суток

7 суток																
	l_1 , см	d_1 , см	m_1 , г	m_1 , г	$R_{сж}$, МПа	l_2 , см	d_2 , см	m_2 , г	m_2 , г	$R_{сж}$, МПа	l_3 , см	d_3 , см	m_3 , г	m_3 , г	$R_{сж}$, МПа	$R^{ср}$ сж, МПа
1	5,0	5,1	213	217	17,3	5,1	5,0	210	213	18,5	5,05	5,1	217	220	15,4	17,07
2	5,2	5,0	215	218	10,5	5,1	5,0	214	215	11,4	5,1	5,0	215	217	10,8	10,9
3	5,1	5,1	203	205	4,7	5,1	5,0	203	205	5,1	5,0	5,1	207	209	6,2	5,33
4	5,1	5,1	220	222	9,8	5,1	5,2	215	217	10,1	4,95	5,0	219	222	9,9	9,93
5	4,9	5,0	204	207	7,1	4,9	5,0	209	211	6,8	5,0	5,0	205	207	6,5	6,8

График 6 – прирост массы грунтобетона в возрасте 7 суток после испытаний на водопоглощение.



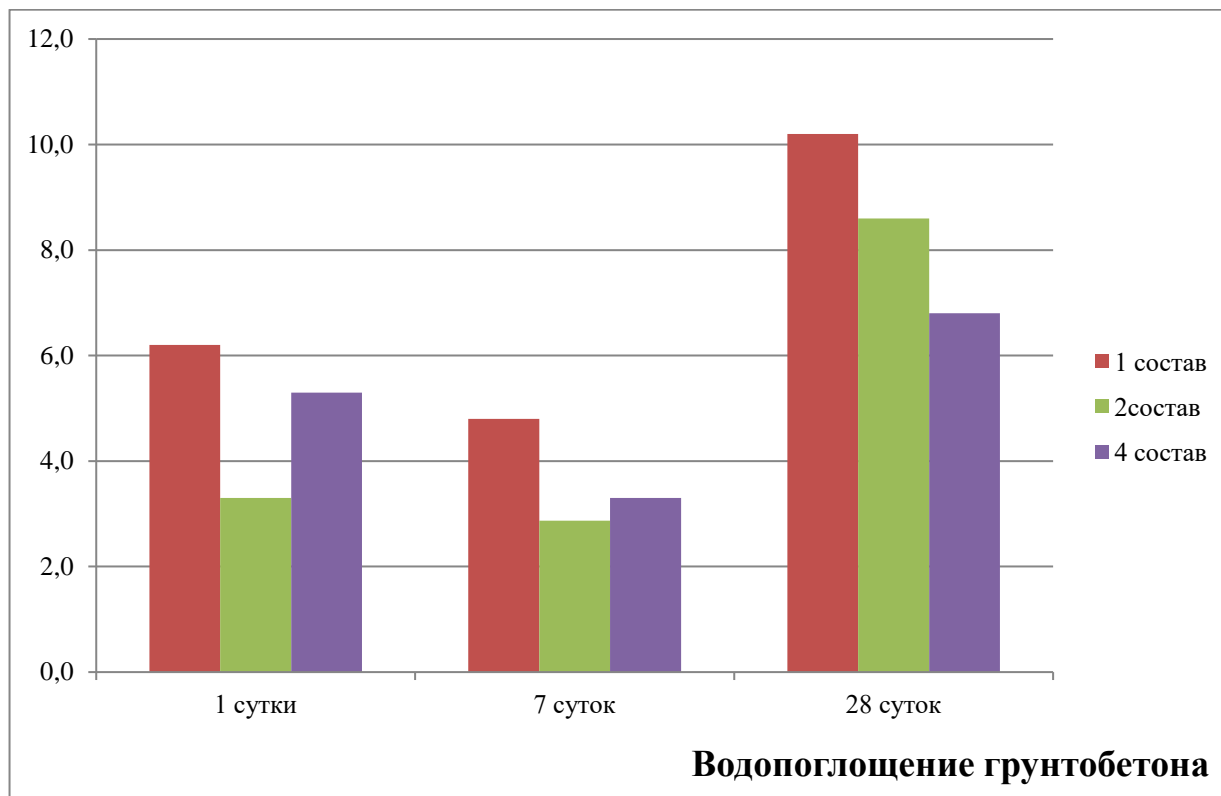
Таблица 16 – Водопоглощение грунтобетона при сжатии в возрасте 28 суток

28 суток																
	l ₁ , см	d ₁ , см	m ₁ , г	m ₁ , г	R _{сж} , МПа	l ₂ , см	d ₂ , см	m ₂ , г	m ₂ , г	R _{сж} , МПа	l ₃ , см	d ₃ , см	m ₃ , г	m ₃ , г	R _{сж} , МПа,	R ^{ср} сж, МПа
1	5,0	5,15	212	215	32,2	5,15	5,0	220	224	28	5,15	5,1	223	227	26,7	28,97
2	5,2	5,0	218	220	21,7	5,2	5,0	215	220	24,4	5,25	5,2	210	215	18,9	21,67
3	5,1	5,25	205	211	12,0	5,1	5,0	206	211	14,5	5,25	5,1	207	212	10,8	9,19
4	5,1	5,1	224	228	18,0	4,95	5,2	220	226	15,6	4,95	5,0	219	225	22,6	18,73
5	4,9	5,0	200	205	8,1	4,9	5,0	202	207	6,5	5,0	5,0	216	220	3,6	6,1

График 6 – прирост массы грунтобетона в возрасте 28 суток после испытаний на водопоглощение.



График 7 – сводный график прироста массы грунтобетона.



По результатам испытаний грунтобетона на водопоглощение можно сделать вывод, что в возрасте 1 и 7 суток образец № 2, с 20-ти% содержанием метаксаолина, обладает наименьшим водопоглощением, наибольшим водопоглощением обладает контрольный образец № 1.

4.4 Исследование морозостойкости грунтобетона

Определение морозостойкости бетона производится согласно регламенту, описанному ГОСТ 10060-2012, которым предусмотрено две марки морозостойкости F1 и F2. Марку F1 применяют для общестроительных бетонов (при испытаниях такие бетоны насыщают обычной водой). Марку F2 – для дорожных бетонных покрытий, а также бетонных покрытий аэродромов и морских сооружений, которые эксплуатируются под воздействием соляных растворов (антигололедные реагенты) и морской воды.

До проведения исследования контрольные образцы обязательно насыщают водой или раствором хлорида натрия путем погружения в жидкую среду на

определенный срок – на 1/3 на 24 часа, на 2/3 на 24 часа, полностью – на 48 часов.

ГОСТ 10060-2012 описывает 2 варианта базового метода, включающих в себя следующие процедуры:

Первый метод (для бетонов F1) основан на замораживании контрольных образцов в лабораторной морозильной камере при температуре -18°C с последующим их размораживанием в водной среде. Перед испытанием испытываемые элементы насыщают влагой в специальном резервуаре с температурой воды $+20^{\circ}\text{C}$. Размораживание производят в ванне, оснащенной термостатом для подогрева жидкости при падении ее температуры ниже заданных значений ($+20^{\circ}\text{C}$).

Второй метод (для бетонов F2) предполагает проведение испытаний по аналогичной схеме с использованием раствора хлорида натрия в пятипроцентной концентрации для насыщения образцов влагой. Оттаивание также производят с использованием раствора, аналогичного тому, что был использован при подготовке к испытаниям.

Ускоренные методы определения значения морозостойкости бетона также имеют 2 варианта, которые подразумевают насыщение в обоих случаях образцов раствором хлорида натрия:

Это, по терминологии ГОСТ 10060-2012, второй метод (для бетонов F1, кроме легких бетонов с плотностью менее 1500 кг/м^3) – основан на циклах (воздушная среда -18°C) – (раствор хлорида натрия $+20^{\circ}\text{C}$). 20 лист
08.04.01.2020.066.00.00.ПЗ

И третий метод (для бетонов F1 и F2, кроме легких бетонов с плотностью менее 1500 кг/м^3) – основан на циклах (раствор хлорида натрия -50°C) – (раствор хлорида натрия $+20^{\circ}\text{C}$).

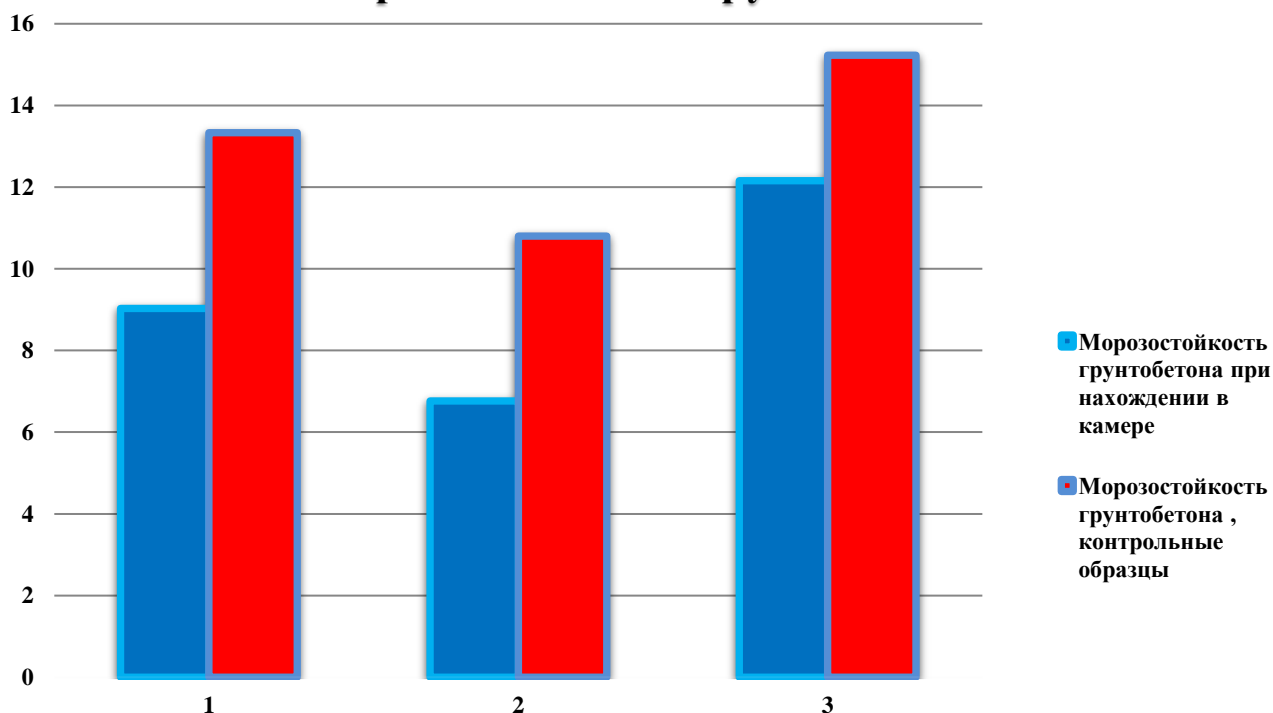
Таблица 17 – Морозостойкость грунтобетона при нахождении в камере

10 циклов													
N	l ₁ , см	d ₁ , см	m ₁ , гр	Рсж, МПа	l ₂ , см	d ₂ , см	m ₂ , гр	Рсж, МПа	l ₃ , см	d ₃ , см	m ₃ , гр	Рсж, МПа	Р^{ср}сж, МПа
1	4,9	5,0	228	9,7	5,0	5,0	239	9,1	5,0	5,0	232	8,3	9,03
2	4,8	4,85	206	7,9	5,0	5,0	225	6,1	5,1	4,9	227	6,3	6,76
3	5,0	5,0	230	12,1	5,0	5,0	224	12,1	5,0	5,0	226	12,3	12,16

Таблица 18 – Морозостойкость грунтобетона, контрольные образцы

10 циклов													
N	l ₁ , см	d ₁ , см	m ₁ , гр	Рсж, МПа	l ₂ , см	d ₂ , см	m ₂ , гр	Рсж, МПа	l ₃ , см	d ₃ , см	m ₃ , гр	Рсж, МПа	Р^{ср}сж, МПа
1	5,2	5,1	229	11,8	5,1	5,1	237	15,2	5,3	4,9	223	13,0	13,33
2	5,05	5,05	219	10,8	5,0	5,0	220	12,1	5,0	5,1	230	9,5	10,8
3	5,15	5,1	225	15,3	5,0	5,0	230	16,1	5,1	5,1	212	14,3	15,23

Морозостойкость грунтобетона



Вывод по морозостойкости:

Проведя эксперимент по морозостойкости, можем сделать вывод, что данный вид грунтобетона обладает маркой морозостойкости F2-150 (10 циклов), на основании ГОСТ 10060-12.

4.5 Дериватограмма

С целью определения структурных составляющих грунтобетона и глинистого сырья был проведён дифференциально-термический анализ, для которого были выбраны составы исходного глинистого сырья, и составов грунтобетона в возрасте 28 суток с максимальными и минимальными техническими характеристиками. Дериватограммы и обработка полученных данных представлены на рисунках 5-7 и таблиц 19-20.

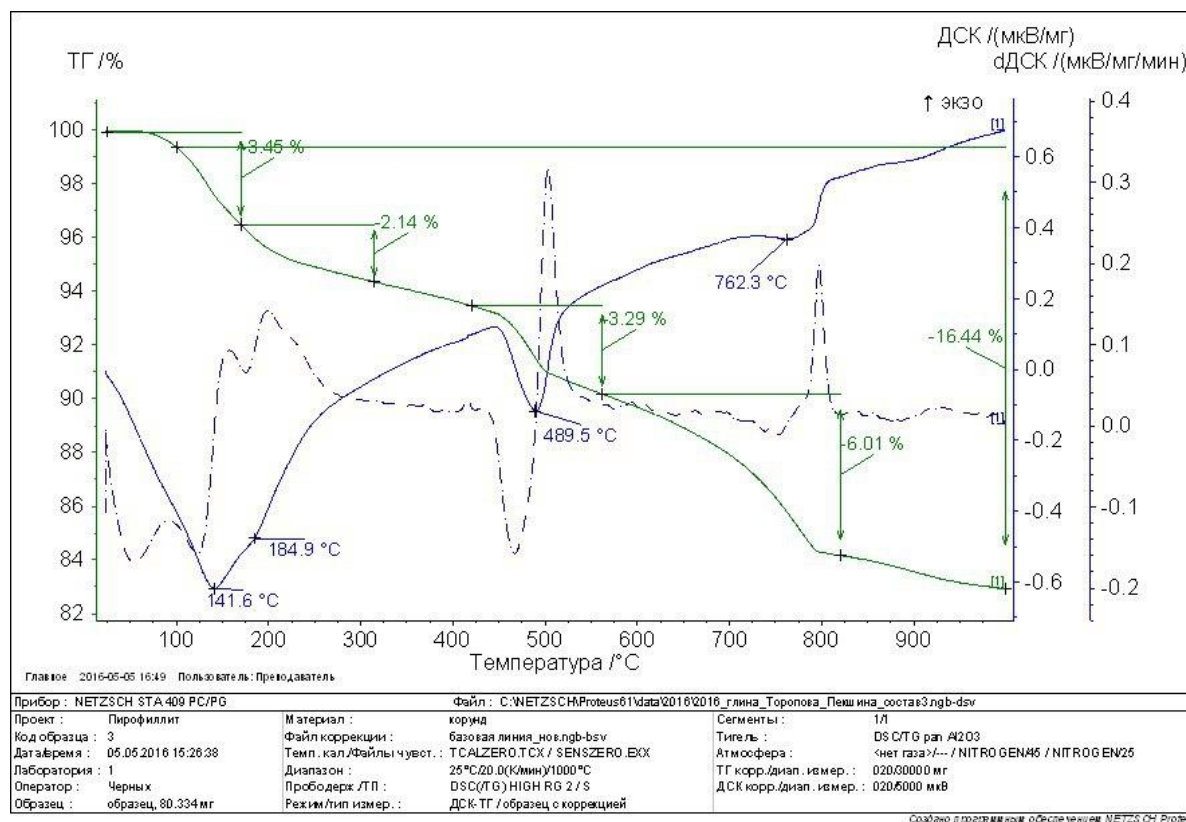


Рисунок 5 – Дериватограмма образца грунтобетона с максимальными техническими характеристиками

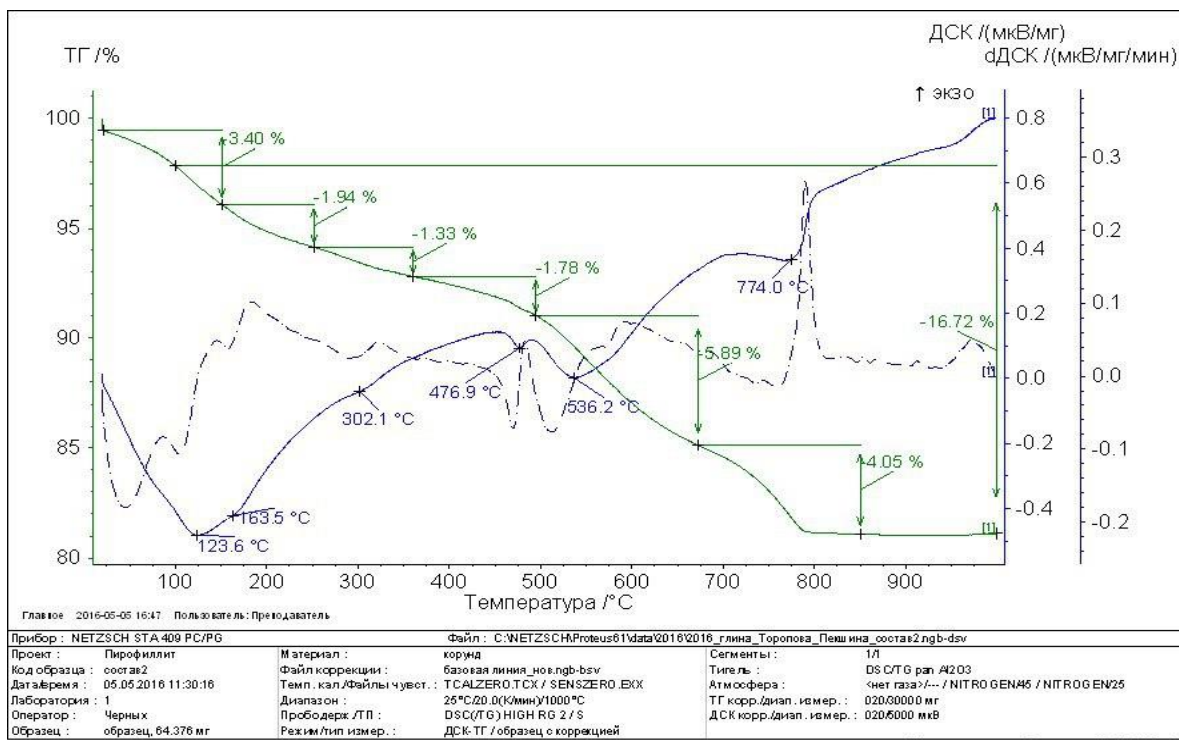


Рисунок 6 – Дериватограмма образца грунтобетона с минимальными техническими характеристиками

На дериватограммах всех составов зафиксированы эндоэффекты при температуре (Т) 120-180 °С; в составе 1 при Т 270-280 °С сглаженный эндоэффект, а в составе 2 присутствует выраженный эндоэффект при Т 470 °С; в составе 1 при Т 510-600°С сглаженный эндоэффект, а в составе 2 присутствует выраженный эндоэффект, при Т 750-810 °С в обоих составах наблюдается эндоэффект. Основной экзоэффект наблюдается в диапазоне Т 480-490 °С, но больший пик этого эффекта присутствует в составе 1.

При Т 573 °С в составе 2 наблюдается небольшой эндоэффект, связанный с обратимым полиморфным превращением оксида кремния в α- кварц, который стабильно существует до 870 °С, что выражено в виде небольших экзо- и эндоэффектов.

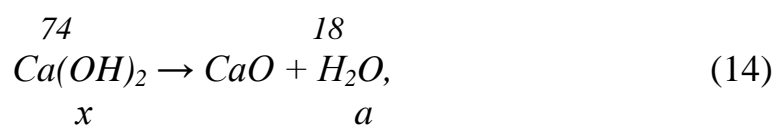
В составе 2 при Т 480 °С можем наблюдать эндоэффект, который связан с выделением конституционной воды с разрушением кристаллической решётки в каолините. При Т 950 °С в составе 2 наблюдаем выраженный экзоэффект, а в составе 1 – сглаженный, что связано с кристаллизацией аморф-

ного кремнезёма или образованием силлиманита. Ярко выраженный экзоэффект связан с более высоким содержанием глинистого сырья в составе.

На термогравиметрических кривых грунтобетона фиксируется потеря массы в интервале температур 400-550 °С, что соответствует удалению конституционной воды.

Исходя из ДТА, в структуре грунтобетонах с добавкой шлака содержатся CSH(I) и CSH(II), что подтверждается не резкими переломами в интервале температур 20-500 (700) °С. Для гидросиликата C/S =0,8-1,25 на кривой ДТА имеется экзоэффект при T около 800 °С, что соответствует переходу продукта обезвоживания в волластонит, который может быть синтезирован из геля при 500 °С и давлении 37,24 МПа за 7 суток или из геля при 400 °С и давлении 28,42 МПа за 5 суток. Входит в состав шлаков, как в нашем случае.

По потере массы в интервале температур 490-600 °С, соответствующему протеканию эндотермической реакции разложения Ca(OH)₂, определим его содержание в цементном камне согласно уравнению реакции



$$x = \frac{a \cdot 74}{18} \cdot 100 \% \quad (15)$$

где x – содержание Ca(OH)₂ в цементном камне, %; a – потери массы за счет отщепления воды при разложении Ca(OH)₂.

Таблица 19 – Содержанию Ca(OH)₂ в различных составах грунтобетона

Образец	Содержание Ca(OH) ₂ , %	Химически связанная вода, %
Состав 2	4,1	16,72
Состав 1	12,0	16,44

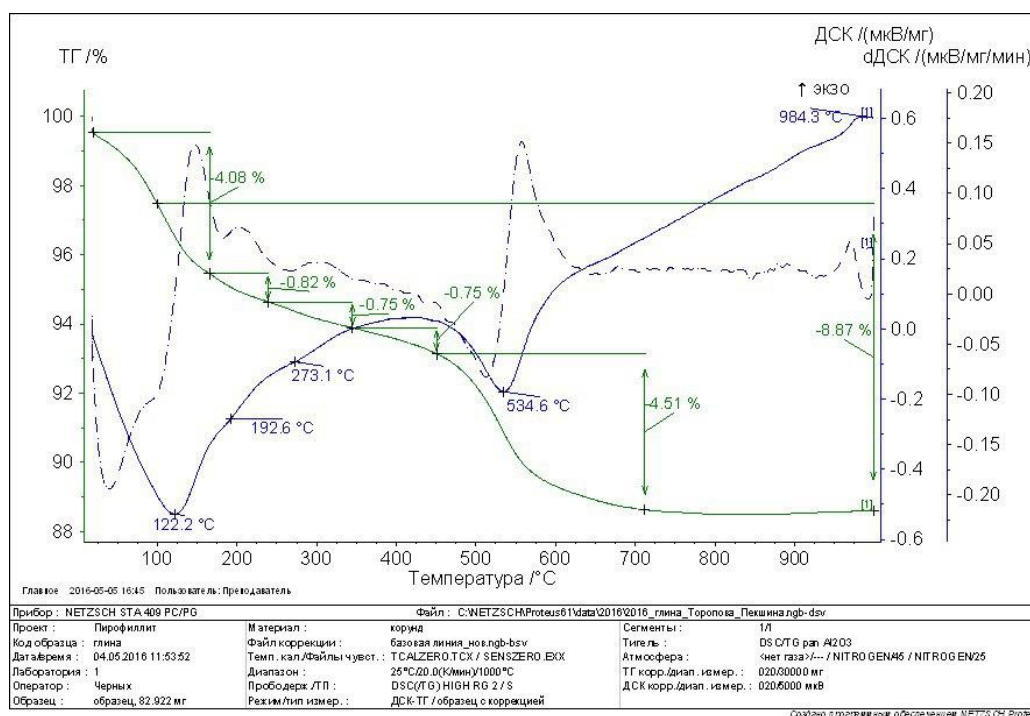


Рисунок 7 – Дериватограмма глинистого сыря

Таблица 20 – Расшифровка дериватограммы глинистого сыря

t^0 , °C, при которой происходит изменение вещества	Характер пика, эндо- и экзо- эффекта	Предполагаемое вещество	Вероятные причины возникновения эффекта
175	Эндо	Нонтронит	Удаление адсорбированной и цеолитной воды
190	Эндо		
340	Экзо	Аморфный кремнезем	Кристаллизация
440	Эндо	Нонтронит	Удаление конституционной воды
495	Экзо	Каолинит	Выделение конституционной воды с разрушением кристаллической решетки
555	Эндо	Монтмориллонит	Удаление конституционной воды
760	Эндо		

ВЫВОДЫ К ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ЧАСТИ

Как видно из таблиц и графиков, прочность при сжатии грунтобетона зависит от количества воды затворения и доли глины в составе грунтобетона. Также подтверждено, что увеличение удельного прессования грунтобетона приводит к повышению прочности при сжатии, верно только для отдельных случаев. Это связано с тем, что находясь в пластичном состоянии, глинистые минералы активизируются и соединяются в более плотные группы с параллельным расположением, что приводит к повышению прочности при сжатии в сухом состоянии. Такое состояние возникает в процессе твердения вяжущего.

Проведя исследование на морозостойкость, мы выявили что у наших образцов марка морозостойкости F2-150, испытанная 3 способом (ускоренным) по ГОСТ 10060-2012, так как они начали крошиться на 11 цикле. После чего сравнили их с контрольными образцами, которые не находились в камере, но также были в растворе NaCl. Разница по массе с контрольными образцами после 11 циклов была минимальная. Бетон f 150 относится к классу умеренной морозоустойчивости. Это верхняя граница, которая рекомендуется для строительства зданий при их эксплуатации в нормальных условиях.

У образцов с максимальным содержанием цемента наблюдается наибольшее содержание свободного $\text{Ca}(\text{OH})_2$, что связано с преобладанием в составе вяжущей части портландцемента по отношению к глинистому сырью.

5 ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Прочность при сжатии грунтобетона зависит от количества воды затворения и доли глины в составе грунтобетона. Наибольшую прочность имеют образцы с максимальным содержанием глины и минимальном содержании воды, что позволяет получить при прессовании и при последующем твердении максимально плотную структуру грунтобетона.

2. Подтверждено, что увеличение удельного прессования грунтобетона приводит к повышению прочности при сжатии, верно только для отдельных случаев. Это связано с тем, что находясь в пластичном состоянии, глинистые минералы активизируются и соединяются в более плотные группы с параллельным расположением, что приводит к повышению прочности при сжатии в сухом состоянии. Такое состояние возникает в процессе твердения цемента за счет связывания воды в гидросиликаты кальция в процессе гидратации вяжущего.

3. У образцов с максимальными содержанием цемента наблюдается наибольшее содержание свободного $\text{Ca}(\text{OH})_2$, что связано с преобладанием в составе вяжущей части портландцемента по отношению к глинистому сырью.

4. Добавка цемента в грунтобетоны на основе глины является важной составной частью, обуславливающей их физико-механические свойства. Исследования показали, что продукты гидратации портландцемента способны срастаться с минеральным скелетом грунта. А продукты гидратации цемента взаимодействует с минералами, входящими в состав грунтобетона, образуя микроагрегаты. Сила сцепления продуктов гидратации с частицами грунта зависит от характера поверхности минерала, обусловленной его кристаллохимическими и минералогическими особенностями.

5. Подтверждено, что укрепление дисперсных систем портландцементом обуславливается тем, что продукты гидратации цементных частиц взаимодействуют с поверхностью минеральных частиц, коагулируют, агрегируют наиболее дисперсную часть системы в процессе своего роста и кристаллиза-

ции и образуют прочную необратимую структуру. При химическом взаимодействии с водой клинкерные минералы в ранние периоды твердения грунтобетон образуют продукты гидратации коллоидной формы в зависимости от минералогического состава цемента, тонкости помола, водоцементного отношения, температуры и т.д. Гидросиликаты кальция, формирующиеся в ранние периоды твердения в виде гелеобразной массы, при дальнейшем твердении формируют микрочастицы различной морфологии – иглы, пластинки, овальные зерна. По закону коллоидных систем они агрегируют, сростаются друг с другом, образуя прочную структуру, обеспечивая эксплуатационные свойства грунтобетон.

6. Основываясь на результаты морозостойкости грунтобетона, это материал со средним уровнем морозоустойчивости широко применяется в рядовом строительстве объектов, расположенных в регионах с умеренным, устойчивым климатом. Например, такие как:

- фундаменты для частного и массового домостроения;
- наружные элементы дома (лестницы, пандусы, балконные плиты и плиты лоджий);
- различные покрытия на участке (проезды, дорожки, отмостка).

7. Исследованные составы грунтобетона рекомендуем использовать в подземной части зданий до отметки $\pm 0,00$, включая фундаменты, стены подвала и цоколи.

8. Минимальной стоимостью обладает состав с содержанием золы в количестве 20% и её размер составил 4444,60 руб./м³.

6 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Согласно Трудовому Кодексу РФ, требования охраны труда обязательны для исполнения всеми физическими и юридическими лицами при разработке технологических процессов, строительстве (реконструкции) и эксплуатации объектов, проектировании, конструировании механизмов, машин и другого оборудования. Так же устанавливаются процедуры, критерии и правила, ориентированные на сохранение здоровья и жизни работников во время их трудовой деятельности. В ст. 212 перечислены обязанности по охране труда в организации и обеспечению безопасных условий, которые возложены на работодателя.

6.1 Краткое описание рассматриваемого проекта, процесса трудовой деятельности

Научно-исследовательская работа проводилась в цехе кафедры «Строительные материалы и изделия» ЮУрГУ, расположенном в лабораторном корпусе Архитектурно-строительного института.

В работу включены следующие процессы:

- формование образцов-цилиндров для испытания на сжатие;
- увлажнение, высушивание образцов в сушильном шкафу для определения деформаций;

При проведении исследований использовалось следующее оборудование:

- сушильный шкаф;
- весы электронные и механические;
- гидравлический пресс для испытаний на сжатие;

При проведении исследований использовались следующие материалы:

- цемент ЦЕМ II 32,5Н производства ООО «Дюккерхофф Коркино Цемент»;
- Круглянская глина;

6.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Определим опасные и вредные факторы, влияющие на состояние здоровья работника лаборатории по ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы»:

- повышенная загазованность и запыленность воздуха рабочей зоны (применение тонкодисперсных порошков – зола-унос, цемент);
- пониженная или повышенная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования;
- повышенный уровень шума на рабочем месте (гидравлический пресс);
- недостаточная освещенность области рабочей зоны;
- отсутствие или недостаток естественного света;
- пониженная или повышенная влажность воздуха;
- пониженная или повышенная подвижность воздуха;
- опасность пожара;
- токсические (введение добавок-модификаторов во время приготовления грунтобетонной смеси).

6.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса

6.3.1 Микроклимат производственного помещения

Источником тепловыделения в лаборатории является сушильная камера. В соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» работы, производимые в лаборатории, относятся к категории легких работ класса 1б: интенсивность энергозатрат от 121 до 150 ккал/ч. Работы производятся стоя и сопровождаются незначительными физическими нагрузками.

Таблица 22 – Допустимые и оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Категория работ	Период года	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		допустимая	оптимальная	допустимая, не более	оптимальная, не более	допустимая, не более	оптимальная, не более
Легкая 1б	холодный	24 – 25	21-23	75	40 – 60	0,1	0,1
	теплый	28 – 30	22-24	75	40 – 60	0,1...0,2	0,1...0,3

Величина интенсивности теплового облучения работающих от осветительных приборов, нагретых поверхностей технологического оборудования, инсоляции на непостоянных и постоянных рабочих местах не должна быть более 35 Вт/м² при облучении 50 % поверхности тела и более и если облучению подвергается лишь 25 % поверхности тела, то данное значение не должно быть более 100 Вт/м². Выделение конвекционного тепла предотвращается устройством вентиляции согласно СНиП 41-01-2003 «Отопление вентиляция и кондиционирование».

Располагающиеся вблизи рабочего места теплонагревательные элементы – батареи, приточно-вытяжная вентиляция, лампы искусственного освещения, оконные проемы – служат для создания необходимого микроклимата.

Для поддержания постоянных значений параметров воздуха – влажности, температуры и скорости движения существует система вентилирования и кондиционирования.

6.3.2 Запыленность рабочей зоны

Вредными веществами являются пыль, поднимающаяся в процессе работы и тонкодисперсные материалы вызывающие раздражающее действие, проникающие через органы дыхания. Чрезмерная запыленность воздуха рабочей зоны возникает в результате дозирования и перемешивания пылящих

компонентов, которые применяются в научно-исследовательской работе. Такими компонентами являются цемент, зола-уноса сухого отбора ТЭС. Поскольку эти материалы с высокой удельной поверхностью, они способны оседать в легких человека, и при постоянном их воздействии вызвать отдышку, кашель, сухость во рту. Также при длительном воздействии пылящих материалов человек подвержен риску заболевания силикозом. Отрицательное действие эти материалы могут оказывать при попадании в глаза, вызывая слезоточивость или сильные раздражения, вплоть до химического ожога. При прямом длительном контакте с кожей рук пыль может вызывать сухость кожи. Для предотвращения вредного воздействия пылящих материалов в здании лаборатории установлена вытяжная вентиляция.

В процессе отбора проб и сухого перемешивания исходных материалов фактическая концентрация этих материалов не превышала ПДК, так как воздух помещения очищался приточно-вытяжной вентиляцией цеха.

Вредные воздействия вяжущего приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства	Особенности действия на организм
Портландцемент	8,0	аэрозоль	Раздражение слизистой носа, полости рта. Иногда слипшиеся между собой частицы пыли образуют сгустки, «камешки» в носу (ринолиты) и в бронхах (бронхолиты). У работающих длительное время с цементами наблюдаются язвы желудка и двенадцатиперстной кишки. В крови полихромазия, базофильно-зернистые эритроциты. При длительном воздействии на кожу возможно развитие «цементной чесотки».

Вентиляция помещений, в которых работают с добавками, должна полностью соответствовать требованиям.

Химические добавки должны располагаться и храниться в упакованном виде в вентилируемых, сухих складских помещениях при соблюдении особых правил хранения конкретных веществ.

В помещениях, где ведут работы с добавками или хранят их, запрещается принимать пищу. При попадании раствора добавки в глаза или на слизистые оболочки необходимо срочно промыть пораженные участки чистой водой или 2% раствором борной кислоты.

6.3.3 Освещение

Правильно устроенное освещение обеспечивает хорошую видимость и создает благоприятные условия труда. ГОСТ 12.0.003 – 74. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» содержит следующие вредные и опасные факторы, связанные с неудовлетворительным освещением:

- повышенная яркость света;
- отсутствие или недостаток естественного света;
- отраженная и прямая блескость;
- пониженная контрастность;
- недостаточная освещенность области рабочей зоны;
- повышенная пульсация светового потока.

Рабочим местом являлся цех учебного корпуса. В цехе основная часть работ проводилась в светлое время суток, то есть преобладало естественное освещение. Цех имеет большую площадь остекления (3 окна размерностью 3х4 м), поэтому препятствий прониканию естественного света не было. В светлое время дня КЕО (коэффициент естественного освещения) в пространстве рабочего места должен составлять 1,5 % и более. Искусственное освещение представлено 10 лампами накаливания, расположенными над рабочими местами в цехе.

Искусственное освещение оценивается по ряду показателей (освещенности, прямой блёскости, коэффициенту пульсации освещенности и другим нормируемым показателям освещения).

Таблица 24 – Требования к освещению помещений.

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм.	Разряд зрительной работы	Искусственное освещение			Естественное освещение	
			Освещенность при системе общего освещения, лк	Сочетание нормируемых величин показателя ослепленности и коэффициента пульсации		КЕО, e_n , %	
				Р, не более	К _п , %	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении
Средней точности	Более 5	V	300	40	20	4,0	1,5

Уровень освещенности на рабочем месте не должен быть ниже положенного при данном типе выполняемой зрительной работы.

С целью обеспечения равномерности распределения яркости на рабочей поверхности на участке используют при естественном освещении комбинированное освещение (верхнее и боковое), при искусственном – общее и местное освещение.

Величина освещенности должна быть постоянна во времени. Наибольшая видимость создается при падении световых лучей на рабочую поверхность под углом 60° к ее нормали.

Нормирование производственного освещения производится по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий» [5].

6.3.4 Шум

Шум может неблагоприятно воздействовать на организм человека, являясь причиной быстрой утомляемости и снижения работоспособности, приводить к ослаблению слуха – тугоухости. Шум влияет не только на органы слуха, но и на сердечно-сосудистую систему, желудочно-кишечный тракт, эндокринную и другие системы организма. Особенно страдает от шума центральная нервная система человека. Воздействие шума, превосходящего допустимый уровень, может приводить к повышенной утомляемости, головной боли, расстройству сна, потере точной координации движений, уменьшению мастерства выполнения операций, росту энергетических затрат, понижению производительности труда и качества работы, может способствовать возникновению опасных ситуаций и несчастных случаев на производстве.

В цехе источниками шума являются гидравлический пресс для испытания образцов-кубов при сжатии. Однако в виду непродолжительности воздействия и малых габаритов, данное оборудование не оказывает значительного вредного влияния на организм человека.

Основой для нормирования показателей шума является качественное ограничение числа звуковой энергии, воздействующей на слух человека в течение всей рабочей смены, значениями, безопасными для работоспособности и его здоровья. Шум нормируется в соответствии с [22].

Шум может неблагоприятно воздействовать на организм человека, являясь причиной быстрой утомляемости и снижения работоспособности, приводить к ослаблению слуха – тугоухости. Шум влияет не только на органы слуха, но и на сердечно-сосудистую систему, желудочно-кишечный тракт, эндокринную и другие системы организма. Особенно страдает от шума центральная нервная система человека. Воздействие шума, превосходящего допустимый уровень, может приводить к повышенной утомляемости, головной боли, расстройству сна, потере точной координации движений, уменьшению мастерства выполнения операций, росту энергетических затрат, понижению

производительности труда и качества работы, может способствовать возникновению опасных ситуаций и несчастных случаев на производстве.

В цехе источниками шума являются гидравлический пресс для испытания образцов-кубов при сжатии. Однако в виду непродолжительности воздействия и малых габаритов, данное оборудование не оказывает значительного вредного влияния на организм человека.

Основой для нормирования показателей шума является качественное ограничение числа звуковой энергии, воздействующей на слух человека в течение всей рабочей смены, значениями, безопасными для работоспособности и его здоровья. Шум нормируется в соответствии с [22].

Таблица 25 – Предельно допустимые уровни шума для рабочего места

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Измерительные, практические и аналитические работы в лаборатории	93	79	70	68	58	55	52	52	49	60

Для борьбы с механическим шумом используют смазочные и прокладочные материалы. Коллективным методом защиты от шума являются звукопоглощающие облицовки, перегородки, кожухи. Индивидуальные меры защиты включают использование вкладышей, наушников [0].

6.3.5 Вибрация

Основным источником вибрации в производственных помещениях является виброплощадка. Так как в данной работе она не используется, то и негативный фактор вибрации не рассматривается. От остального используемого оборудования вибрация не исходит.

6.4 Безопасность производственных процессов и оборудования

6.4.1 Требования безопасности при выполнении работ

Общие требования безопасности согласно ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» [0]:

1. Требования к конструкции и к ее отдельным частям:

- конструкция применяемого оборудования, а так же его отдельных частей должна полностью исключать возможности их самопроизвольного смещения, опрокидывания и падения, при всех предусмотренных условиях монтажа (демонтажа) и эксплуатации;
- конструкция производственного оборудования должна полностью исключать на всех предусмотренных режимах работы такую нагрузку сборочные единицы и на детали, которые способны вызвать разрушения, являющиеся прямой угрозой и опасностью для работающих;
- движущиеся части производственного оборудования, которые являются возможным источником травм, должны быть либо ограждены, либо расположены таким образом, чтобы максимально исключалась возможность прикосновения к ним работающего или должны быть применены другие средства (двуручное управление и т.п.), максимально предотвращающие травмирование;
- конструкция загрузочных, подъемных и захватывающих устройств, зажимных или их приводов должна полностью исключать возможности возникновения опасности при частичном или полном прекращении подачи энергии (в том числе и самопроизвольном), а также обязательно

исключать самопроизвольное изменение положения или состояния таких устройств при возобновлении подачи энергии;

- производственное оборудование в имеющихся условиях эксплуатации должно быть взрыво- и пожаробезопасным;
- производственное оборудование, имеющее источники ультразвука, вибрации и шума, должно быть обустроено так, чтобы ультразвук, шум и вибрация не превышали установленные стандартами допустимые уровни в предусмотренных режимах и условиях эксплуатации.

2. Требования к рабочим местам:

- размещение элементов и размеры рабочего места должны быть такими, чтобы обеспечивать выполнение операций рабочими в удобных позах и не затруднять их (работающих) движений;
- при проектировании рабочих мест надо предусматривать возможности выполнения рабочих операций как в положении сидя, так и при поочередной смене положений стоя и сидя, если выполнение технологических операций не требует частого и постоянного перемещения работающего.

При осуществлении таких технологических процессов, где образуются или выделяется пыль, для защиты органов дыхания людей занятых на предприятии от пыли, все лица, занятые на работах, где содержание пыли в воздухе рабочей зоны больше, чем ПДК, должны быть обеспечены респираторами (или иными средствами), которые соответствуют требованиям действующих методических и нормативных документов.

При организации процессов технологии, вследствие осуществления которых возникает шум, следует заранее предусматривать применение методов и средств, понижающих уровни шума в непосредственно самом источнике его возникновения звуковых колебаний, а так же по пути их распространения:

- применение малошумных машин, оборудования и технологических процессов;

- применение вибропоглощения, которое будет достигаться покрытием вибрирующих частей машин и оборудования специальными материалами с демпфирующими свойствами (такие материалы имеют высокое значение внутреннего трения) и виброизоляции, организовывается посредством снижения уровня шума на вибрирующих агрегатах, с помощью амортизаторов или специальных фундаментов;
- применение СИЗ (средств индивидуальной защиты) от негативного воздействия шума.

Максимально допустимая масса перемещаемых и поднимаемых вручную грузов для женщин (при условии чередования с другим типом работ) – не более чем 2 раза в час не должна быть более 10 кг, а перемещение и подъем предметов и грузов постоянно за всю рабочую смену – 7 кг. Однако при условии, когда перемещение грузов осуществляется с помощью контейнеров или тележек прилагаемое физическое усилие не должно быть более 10 кг.

Требования к работе гидравлического пресса:

- конструкция применяемых прессов с гидравлической системой создания давления должна отвечать требованиям ГОСТ 12.2.017-93 «Оборудование кузнечно-прессовое» и ГОСТ Р 53010-2008 «Прессы гидравлические. Требования безопасности» [0, 0];
- все детали пресса, находящиеся под воздействием давления, необходимо подвергать периодическим аттестациям, частому осмотру и испытаниям согласно ГОСТ Р 53672-2009 «Арматура трубопроводная. Общие требования безопасности» и ГОСТ 12.2.085-2002 «Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные» [7], утвержденным Ростехнадзором;
- подвижная траверса пресса должна скользить по направляющим, чтобы зазор был минимальным, и чтобы не возникало перекоса;
- подвижная траверса не должна находиться на расстоянии до верхнего положения меньшим, чем 30 – 400 мм, поэтому пресс должен быть снабжен конечным выключателем. На опорных колоннах устанавлива-

ются конечные выключатели или специальные ограничители, контролирующие ход подвижной плиты пресса вниз;

- прессы должны быть снабжены устройствами, которые не позволят самопроизвольно опускаться подвижной траверсе;
- прессы должны быть снабжены устройствами, позволяющие удерживать подвижную траверсу в верхнем положении для выполнения наладочных и ремонтных работ;
- при проведении испытаний запрещается поправлять образец без выключения пускового механизма и полной остановки траверсы.

Для безопасной работы с сушильным агрегатом необходимо придерживаться следующих правил:

- загрузочное окно агрегата должна закрываться плотно прилегающей заслонкой с необходимой теплоизоляцией;
- сушильный шкаф должен быть снабжен такой изоляцией сводов и стен корпуса, чтобы температура наружных поверхностей отвечала требованиям ГОСТ 12.2.007.9-93 «Безопасность электротермического оборудования». При соблюдении всех требований приведенных выше обеспечивается безопасность условий труда.

Общие требования безопасности согласно ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. «Оборудование производственное. Общие требования безопасности» [0]:

1. Требования к конструкции и к ее отдельным частям:

- конструкция применяемого оборудования, а так же его отдельных частей должна полностью исключать возможности их самопроизвольного смещения, опрокидывания и падения, при всех предусмотренных условиях монтажа (демонтажа) и эксплуатации;
- конструкция производственного оборудования должна полностью исключать на всех предусмотренных режимах работы такую нагрузку сборочные единицы и на детали, которые способны вызвать разрушения, являющиеся прямой угрозой и опасностью для работающих;

- движущиеся части производственного оборудования, которые являются возможным источником травм, должны быть либо ограждены, либо расположены таким образом, чтобы максимально исключалась возможность прикосновения к ним работающего или должны быть применены другие средства (двуручное управление и т.п.), максимально предотвращающие травмирование;
- конструкция загрузочных, подъемных и захватывающих устройств, зажимных или их приводов должна полностью исключать возможности возникновения опасности при частичном или полном прекращении подачи энергии (в том числе и самопроизвольном), а также обязательно исключать самопроизвольное изменение положения или состояния таких устройств при возобновлении подачи энергии;
- производственное оборудование в имеющихся условиях эксплуатации должно быть взрыво- и пожаробезопасным;
- производственное оборудование, имеющее источники ультразвука, вибрации и шума, должно быть обустроено так, чтобы ультразвук, шум и вибрация не превышали установленные стандартами допустимые уровни в предусмотренных режимах и условиях эксплуатации.

2. Требования к рабочим местам:

- размещение элементов и размеры рабочего места должны быть такими, чтобы обеспечивать выполнение операций рабочими в удобных позах и не затруднять их (работающих) движений;
- при проектировании рабочих мест надо предусматривать возможности выполнения рабочих операций как в положении сидя, так и при поочередной смене положений стоя и сидя, если выполнение технологических операций не требует частого и постоянного перемещения работающего.

При осуществлении таких технологических процессов, где образуются или выделяется пыль, для защиты органов дыхания людей занятых на предприятии от пыли, все лица, занятые на работах, где содержание пыли в

воздухе рабочей зоны больше, чем ПДК, должны быть обеспечены респираторами (или иными средствами), которые соответствуют требованиям действующих методических и нормативных документов.

При организации процессов технологии, вследствие осуществления которых возникает шум, следует заранее предусматривать применение методов и средств, понижающих уровни шума в непосредственно самом источнике его возникновения звуковых колебаний, а так же по пути их распространения:

- применение малошумных машин, оборудования и технологических процессов;
- применение вибропоглощения, которое будет достигаться покрытием вибрирующих частей машин и оборудования специальными материалами с демпфирующими свойствами (такие материалы имеют высокое значение внутреннего трения) и виброизоляции, организовывается посредством снижения уровня шума на вибрирующих агрегатах, с помощью амортизаторов или специальных фундаментов;
- применение СИЗ (средств индивидуальной защиты) от негативного воздействия шума.

Максимально допустимая масса перемещаемых и поднимаемых вручную грузов для женщин (при условии чередования с другим типом работ) – не более чем 2 раза в час не должна быть более 10 кг, а перемещение и подъем предметов и грузов постоянно за всю рабочую смену – 7 кг. Однако при условии, когда перемещение грузов осуществляется с помощью контейнеров или тележек прилагаемое физическое усилие не должно быть более 10 кг.

Требования к работе гидравлического прессы:

- конструкция применяемых прессов с гидравлической системой создания давления должна отвечать требованиям ГОСТ 12.2.017-93 «Оборудование кузнечно-прессовое» и ГОСТ Р 53010-2008 «Прессы гидравлические. Требования безопасности» [0, 0];

- все детали пресса, находящиеся под воздействием давления, необходимо подвергать периодическим аттестациям, частому осмотру и испытаниям согласно ГОСТ Р 53672-2009 «Арматура трубопроводная. Общие требования безопасности» и ГОСТ 12.2.085-2002 «Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные» [7], утвержденным Ростехнадзором;
- подвижная траверса пресса должна скользить по направляющим, чтобы зазор был минимальным, и чтобы не возникало перекоса;
- подвижная траверса не должна находиться на расстоянии до верхнего положения меньшим, чем 30 – 400 мм, поэтому пресс должен быть снабжен конечным выключателем. На опорных колоннах устанавливаются конечные выключатели или специальные ограничители, контролирующие ход подвижной плиты пресса вниз;
- прессы должны быть снабжены устройствами, которые не позволят самопроизвольно опускаться подвижной траверсе;
- прессы должны быть снабжены устройствами, позволяющие удерживать подвижную траверсу в верхнем положении для выполнения наладочных и ремонтных работ;
- при проведении испытаний запрещается поправлять образец без выключения пускового механизма и полной остановки траверсы.

Для безопасной работы с сушильным агрегатом необходимо придерживаться следующих правил:

- загрузочное окно агрегата должна закрываться плотно прилегающей заслонкой с необходимой теплоизоляцией;
- сушильный шкаф должен быть снабжен такой изоляцией сводов и стен корпуса, чтобы температура наружных поверхностей отвечала требованиям ГОСТ 12.2.007.9-93 «Безопасность электротермического оборудования». При соблюдении всех требований приведенных выше обеспечивается безопасность условий труда.

6.4.2 Требования пожарной безопасности

Главными причинами пожаров могут быть несоблюдение мер безопасности, неисправность электроустановок, конструктивные недостатки оборудования.

Возможными источником пожара в производственном помещении могут служить неисправное оборудование и легковоспламеняющиеся материалы, используемые в работе.

Обеспечение пожаробезопасности достигается соблюдением необходимых мероприятий и наличием средств пожаротушения.

При работе с электрооборудованием существует и пожарная опасность, обусловленная, прежде всего высокой температурой в рабочей зоне. Применение электрических приборов, требует от персонала соблюдения правил пожарной безопасности:

- реактивы обязательно хранить в шкафах, с закрывающими устройствами, типа замков, ключи от которых хранятся у начальников участка. Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (бензол, эфир, ацетон и др.) допустимо хранить в специальных металлических ящиках, расположенных на расстоянии от нагревательных приборов;

- материалы и вещества, которые при совместном и близком хранении могут вызвать аккумуляцию тепла, должны храниться отдельно, в соответствующей упаковке;

- по окончании каждого рабочего дня проводится уборка на рабочем месте;

- весь пожарный инвентарь (внутренние пожарные краны, ручные средства тушения) обязательно должны содержаться в исправном состоянии. Огнетушители крепятся на стену или находятся на высоте равной 1,5 м от уровня пола и на расстоянии не меньшем, чем 1,2 м от края двери в открытом виде. Шкафчики, используемые для внутренних пожарных кранов, закрываются и опечатываются;

- курение разрешено лишь в специально отведенных для этого местах;
- ежедневно по окончании занятий ответственный должен проверить и устранить противопожарные недочеты. Во всех помещениях, которые по окончании работы закрываются и не контролируются, все переключатели и рубильники выключаются.

В помещении лаборатории находится противопожарный инвентарь: огнетушитель пенный (ОХП-15); огнетушитель углекислотный (ОУ-10); щит с ручными средствами тушения; пожарный кран. В здании предусмотрены наружные пожарные лестницы, пути эвакуации, аварийные люки, огнестойкость которых не меньше времени, необходимого для тушения пожара и времени затрачиваемого для спасения людей, а также пожарная сигнализация, система оповещения, пожарные знаки.

Категория помещения по пожароопасности – Д (пониженной пожароопасности).

6.4.3 Требования электробезопасности

Поскольку в данной работе используются электроустановки напряжением до 380 (В) (гидравлический пресс для определения прочности образцов при сжатии, сушильный шкаф), то защита от воздействия электричества тока сводится к надежной изоляции токопроводящих проводов и кабелей, установке защитного заземления, установке защитных автоматов-выключателей.

Данное оборудование регулярно проверяется на наличие неисправностей. К работе с ним не допускаются лица, не изучившие описание эксплуатации, и не расписавшиеся в журнале по технике безопасности.

При использовании неисправного оборудования или при несоблюдении техники безопасности при работе с исправным оборудованием имеет место опасность быть пораженным электрическим током.

В качестве мер защиты от поражения электрическим током для человека используют:

- все электроустановки, согласно [9], должны быть заземлены медными проводами, сечение которых не менее 12 (мм²). Заземлитель и заземленный провод присоединен при помощи хомута латуни или из меди на участке, очищенном от краски;
- согласно [15], должна быть обеспечена недоступность токопроводящих частей электроустановок и приборов;
- должен производиться контроль изоляции и профилактика ее повреждения.

Строго соблюдая правила безопасности при работе с электроприборами, удастся избежать термических ожогов. Значение ПДУ напряжения прикосновения для токов, проходящих через человеческое тело, при аварийном режиме электроустановок для переменного и постоянного тока устанавливается [19].

Таблица 26 – ПДУ напряжений прикосновения токов

Режим работы	Род тока					
	Переменный (50 Гц)			Постоянный		
	U, В	I, mA	Продолжительность протекания силы тока, с	U, В	I, mA	Продолжительность протекания силы тока, мин
Нормальный	2	0.3	< 600	8	1	< 10
Аварийный	36	6	> 1	–	–	–

По электробезопасности помещения относятся к категории – без повышенной опасности.

6.5 Экология и охрана окружающей среды

Санитарно-защитная зона – это обязательный элемент любого объекта, который является причиной того или иного типа влияния на здоровье чело-

века и среду обитания. Защитная зона озеленяется, зелень служит барьером, защищающим от пыли, дыма, газов и т.д.

Необходимо снижение негативного влияния отходов, образующихся в процессе производства на среду обитания человека и здоровье населения путем: внедрения в производственный процесс новейших безотходных и малоотходных технологий, минимизации объема процессов и снижение их опасности во время первичной обработки, применения отходов и полупродуктов основных цехов предприятия в роли вторичного сырья в рабочих циклах цехов со вспомогательными функциями или на специальных предприятиях по переработке вторсырья, ликвидации путей их потерь или рассеивания в процессе промежуточного складирования, перегрузки и транспортировки.

Техническая вода в цехе имеет замкнутую систему, и внутривозводскую систему очистки.

Отработанная вода стекает по уклону пола в канал, а из него в отстойник. Ввиду незначительного расхода воды и небольшого уклона полов, взвешенные частицы большей частью оседают до отстойника, и их нужно регулярно собирать в специальные контейнеры для отходов.

При выполнении рекомендаций по смазке формующих поверхностей, после съема готовых изделий масла на установках практически не остается, и поэтому специальные маслоуловители не требуются.

В настоящее время, одним из направлений защиты окружающей среды от вредных и негативных воздействий, является комплекс мероприятий по ограничению вредных выбросов и отходов производства и последующей утилизацией отходов. Он заключается в организации улавливания, очистке выбросов в окружающую среду (системы водоснабжения с замкнутым циклом; станции физико-химической и биологической очистки сточных вод; газопылеулавливающие установки, предназначенные для утилизации отходов производства, служащие для получения готовой продукции из этих веществ).

За несоблюдение требований по природоохране предприятие несет дисциплинарную и административную ответственность.

7 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

В данном разделе рассмотрены используемые экономические термины, а также приведен расчет себестоимости исследуемого материала.

Калькуляция – способ группировки затрат и определения себестоимости продукции по статьям расходов – сырье и материалы.

Себестоимость – стоимостная оценка используемых в процессе производства продукции природных ресурсов, сырья, материалов, топлива, энергии, основных фондов, трудовых ресурсов, а также других затрат на ее производство и реализацию. Себестоимость является объектом планирования и бухгалтерского учета затрат.

Для определения стоимости и целесообразности применения разрабатываемого материала необходимо подсчитать его стоимость и сравнить со стоимостями составов аналогичных по области применения.

Из всех статей затрат, включаемых обычно в расчет стоимости, будет учитываться только одна – материальные затраты. Это объясняется тем, что в случае производства или приготовления разрабатываемых материалов и составов на имеющемся оборудовании будут отличаться только лишь статьи материальных затрат. Величина стоимости будет складываться из материальных затрат на сырьевые компоненты:

- портландцемент ЦЕМ II-32,5Н ;
- глина;
- вода;
- метаксаолин;
- зола;
- пластификатор.

Технология производства грунтобетонных смесей и изделий на их основе в ходе разработки новых составов не изменялась, следовательно, стоимость технологического оборудования и прочих затрат на производство, в оценке экономической эффективности не учитывалась.

Цены на сырьевые материалы без НДС, а также расход и калькуляция материалов на 1 м³ подобранной грунтобетонной смеси представлены в таблицах 27 - 29

Таблица 27 – Цены на сырьевые материалы (без НДС)

Перечень материалов	Стоимость (без НДС)
ЦЕМ II 32,5Н	4000 руб/т
Круглянская глина	210 руб/т
Вода	15 руб/м ³
Метакаолин	25000 руб/т
Пластификатор	80 руб/л
Зола	200 руб/т

Расчет производился на 1 м³ с учетом процентного содержания компонентов.

Таблица 28 – Расход и калькуляция материалов на 1 м³ подобранной грунтобетонной смеси состава Г:Ц 1:1.

Материал	Ед. изм.	Норма расхода на 1 м ³	Цена (без НДС), руб.	Стоимость, руб.
Портландцемент ЦЕМ II 32,5Н	т	1,071	4000	4284
Круглянская глина	т	1,071	210	225
Вода	м ³	0,428	15	6,42
Пластификатор	л	0,11	80	880
Итого:				5395,42

Таблица 29 – Расход и калькуляция материалов на 1 м³ подобранной грунто-бетонной смеси состава №5.

Материал	Ед. изм.	Норма расхода на 1 м ³	Цена (без НДС), руб.	Стоимость, руб.
Портландцемент ЦЕМ II 32,5Н	т	0,643	4000	2572
Круглянская глина	т	0,225	210	47,25
Вода	м ³	0,428	15	6,42
Зола	т	0,428	200	85,6
Пластификатор	л	0,06	80	480
Итого:				3270,45

Сравнивали полученные составы с распространенным классом бетона В15, который применяется в изготовлении фундаментов и стен цоколя.

Стоимость товарного бетона класса В15(М200) в среднем составляет 2450 руб/м³

Из приведенных расчетов видно, что рекомендуемые составы грунто-бетона в 2-3 раза дешевле бетона класса В15.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 3 с.
2. ГОСТ 12.1.003-83. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие правила безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 2008. – 11 с.
3. ГОСТ 12.2.007.9-93. Безопасность электротермического оборудования. – Минск: Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2006. – 13 с.
4. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Стандартиформ, 2008. – 48 с.
5. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 2007. – 5 с.
6. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 27 с.
7. ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 7 с.
8. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжения прикосновения и токов. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 5 с.
9. ГОСТ 12.2.003-91. ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2008. – 9 с.
10. ГОСТ 12.2.017-93. Система стандартов безопасности труда. Оборудование кузнечно-прессовое. Общие требования безопасности. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 22 с.
11. ГОСТ 12.2.085-2002. Сосуды, работающие под давлением. Клапаны предохранительные. Требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2007. – 11 с.

12. ГОСТ 12.4.011-89. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация. – М.: Издательство стандартов, 2004. – 6 с.
13. ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Изд-во стандартов, 2013. – 36 с.
14. ГОСТ Р 53010-2008. Прессы гидравлические. Требования безопасности. – М.: Стандартиформ, 2009. – 41 с.
15. Строкова В.В., Лютенко А.О., Карацупа С.В., Яковлев Е.А. Математическая модель оценки прочности грунтобетона // Строительные материалы. 2006. № 4. С. 80-81.]
16. ГОСТ 24211-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия». – М.: Изд-во Стандартиформ, 2010. – 11 с.
17. ГОСТ 25818-91 «Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов. Технические условия». – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 12 с.
18. ГОСТ 30515-2013 «Цементы. Общие технические условия» – М.: Изд-во стандартиформ, 2014. – 62 с.
19. ГОСТ 31108-2003 «Цементы общестроительные. Технические условия». – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 26 с.
20. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. М.: Изд-во стандартов, 2003. – 26 с.
21. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 24 с.
22. Комохов, А.П. Особенности структурообразования и свойства грунтобетона / А.П Комохов // Труды III научно-практической конференции по ресурсосберегающим технологи – Самара: 2002. - С.112–120.
23. Комохов, А.П. Высокоэффективная технология грунтобетона как современного композиционного материала / А.П.Комохов // Строительство и реконструкция. 2002. №2 - С.25–28.

24. Особенности структурной механики безобжиговых алюмосиликатов / П.Г. Комохов, Л.Б. Сватовская, А.П. Комохов и др. – 1990. - С.2–6.
25. Аскалонов, В.В. Здания и сооружения из цементогрунта / В.В. Аскалонов, А.Н. Токин. – Москва: 1957.
26. Безрук, В. М. Теоретические основы укрепления грунтов цементом / В. М. Безрук. – Москва: 1956.
27. Виленкина, Н. М. Цементно-грунтовые камни / Н. М. Виленкина. - Москва: 1961.
28. Попов, Н. А. Грунтотериалы в строительстве зданий / Н. А. Попов. - Москва: 1944.
29. Комохов П.Г., Сватовская Л.Б., Комохов А.П. и др. Особенности структурной механики безобжиговых алюмосиликатов // Цемент. 1990, №5. С.2–6; Комохов А.П. Особенности структурообразования и свойства грунтобетона // Труды III научно-практической конференции по ресурсосберегающим технологиям. Самара, 2002. С.112–120; Комохов А.П. Высокоэффективная технология грунтобетона как современного композиционного материала // Строительство и реконструкция. 2002, №2. С.25–28.
30. Абдибаттаева М.М., Сатаева А. ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ГРУНТОБЕТОНА // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2012. – № 12. – С. 94-99;
31. Грунтобетон в закладке фундамента. А.А. Рамазанов, А.Д. Бадаева, Е.Б. Ланин, Т.А. Алнашаш. Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. 3(30). 2015. 111-128
32. Строкова В.В., Лютенко А.О., Карацупа С.В., Яковлев Е.А. Математическая модель оценки прочности грунтобетона // Строительные материалы. 2006. No 4. С. 80-81., Строкова Л.А. Определение параметров для численного моделирования поведения грунтов // Известия Томского политехнического университета. 2008. Т. 313. No 1. С. 69-74, Brandt J.R.T. Behavior of soil concrete interfaces. 2002. pp. 20-25, Дмитренко Е.Н., Прокопец В.С. Параметриче-

ская модель прочности цементогрунта// Вестник МГСУ. 2010. Т. 5. No 4. С. 80-84, Rodrigues J.P.C., Laím L., Correia A.M. Behaviour of fiber reinforced on-crete columns in fire.// Composite Structures. 2010. Т. 92. No5. С. 1263-1268.

33. Г. Минке. Глинобетон и его применение. К.: Изд-во Янтарный сказ, 2004. 232 с.