

АННОТАЦИЯ

Галяув Р.Ф. Исследование влияния суперпластификаторов на процессы гидратации и экзотермию силикатных и глиноземистых цементов – Челябинск: ЮУрГУ, Стр.мат., 2017, 79с., 19 ил., 11 табл.

Библиографический список – 24 наименования.

Выпускная квалификационная работа посвящена исследованию суперпластификаторов на тепловыделение силикатных и глиноземистых цементов. Исследования проводились с помощью методов дериватографии, рентгенофазового анализа, микрокалориметрии. С помощью этих методов были рассмотрены особенности гидратации цементов. Были сделаны выводы об оптимальных дозировках добавок, о целесообразности их применения.

					<i>08.04.01.2017.155.00.00.ПЗ</i>			
<i>Изм</i>	<i>Дата</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Исследование влияния суперпластификаторов на процессы гидратации и экзотермию силикатных и глиноземистых цементов</i>	<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Галяув Р.Ф.</i>				<i>ДП</i>	<i>4</i>	<i>79</i>
<i>Проверил</i>		<i>Абызов В.А.</i>				<i>ЮУрГУ Кафедра «Строительные материалы»</i>		
<i>Н.контр.</i>		<i>Черных Т.Н.</i>						
<i>Утв.</i>		<i>Черных Т.Н.</i>						

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	6
1.1. Портландцемент.....	6
1.2. Глиноземистый цемент.....	14
1.3. Классификация добавок.....	22
1.4. Пластификаторы.....	23
1.5. Поликарбоксилаты.....	27
2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.....	29
2.1. Исходные материалы.....	29
2.2. Методы исследования.....	36
3. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ.....	45
3.1. Испытания на прочность.....	45
3.2. Калориметрия.....	47
3.3. Рентгенограммы.....	50
3.4. Дериватограммы.....	56
4. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	61
4.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	61
4.2. Выбор нормативных значений факторов рабочей среды.....	62
4.3. Безопасность производственных процессов и оборудования.....	71
4.4. Электробезопасность.....	73
4.5. Пожаробезопасность.....	75
ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ.....	77
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	78

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Портландцемент

1.1.1 Определение и классификация

Портландцементный клинкер – это промежуточный продукт обжига до спекания сырьевой тонкодисперсной однородной смеси надлежащего состава. Данный состав обеспечивает преобладание в клинкере высокоосновных силикатов кальция.

Основные разновидности портландцемента:

- 1) Бездобавочный цемент
- 2) Портландцемент с активными минеральными добавками
- 3) Шлакопортландцемент
- 4) Пуццолановый портландцемент
- 5) Композиционный портландцемент

1.1.3 Минералогический состав

Применяемые в производстве ПЦ клинкера материалы дают преобладание в нем высокоосновных силикатов кальция. Помимо этого, при взаимном действии с оксидами Al_2O_3 и Fe_2O_3 образуются отдельные группы минералов.

Трехкальциевый силикат (алит) $3CaO \cdot SiO_2$.

Содержание в ПЦ составляет 40...65 %. Это химически активный минерал, дающий главное влияние на скорость твердения цемента. Алит быстро набирает прочность, образуя очень плотный продукт гидратации. При взаимодействии с водой выделяется большое количество теплоты.

Двухкальциевый силикат (белит) $2CaO \cdot SiO_2$. По химической активности сильно уступает алиту. Продукт твердения белита, затворенного водой, в ранние сроки твердения имеет небольшую прочность, и идет выделение небольшого количества тепла. В будущем, при благоприятных условиях, в течение нескольких лет способен увеличивать прочность. Доля белита может содержаться от 15 до 40%.

Трехкальциевый алюминат $3CaO \cdot Al_2O_3$ (C_3A). Имеет наибольшую химическую активность среди основных минералов портландцементного клинкера. Про-

цесс его гидратации завершается на первые сутки твердения, при этом выделяется самое максимальное количество теплоты. Продукт твердения трехкальциевого алюмината имеет низкую долго-вечность. Содержание в портландцементе C_3A колеблется от 2 до 15%.

Четырехкальциевый алюмоферрит (целит) $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ (C_4AF). Взят в качестве клинкерного минерала как среднее значение среди минералов, содержащихся в портланд-цементном клинкере алюмоферритов кальция переменного состава. По химической активности занимает среднее положение между C_3A и алитом. Продукт гидратации имеет прочность, меньшую, чем у алита. В портландцементе C_4AF может быть от 10 до 20%.

1.2 Глинозёмистый цемент

Глинозёмистый и высоко глинозёмистый цементы получают с помощью помола соответственно глинозёмистого и высоко глинозёмистого клинкера, отличающихся по минералогическому составу от портландцементного клинкера. Если основу портландцементного клинкера составляют высокоосновные силикаты кальция, а содержание глинозёма (Al_2O_3) в клинкере обычно не превышает 5-7%, то клинкер глинозёмистого и высокоглинозёмистого цементов в качестве основных минералов содержит низкоосновные алюминаты кальция (CaO/Al_2O_3), а содержание глинозёма в таких цементах находится в пределах от 35% для ГЦ до 60-80% для ВГЦ (в соответствии с ГОСТ 969).

Для глинозёмистого цемента основным минералом, определяющим комплекс его строительно-технических свойств, является моноалюминат кальция ($CaO \cdot Al_2O_3$), обеспечивающий быстрое нарастание прочности цементного камня и высокую марочную прочность: от 40 МПа для ГЦ-40 до 60 МПа для ГЦ-60, причём марочная прочность устанавливается по результатам испытаний образцов в 3-х суточном возрасте.

Глинозёмистый цемент - быстротвердеющее, высокопрочное гидравлическое вяжущее вещество. По скорости набора прочности и величине прочности в начальные сроки твердения ГЦ, превосходит быстротвердеющие ПЦ. Для глинозёмистого цемента характерен быстрый набор прочности после окончания схватывания.

вания, завершающийся обычно к 3-м суткам, падение ранней прочности, если твердение происходит при повышенных температурах (более 25°C), снижение прочности в длительные сроки. Глинозёмистый цемент наименее чувствителен к влиянию низких температур (выше 0°C) на скорость набора прочности.

1.2.1 Химический и минералогический состав глинозёмистых цементов.

Химический состав.

Раничные значения химического состава глинозёмистых цементов (количество оксидов, %): SiO₂ 15-5; Al₂O₃ 30-50; Fe₂O₃ 5-15; TiO₂ 1,5-2,5; CaO 35-45; MgO 0,5-1,5; SO₃ 0-1,2; K₂O 0-0,4; Na₂O 0-0,6.

Оксид кальция входит в состав почти всех минералов цемента. В глинозёмистом цементе количество CaO составляет 38-42%, в высокоглинозёмистом – 16-35%. Количество CaO менее 16% предопределяет низкую прочность цементного камня. Превышение CaO в высокоглинозёмистом цементе более 35% обуславливает снижение его жаростойких свойств.

В зоне алюминатных цементов трехкомпонентных систем CaO- Al₂O₃- SiO₂, в предположении равновесного состояния, встречаются следующие кристаллические соединения:

- 1) 12 CaO * 7 Al₂O₃- CaO * Al₂O₃-2 CaO* SiO₂;
- 2) CaO * Al₂O₃-2 CaO* SiO₂- 2CaO*Al₂O₃* SiO₂;
- 3) CaO * Al₂O₃- CaO * 2Al₂O₃-2CaO*Al₂O₃* SiO₂;

В любой группе алюминатных цементов при наличии SiO₂ образуется или C₂S или C₂AS. Равновесное состояние, не обходимое для образования кристаллических соединений при реакциях в высоковязких или твердых растворах, достигается в очень редких случаях. Если содержание SiO₂ в сырье велико и из него образуется геленит, то в процессе образования геленита на 4,55-кратное количество SiO₂ уходит 1,69- кратное количество Al₂O₃. Поэтому не выгодно применять бокситы с высоким содержанием SiO₂. Содержание SiO₂ в лучших алюминатных цементах изменяются в пределах 3,5-8,0%. Верхние границы содержания SiO₂ около

15%. Цементы, в которых более 18% SiO_2 , содержат большое количество C_3AS и C_2AS и обладают низкой активностью.

1.3. Классификация добавок

1) Добавки, регулирующие свойства бетонных и растворных смесей:

- Пластифицирующие;
- Суперпластифицирующие;
- Водоредуцирующие;
- Суперводоредуцирующие;
- Водоредуцирующие;
- Стабилизирующие;
- Регулирующие сохраняемость подвижности;
- Увеличивающие воздухо- (газо) содержание.

2) Добавки, регулирующие свойства бетонов и растворов:

- регулирующие кинетику твердения:
- ускорители,
- замедлители;
- повышающие прочность;
- снижающие проницаемость;
- повышающие защитные свойства по отношению к стальной арматуре;
- повышающие морозостойкость;
- повышающие коррозионную стойкость;
- расширяющие.

3) Добавки, придающие бетонам и растворам специальные свойства:

- противоморозные:
- для "холодного" бетона,
- для "теплого" бетона;
- гидрофобизирующие;
- фотокаталитические.

4) Минеральные добавки

Минеральные добавки в зависимости от характера взаимодействия с продуктами гидратации цемента подразделяют на типы:

- тип I – активные минеральные;
- тип II – инертные минеральные.

Активные минеральные добавки подразделяют на следующие группы:

- обладающие вяжущими свойствами;
- обладающие пуццолановой активностью;
- обладающие одновременно вяжущими свойствами и пуццолановой активностью.

1.4 Пластификаторы

Пластификатор – это добавка для цементных и бетонных растворов различного назначения, которая воздействует на определенные свойства материала. Это позволяет получать конструкции и поверхности высокого качества.

При гидратации цемента добавки-пластификаторы быстро адсорбируются на первичных гидратных новообразованиях, поэтому содержание C_3A в портландцементе является одним из основных факторов, определяющих эффективность действия данных добавок. Это обусловлено исключительно высокой гидратационной активностью минерала и образованием в результате реакции фаз с высоким содержанием кристаллизационной воды (гексагональных (C_4AH_{13}) и кубических (C_3AH_6) гидроалюминатов кальция). Гидратация C_3A протекает очень интенсивно и характеризуется отсутствием индукционного периода.

Адсорбция C_3A добавок-пластификаторов на несколько порядков выше адсорбции на силикатных минералах той же дисперсности.

При адсорбции ПАВ на центрах кристаллизации алюминий содержащих фаз происходит их стабилизация, заключающаяся в уменьшении скорости роста и накоплении большого количества мельчайших частиц новообразований (часто рентгено-аморфных или плохо закристаллизованных), т. е. дисперсность возникающих структур твердения при введении повышенных концентраций ПАВ возрастает. Это относится как к размерам твердой фазы, так и к среднему эффективному диаметру пор и капилляров.

Таким образом, добавки ПАВ, вводимые в небольших количествах – 0,2...0,25 %, замедляют процессы гидратации и твердения цемента, прежде всего вследствие экранирования его зерен адсорбционными слоями.

1.5 Поликарбоксилаты

Гиперпластификаторы являются последним поколением суперпластификаторов на основе поли-карбоксилатных полимеров. ГП – это поликарбоксилатные эфиры.

Одним из путей повышения прочности является введение добавок ПАВ, обеспечивающих за счет водоредуцирования получение более плотного и прочного цементного камня. Целесообразно вводить добавки на нафталиновой основе (С-3) и в особенности – на основе эфиров поли-карбоксилатов (РСЕ). Оптимальные дозировки С-3 составляют 0,2-0,4%, при этом нормальная густота снижается до 18-20%, активность цемента к 7 суток возрастает с 40-50 МПа до 60-70 МПа. Использование добавок на основе эфиров поликарбоксилатов – Melflux М 1641 0,2-0,5% обеспечивает снижение нормальной густоты вяжущего с 27-28% до 16-17%, прочность возрастает на цементном камне до 100 МПа и более, активность вяжущего по ГОСТ 301.4 повышается до 70-80 МПа. Более эффективные добавки Melflux 2641, 2641F и 2651 обеспечивают аналогичное действие при несколько меньших дозировках.

Действие пластификаторов нового типа Melflux основано на совокупности электростатического и стерического (пространственного) эффекта, который достигается с помощью боковых гидробиофильных полиэфирных цепей молекулы поликарбоксилатного эфира. За счет этого, водоредуцирующее действие таких суперпластификаторов в несколько раз сильнее, чем у обычных.

2 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1 Исходные материалы

2.1.1 Силикатные цементы

ЦЕМ I 42,5Н - наиболее быстро затвердевающий цемент.

Чрезвычайно устойчив к влажности и низким температурам. Данный класс цемента обладает высокой водо-стойкостью, благодаря чему пользуется большой популярностью при строительстве подводных и подземных сооружений, подвергающихся действию пресных и минерализованных вод. Высокая 28-дневная прочность при прочих равных условиях позволяет сократить расход цемента на 1 м³ бетонной смеси и понизить его себестоимость. Повышенная прочность цемента при пропаривании позволяет увеличить оборачиваемость форм, снизить время тепло-влажностной обработки (ТВО) и/или расход тепла при ТВО. Повышенная стойкость бетона, изготовленного на данном цементе, к воздействию агрессивных сред из-за низкого содержания щелочей. Высокая стойкость к морозу, влаге и длительный срок эксплуатации.

2.1.2. Глиноземистый цемент

Secar 38 Глиноземистый цемент - быстро твердеющее гидравлическое вяжущее вещество на основе алюминатов кальция.

Достоинства алюминатного цемента Secar 38:

- Быстрое схватывание. Сроки схватывания могут быть изменены введением замедлителей (борной кислоты, буры, хлористого кальция и т.д.) или ускорителей (известь, портландцемент, гипс и т.д.)
- Быстрый набор прочности за короткий срок
- При гидратации не образуется свободная известь
- Быстрое твердение с выделением большого количества тепла (необходимо для зимнего бетонирования)
- Абразивная и коррозионная стойкость (за счет повышенной плотности цементного камня)
- Огнестойкость и термическая устойчивость.
- Ciment Secar соответствует требованиям ГОСТ 969-91

Свойства цемента Secar 38:

- $Al_2O_3 > 35.0\%$
- Начало схватывания чистого цемента $\rightarrow 45$ мин.,
- Конец схватывания чистого цемента
- Прочность на сжатие через 24 часа $> 22,5$ МПа,
- Прочность на сжатие через 72 часа > 40 МПа,
- Растекаемость через 15 мин $> 30\%$.
- Удельный вес глиноземистого цемента – 3,1.
- Объемный вес – 1000–1300 кг/м³ в рыхлом и 1600–1800 кг/м³ в уплотненном состоянии.
- Применение алюминатного (глиноземистого) цемента:
- Изготовление бетонных и железобетонных сооружений, когда расчетная прочность бетона должна быть достигнута в течение 1-х, 2-х, или 7-х суток.
- Строительство морских и подземных сооружений, где требуется повышенная сульфатостойкость.
- Тампонирующее холодных нефтяных скважин, тампонирующее трещины в породах при большом дебите воды.
- Заделка пробоин в судах морского транспорта.
- Быстрое устройство фундаментов под машины, заливка анкерных болтов, восстановление поврежденных зданий и мостов.
- Изготовление сборных железобетонных изделий на заводах ЖБИ и строительных площадках, где глиноземистый цемент играет роль ускорителя твердения бетона.
- Изготовление емкостей и других сооружений, где глиноземистый цемент придает повышенную стойкость против органических кислот, соединений серы, серной кислоты, молочной кислоты, соляного раствора, крахмала.
- Изготовление огнеупорных бетонов и штучных изделий с огнеупорностью до 1700 °С,
- Производство сухих строительных смесей,

- Производство огнеупорных смесей.

2.1.3 Добавка ПОЛИПЛАСТ СП-1

По своим потребительским свойствам «ПОЛИПЛАСТ СП-1» соответствует требованиям ГОСТ 24211 для пластифицирующих и водо-редуцирующих добавок.

Добавка «ПОЛИПЛАСТ СП-1» представляет собой смесь натриевых солей поли-метилена-нафталинсульфо-кислот различной молекулярной массы. Добавка производится двух типов: с ненормируемым воздухововлечением и при добавлении воздуховодавляющего компонента – с пониженным (нормируемым) воздухововлечением (тип ВП).

2.1.4 Добавка DEGASET PC 8500

Degaset PC 8500 – новое поколение высоко-молекулярных полимерных добавок, уменьшающих В/Ц, повышающих удобоукладываемость и физико-механические свойства бетона.

Таблица 1 – Технические характеристики.

Химическая основа	Поликарбоксилаты
Цвет, внешний вид	Янтарная жидкость
рН	4-8
Плотность, г/см ³	1,08±0,02
Содержание хлорида, (%)	<0,1 (EN 480-10)
Содержание щёлочи, (%)	<10 (EN 480-12)
Соответствует	ГОСТ-24211, ТУ 5745-001-21553996-13

Преимущества добавки:

- Повышает раннюю и конечную проч-ность бетона при сжатии и изгибе, и водонепроницаемость;
- Совместим с большинством видов цемента за счёт использования комплекса полимеров М-типа;
- Высокий водоредуцирующий эффект позволяет производить бетон с пониженным В/Ц;

- Позволяет производить высокоподвижные смеси, исключая водоотделение и сегрегацию;
- Обладает моментальным диспергирующим эффектом за счёт использования полимеров F-типа;
- Позволяет снизить время распалубки (увеличить оборачиваемость форм);
- Улучшает качество поверхности бетона после распалубки;
- Снижает трудоёмкость процесса укладки бетонной смеси и продолжительность виброуплотнения;

Область применения:

- Производство сборного железобетона;
- Самоуплотняющийся бетон (SCC);
- Производство предварительно напряжённого бетона с низким В/Ц;
- Производство промышленных полов и специальных видов бетона.

Degaset PC 8500 добавляют в количестве 0,3-1,5% от массы вяжущего. Заполнители и вяжущее (цемент, щебень, песок, зола, доменный шлак и др.) должны быть перемешаны до однородной массы. В сухую бетонную смесь вводят 70% воды затворения, после этого вводится добавка Degaset PC 8500 с оставшейся частью воды затворения.

2.1.5 Добавки Melflux 1641F и Melflux 2651F

Большой интерес представляют новые добавки-суперпластификаторы, в особенности – на поликарбонатной основе, обладающие повышенным водоредуцирующим эффектом (PCE) [68,70]. Это добавки концерна BASF, компании Sisso и некоторых других производителей. На рынке широко представлены жидкие добавки Glenium и Sisso, а также сухие – Melflux концерна BASF. Для производства сухих смесей и модификации вяжущих пригодны только сухие добавки. Это Melflux 1641F, 2651F.

Это добавки нового поколения, основанные на видоизменённом многокарбонильном эфире [70]. Они являются мощными пластификаторами, состоят из группы подвижных молекул, включающих в себя функциональные группы цепей

различной длины. При гидратации цемента вода частично поглощается гранулами цемента, что смягчает гранулы. Вокруг гранул образуется гель; через определенное время гель уплотняется и превращается в твердую цементную массу. Молекулы РСЕ начинают обволакивать гранулы цемента еще во время смешивания (реакции), что увеличивает количество отрицательных частиц на поверхности цемента и служит причиной электро статического отталкивания. В результате – быстро развивающаяся дисперсия гранул цемента, что улучшает качество вяжущего, несмотря на низкое содержание воды.

Для гидратации цемента в бетоне требуется относительно низкое количество воды (25% от веса цемента). Однако, такое количество воды недостаточно для получения нужной удобо укладываемости бетонной смеси. На практике добавляется большее количество воды в цемент. Этот избыток воды испаряется после застывания цемента, образуя воздушные пустоты – капиллярные поры. Низкая капиллярная пористость – показатель высокого качества бетона. Меньшее количество воды, ниже капиллярная пористость и большая долговечность – вот что ограничит вход агрессивных загрязнителей в бетон. Бетон с глениумом обеспечивает намного лучшие результаты с капиллярной пористостью (более чем на 50% сокращена).

Преимущества:

- сильное разжижение бетонной смеси;
- очень длительное сохранение бетонной смеси;
- не сильно вовлекает воздух при приготовлении смесей;
- возможно совместное применение с воздухововлекающими добавками;
- повышение конечной прочности бетона;
- уменьшает склонность бетона к усадке.

2.2 Методы исследования

Свойства вяжущих оценивались по стандартным методикам, которые приведены ниже.

2.2.1 Определение нормальной плотности цементного теста

Цементным тестом называют смесь цемента и воды. Плотность цементного теста (по ГОСТ 310.3-76) определяют на приборе Вика (рис. 1).

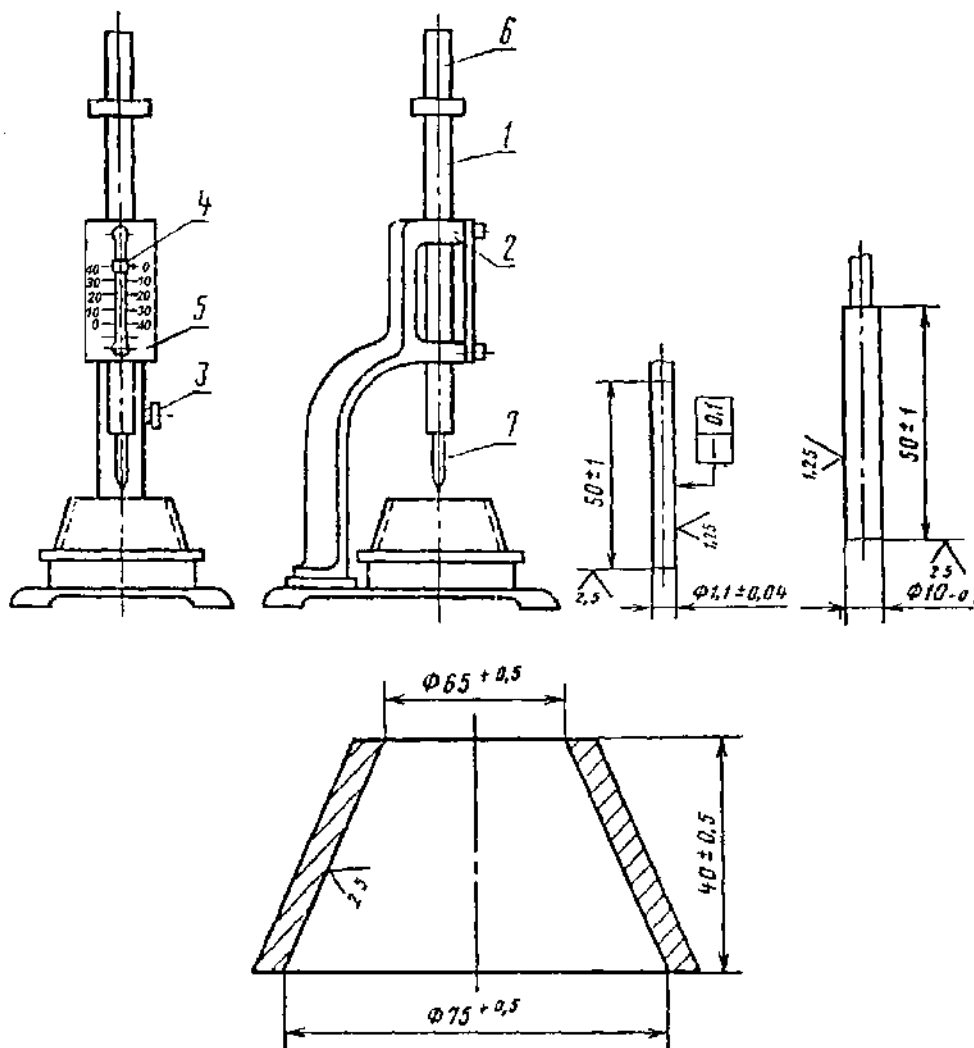


Рисунок 1 – Прибор Вика (а) и приспособления к нему (б-г):

- 1 – цилиндрический металлический стержень; 2 – обойма станины;
3 – стопорное устройство; 4 – указатель; 5 – шкала; 6 – пестик; 7 – игла.

Основа прибора – подвижный металлический стержень с указателем. Стержень может быть закреплен на определенной высоте с помощью стопорного винта. Шкала с делениями от 0 до 40 мм укреплена на станине. В нижнюю часть

стержня вставляется стальной пестик с полированной поверхностью. Снизу на станину устанавливают пластину и коническую форму-кольцо.

Перед началом испытаний необходимо проверить опускается ли стержень, если необходимо – смазать маслом. Пестик нужно осмотреть, очистить влажной тканью. Указатель должен быть установлен на нуле при опирании пестика на пластину. Кольцо и основание необходимо также смазать машинным маслом.

При приготовлении цементного теста необходимо взять определенное количество цемента (выбирается в зависимости от количества образцов) и воды. Приготовление цементного раствора должно производиться по стандартной схеме (желательно одним человеком) для уменьшения погрешности: цемент высыпается в металлическую сферическую чашу, протертую влажной тканью. Готовое тесто помещается в кольцо прибора Вика, которое встряхивается и устанавливается на столик прибора. Излишки раствора срезаются металлической линейкой. После стержень опускается до соприкосновения пестика с поверхностью теста и фиксируется. Затем винт освобождается, а пестик свободно погружается в цементное тесто. Через 30 секунд от начала погружения производится отсчет глубины пестика по шкале прибора.

2.2.2 Определение сроков схватывания

Сроки схватывания определяют на цементном тесте нормальной густоты с помощью прибора Вика (рис. 1). Готовое тесто помещают в кольцо и устанавливают на столик прибора. Стержень опускают до соприкосновения с поверхностью теста и закрепляют винтом. Затем винт освобождают, давая стержню с иглой свободно погружаться в тесто.

Погружение иглы производится через каждые 10 минут. После каждого погружения иглу вытирают.

Началом схватывания цементного теста считают время, прошедшее с начала затворения цементного теста до момента, когда игла не доходит до пластинки на 1...2 мм; концом схватывания – время от начала затворения до момента, когда игла опускается в тесто более чем на 1...2 мм.

2.2.3 Определение марки цемента

Марка цемента определяется по прочности на сжатие изгиб стандартных образцов размером 40×40×160 мм, изготавливаемых из цементно-песчаного раствора 1:3 нормальной густоты после необходимого срока твердения (3 су-ток для глиноземистого цемента) в стандартных условиях (по ГОСТ 310.4 – 81).

При определении марки используется стандартный песок, что позволяет исключить влияние песка на прочность испытуемого цемента. Стандартный песок представляет собой чистый кварцевый песок (содержание SiO₂ ≥ 98%, потери при прокаливании ≤ 0,05%, влажность ≤ 0,2%). По стандарту можно использовать песок двух зерновых составов:

- монофракционный (содержание зерен фракции 0,9...0,5 м не менее 91%)
- полифракционный

Зерновой состав полифракционного песка приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Зерновой состав полифракционного песка

Фракция, мм	2,0...1,0	1,0...0,5	0,5...0,16	0,16...0,08
Частный остаток, %	33 ± 5	33 ± 5	10 ± 5	12 ± 1

Для приготовления необходимого количества раствора нормальной консистенции состава 1:3 отвешивается 500 г цемента и 1500 г песка, навески высыплются в предварительно протертую влажной тканью металлическую чашу. Перемешивание песка с цементом производится в течение 1 минуты. Затем в центре сухой смеси делается лунка и выливается вода. В течение 0,5 мин вода впитывается, после чего смесь перемешивается вручную при помощи круглого шпателя в течение 5 минут. По окончании перемешивания определяется консистенция раствора, для чего используется встряхивающий столик. Встряхивающий столик представляет собой металлический диск, который при вращении рукоятки поднимается на 10 мм, а затем резко падает. Таким образом, имитируется виброуплотнение раствора. На столик ставится металлическая форма с загрузочной воронкой. Внутреннюю поверхность конуса и столика протирают влажной тряпкой.

Раствор укладывают в форму в два приема (слоями равной толщины), каждый слой уплотняется штыковой. Нижний слой штыкуется 15 раз, верхний –

10 раз. Штыкование ведется от периферии к центру, форма при этом придерживается. Далее загрузочная воронка снимается, излишки раствора снимаются металлической линейкой, форма-конус удаляется.

Полученный конус цементного раствора встряхивается на столике 30 раз в течение (30 ± 5) с. Затем штангенциркулем или металлической линейкой измеряется диаметр конуса по нижнему основанию в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Берется среднее значение.

Консистенция раствора считается нормальной, если расплыв конуса составляет 106...115 мм. Если расплыв конуса меньше 106 мм или раствор при встряхивании рассыпается, следует приготовить новую порцию, увеличивая количество воды. Водоцементное отношение, полученное при достижении расплыва конуса 106...115 мм принимается для дальнейших испытаний. Погрешность определения В/Ц не более 0,01.

Для изготовления образцов используется стандартная форма, детали которых выполнены из стали или чугуна. Продольные и поперечные стенки форм должны плотно прилегать друг к другу.

Перед заполнением формы раствором ее внутренние поверхности смазывают машинным маслом. На форму устанавливается металлическая насадка, облегчающая укладку бетонной смеси. После этого форма жестко закрепляется в центре лабораторной виброплощадке.

Виброплощадка состоит из станины, к которой прикреплены пружинами рама с установленной на ней площадкой. Колебательные движения создает прикрепленный к виброплощадке электродвигатель, на валу которого эксцентрично закреплен груз.

Форма заполняется примерно на 1 см раствором, после чего виброплощадка включается. В течение 2 минут вибрации все гнезда раствора формы заполняются раствором. По истечении 3 минут с начала вибрации виброплощадка отключается, а форму снимают. Далее смоченной металлической линейкой срезается излишек раствора, поверхность заглаживается. Образцы необходимо маркировать.

Образцы хранятся в формах в течении первых 6 часов в ванне с гидравлическим затвором, затем осторожно извлекаются из них и помещаются в ванну с гид-

равлическим затвором так, чтобы они не соприкасались друг с другом. Вода должна покрывать образцы не менее чем на 2 см. Температура воды должна быть $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

По истечению срока хранения, часть образцов извлекают из ванны и не позднее чем через 1 час подвергают испытанию. Оставшуюся часть подвергают испытаниям через 3 суток с момента изготовления. Непосредственно перед испытанием образцы – балочки насухо вытирают. Сначала балочки испытывают на изгиб, а затем каждую половинку – на сжатие.

Определение прочности на изгиб производится на машинах, обеспечивающих нарастание нагрузки в среднем $(50 \pm 1)\text{Н}$ в секунду. Образец устанавливается на опорные элементы пресса таким образом, чтобы его горизонтальные при изготовлении грани находились в машине в вертикальном положении. Испытание образцов производят в соответствии с инструкцией.

Прилагаемой к испытательной машине. Предел прочности при изгибе испытываемого образца вычисляется как среднее арифметическое двух наибольших значений результатов испытания трех образцов.

Полученные после испытания на изгиб половинки балочек сразу же следует подвергнуть испытанию на сжатие на прессах с предельной нагрузкой 200...500 кН. Чтобы результаты испытаний половинок балочек были сопоставимы, несмотря на разный размер, используют металлические пластинки, через которые нагрузка от плит пресса передается на образец. Пластинки изготовлены из нержавеющей стали и имеют плоскую полированную поверхность. Площадь поверхности пластинки, соприкасающейся с образцом, равна 25 см^2 .

Половинку балочки помещают между двумя пластинками так, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегали к продольным стенкам формы, находились на плоскостях пластинок, а упоры пластинок плотно прилегали к торцевой гладкой грани образца. Образец вместе с пластинками центрируют на опорной плите пресса. Средняя скорость нарастания нагрузки на образец при испытании должна составлять $(5 \pm 1,25)\text{ кН}$ в секунду.

Предел прочности каждого образца вычисляется по формуле:

$$R_{\text{сж}} = 10 (F_{\text{раз}} / S), \quad (2)$$

где $F_{\text{раз}}$ – разрушающая нагрузка, кН; S – площадь пластинок, см^2 .

Предел прочности при сжатии цемента вычисляется по результатам шести испытаний как среднее арифметическое четырех наибольших результатов.

Марка цемента определяется по результатам определения прочности цемента при сжатии и изгибе методом сравнения их с требованиями ГОСТа.

Кроме того, при выборе добавок прочностные свойства цемента оценивали по прочности цементного камня – на образцах $20 \times 20 \times 20$. Образцы – нормального твердения, изготовленные из теста нормальной густоты.

2.2.4 Метод определения прочности бетона на сжатие и изгиб

Прочность бетона на сжатие определяют на образцах, изготовленных по ГОСТ 10180. Отбор проб – по ГОСТ 18105. Время от момента приготовления бетонной смеси до изготовления образцов для бетонов на глиноземистом цементе не должно превышать 30 минут. Для бетонов со средней плотностью свыше 1500 кг/м^3 на высокоглиноземистом цементе перерыв между приготовлением бетонной смеси и изготовлением образцов не должен превышать 1 час.

При испытании бетона на сжатие применяется гидравлический пресс. Для испытаний формуется образцы – кубы из проб бетонной смеси. Перед бетонированием внутренних поверхности форм смазывают минеральным маслом. После виброуплотнения формы накрывают влажной тканью и оставляют на 24 часа при комнатной температуре. После образцы распалубливают и хранят в камере нормального твердения при влажности 95%.

Все образцы одной серии испытывались в расчетном возрасте, причем испытания длились не более часа (согласно требованиям нормативной документации). Образец устанавливался строго по центру, нагружение производить непрерывно со скоростью $0,4 \dots 0,6 \text{ Мпа/с}$. Время нагружения одного образца не менее 30 секунд. Максимальное усилие, достигнутое при испытании, принималось за разрушающую нагрузку.

Прочность бетона в серии определялась как среднеарифметическое значение.

3. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЧАСТЬ

3.1 Испытания на прочность

3.2.1 Силикатные цементы

Показатели прочности на силикатных цементах представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Показатели прочности силикатных цементов

Цемент	Добавка	Содержание добавки, %	НГ, %	Прочность на сжатие в возрасте 1 сут, МПа	Прочность на сжатие в возрасте 7 сут, МПа	Прочность на сжатие в возрасте 28 сут, МПа
ЦЕМ I 42,5Н	Без добавки	-	26,75	14	41,3	49,6
ЦЕМ I 42,5Н	ПОЛИПЛАСТ СП-1	0,8	21,75	4,7	48,4	56,7
ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н	Без добавки	-	27,75	4,4	33,7	40,5
ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н	ПОЛИПЛАСТ СП-1	0,8	23	-	37,4	44,9
ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н	DEGASET PC 8500	1	20,5	6	40,5	48,7
ЦЕМ III/A 32,5Н	Без добавки	-	28,5	5,5	28,3	34
ЦЕМ III/A 32,5Н	ПОЛИПЛАСТ СП-1	0,8	23,25	-	32,5	39
ЦЕМ III/A 32,5Н	DEGASET PC 8500	1	20,75	3	42,7	51,2

3.2.2. Глиноземистые цементы

Показатели прочности на глиноземистых цементах представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели прочности силикатных цементов

Цемент	Добавка	Содержание добавки, %	НГ, %	Прочность на сжатие в возрасте 7 сут, МПа	Прочность на сжатие в возрасте 14 сут, МПа	Прочность на сжатие в возрасте 28 сут, МПа
Secar 38	Без добавки	-	25	28,2	35,3	44,5
Secar 38	Melflux 1641F	0,15	22,5	33,5	41,3	46,3
Secar 38	Melflux 1641F	0,25	21,25	36,5	44,6	46,7
Secar 38	Melflux 2651F	0,15	22,25	25	29	36,5
Secar 38	Melflux 2651F	0,25	21,25	37,3	40,7	56,2

3.2. Калориметрия

Все составы были помещены в адиабатический калориметр «ТАМ Air». После обработки результатов были получены следующие результаты (рис. 1, 2, 3, 4). Для удобства сравнения, представлены графики для каждого вида цемента.

Проанализировав графики, отчетливо видно, что для ЦЕМ II/A-III 32,5Н (рис. 1) и для ЦЕМ I 42,5Н (рис. 2) введение добавок «ПОЛИПЛАСТ СП-1» и «DEGASET PC 8500» понижает максимальную температуру разогрева смеси, а также замедляет процессы гидратации. В случае же с ЦЕМ III/A 32,5Н (рис. 3) введение добавки «ПОЛИПЛАСТ СП-1» не изменяет температуру, а введение «DEGASET PC 8500» повышает ее. Повышение температуры, скорее всего, связано с тем, что в добавке присутствует ускоритель, который начал реагировать с доменным гранулированным шлаком.

Для силикатных цементов прослеживается закономерность в том, что «ПОЛИПЛАСТ СП-1» сильнее замедляет процессы гидратации, нежели «DEGASET PC 8500». Это видно по смещению пиков тепловыделения.

Судя по тепловыделению добавки «ПОЛИПЛАСТ СП-1» и «DEGASET PC 8500» сдвигают начало интенсивности гидратации, вследствие чего замедляются процессы гидратации.

Для глиноземистого цемента Secar 38 введение добавок Melflux 1641F и Melflux 2651F в количестве 0,15% и 0,25% снижает тепловыделение, что подтверждает замедление процессов гидратации.

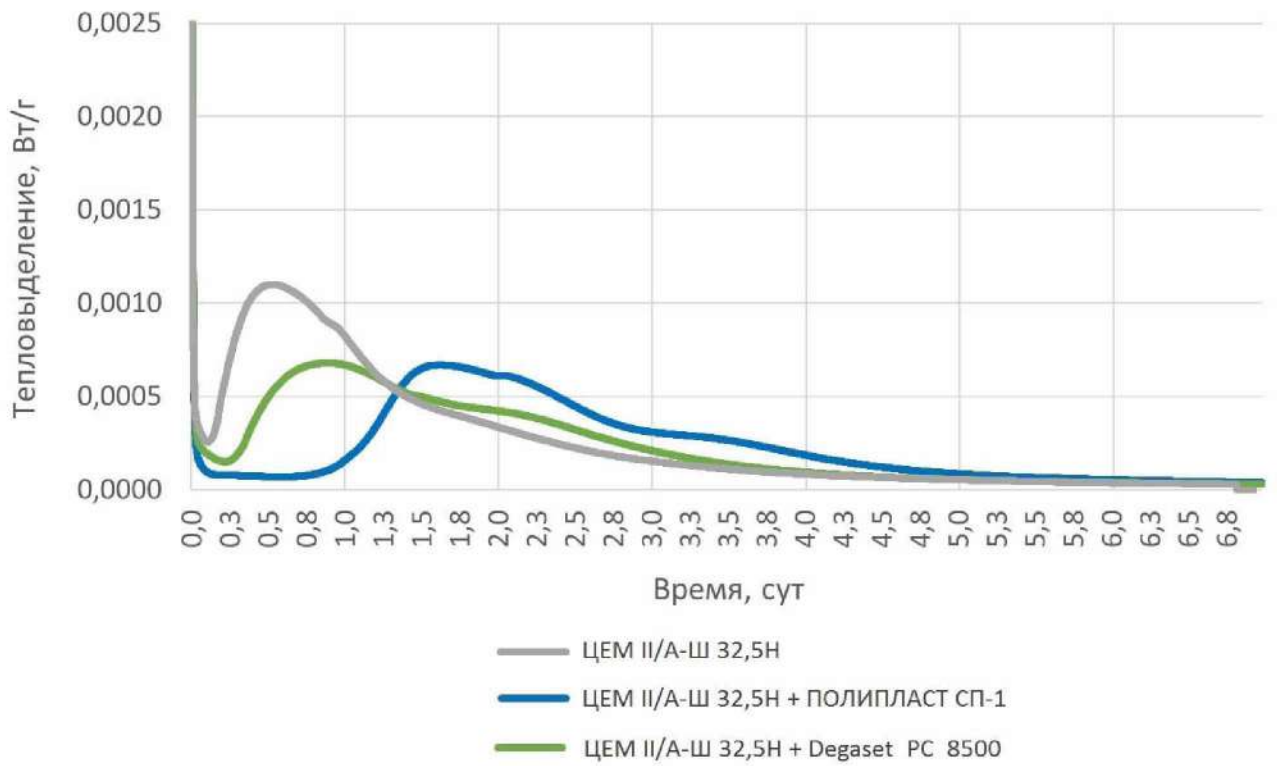


Рисунок 2 – Тепловыделение ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н

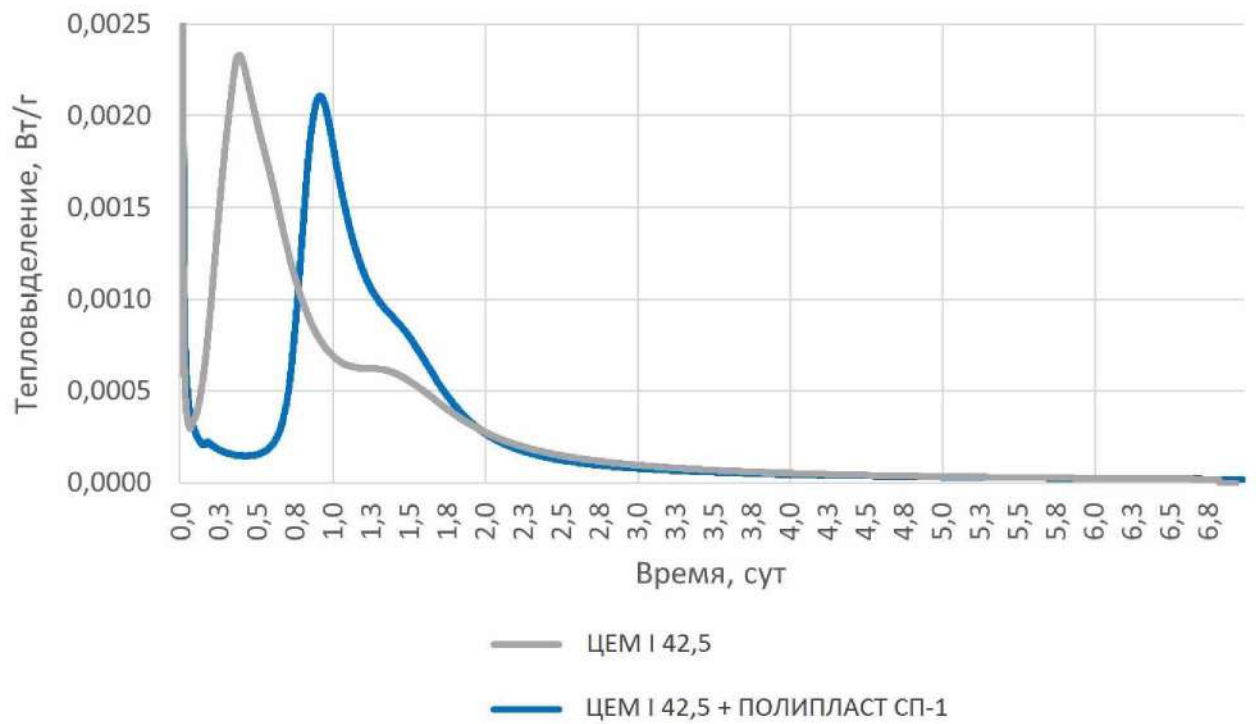


Рисунок 3 – Тепловыделение ЦЕМ I 42,5Н

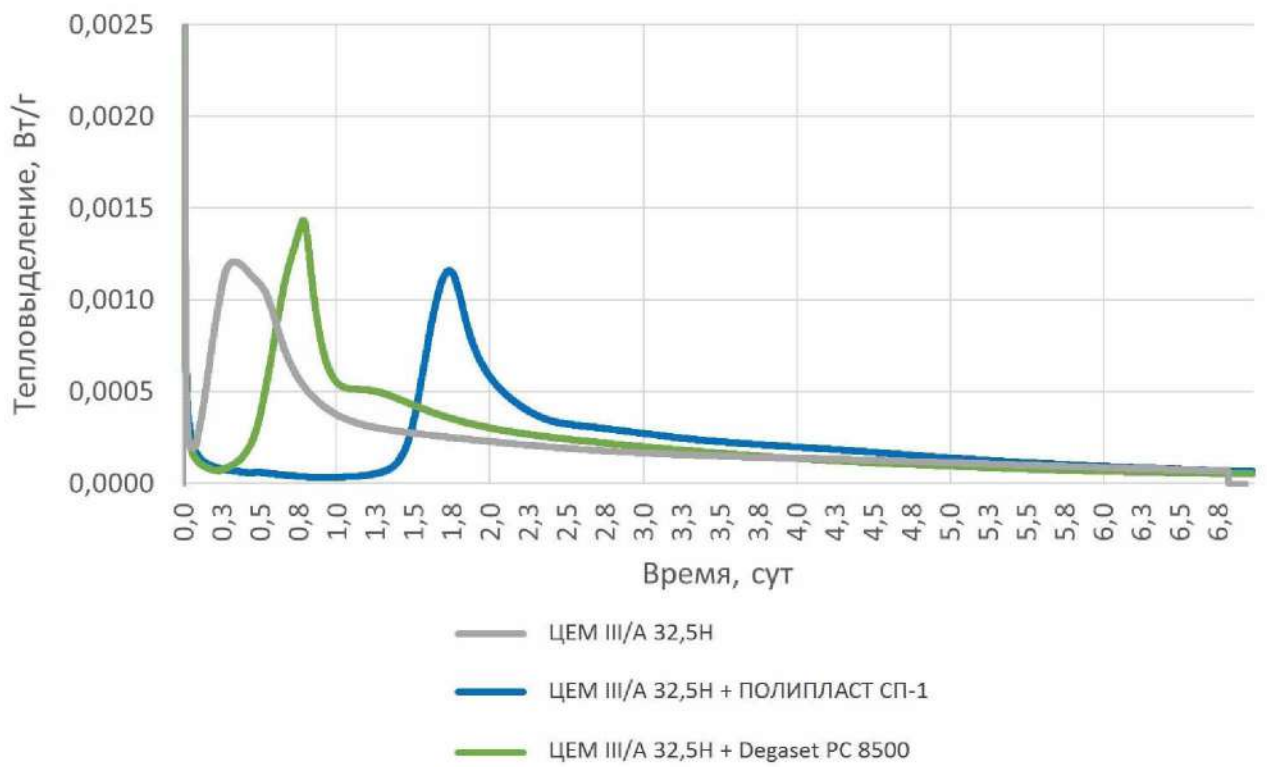


Рисунок 4 – Тепловыделение ЦЕМ III/A 32,5Н

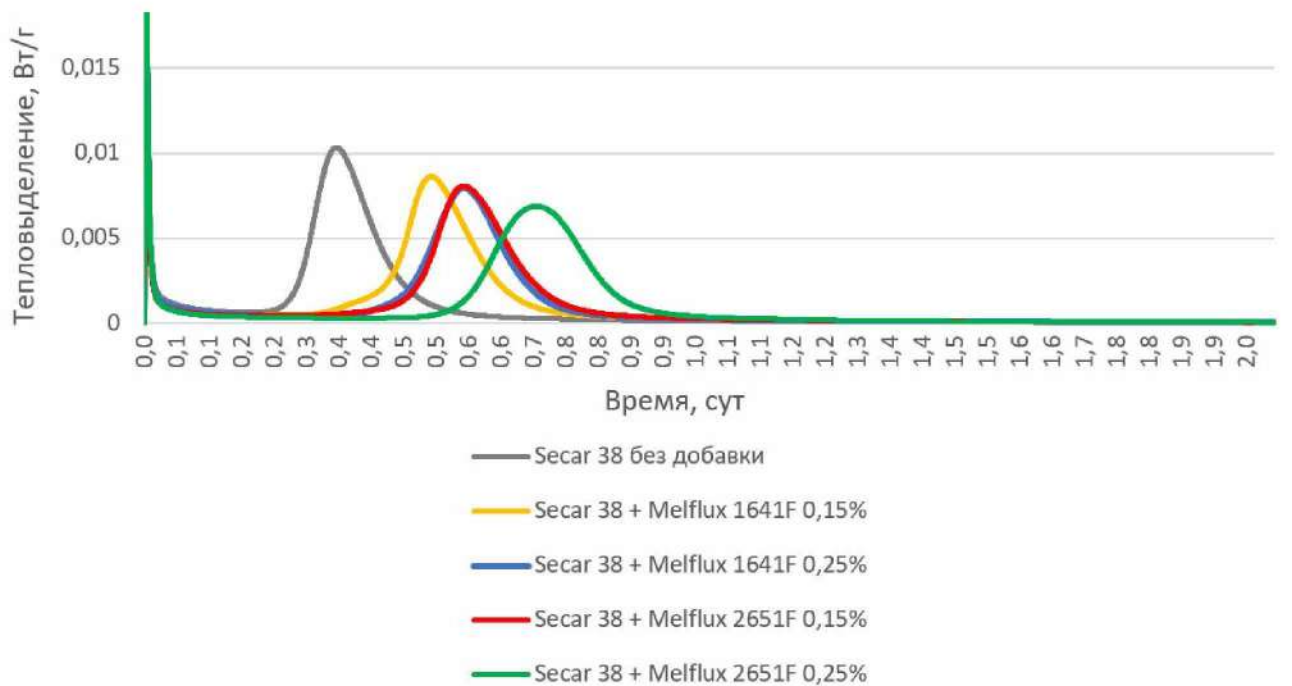


Рисунок 5 – Тепловыделение Secar 38

3.3. Рентгенограммы

Качественно составы оценивались с помощью рентгенофазового анализа.

3.3.1 Особенности состава цементного камня из глиноземистого цемента.

В трехсуточном возрасте (рис. 1) цементный камень представлен непрореагировавшими СА (2,96; 2,52; 2,41; 1,92) и их продуктами гидратации. Также присутствует медленно гидратирующийся β -C2S (2,85; 2,7).

Продукты гидратации представлены многочисленными слабыми отражениями диаспора (4,0; 2,31; 1,63), гиббсита (4,82; 4,34; 1,74) и СА_Н10 (14,3; 7,16; 2,26; 1,6) типичным для ранних сроков твердения гидроалюмината кальция. Отражения слабые так как они плохо закристаллизованы (это подтверждается большой шириной пиков).

В 7 суточном возрасте (рис. 2) слабеют интенсивности отражений СА (2,96; 2,52; 2,41; 1,92). Усиливаются отражения СА_Н10 (14,3; 2,26; 1,6), появляется бемит (6,9; 3,17; 1,84) и байерит (4,7; 3,19; 1,72).

В дальнейшем было исследовано влияние добавок Melflux 1641F, Melflux 2651F на состав и свойства цементного камня.

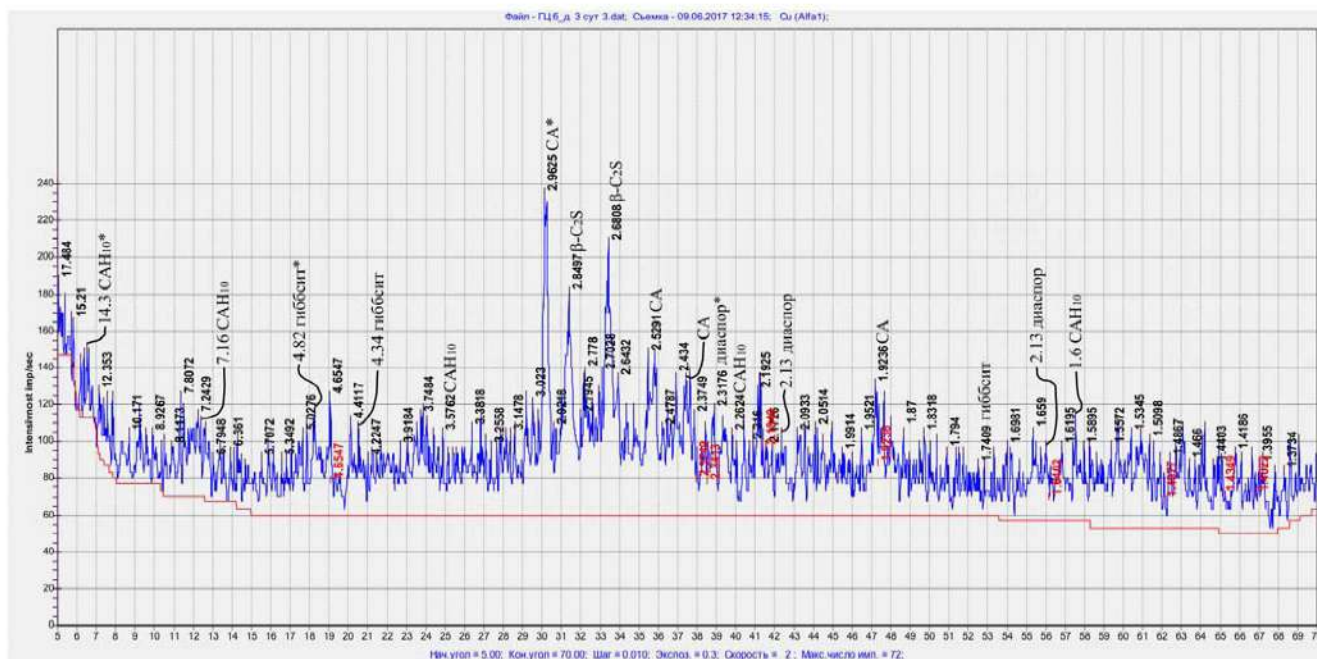


Рисунок 6 – Рентгенограмма цементного камня (ГЦ) в возрасте 3 сут.

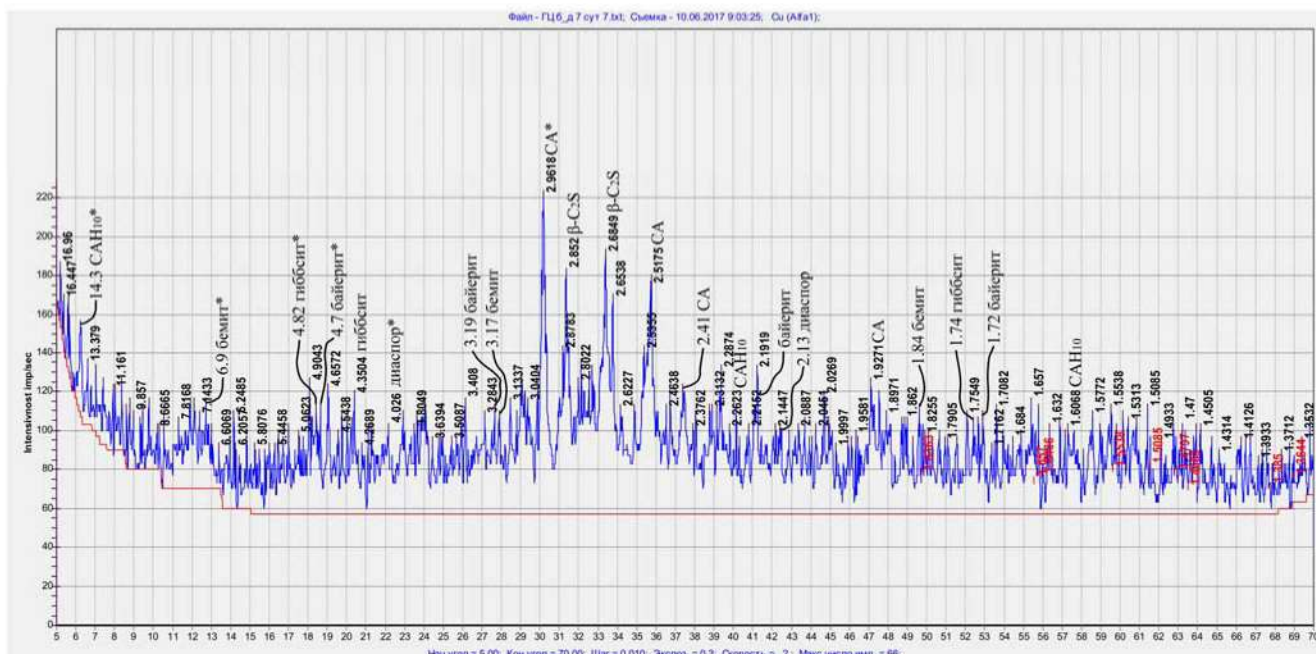


Рисунок 7 – Рентгенограмма цементного камня (ГЦ) в возрасте 7 сут.

3.3.2 Влияние добавок на основе эфиров поликарбоксилатов на особенности гидратации цементного камня.

В суточном возрасте РФА не выполнялся, так как прочность еще низкая, состояние продуктов гидратации аморфное, преобладают слабо закристаллизованные соединения.

В 3 суточном возрасте (рис. 3, 5) при введении добавки Melflux 1641F в количестве 0,15% и 0,25% в целом состав продуктов гидратации соответствует 3-суточным ГЦ бездобавочный (рис. 1). Снизились интенсивности САН₁₀, что свидетельствует о замедлении процессов и повышении степени аморфизации продуктов гидратации.

Отражения (4,7; 2,22; 1,72) принадлежит байериту, таким образом продукты гидратации представлены САН₁₀, байеритом, гиббситом и диаспором.

В 7 суточном возрасте (рис. 4, 6) цементный камень с Melflux 1641F с дозировкой 0,15% и 0,25% схож с 3 суточным возрастом (рис. 3). Как и в случае с бездобавочным ГЦ понизилась интенсивность СА, и повысилась продуктов гидратации.

Аналогичная картина наблюдается и с добавкой Melflux 2651F, только она еще в большей степени замедляет процессы гидратации.

Сравнение бездобавочного и добавочного цементного камня в 3 и 7 сутках показывает, что при введении добавок Melflux 1641F Melflux 2651F степень гидратации несколько ниже, но состав продуктов гидратации тот же. Что касается дозировок добавок (0,15% и 0,25%), то большого влияния их на фазовый состав цементного камня не наблюдается.

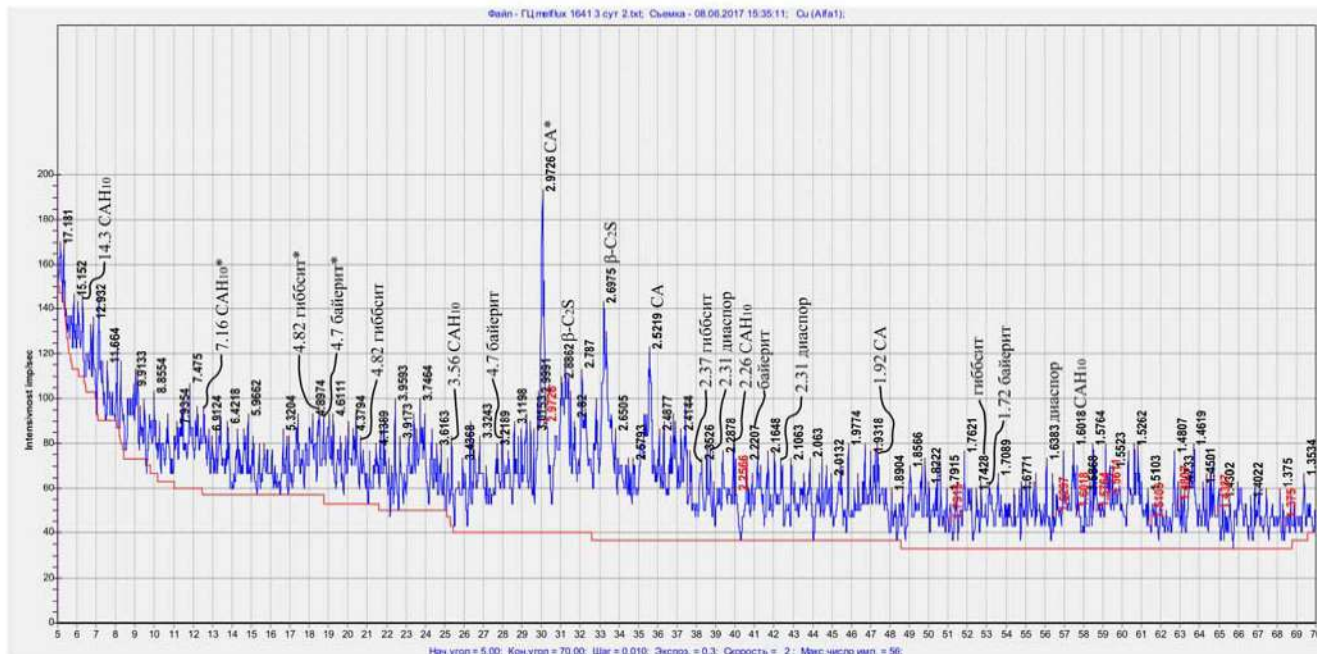


Рисунок 8 – Рентгенограмма цементного камня (ГЦ) с Melflux 1641F 0,15% в возрасте 3 сут.

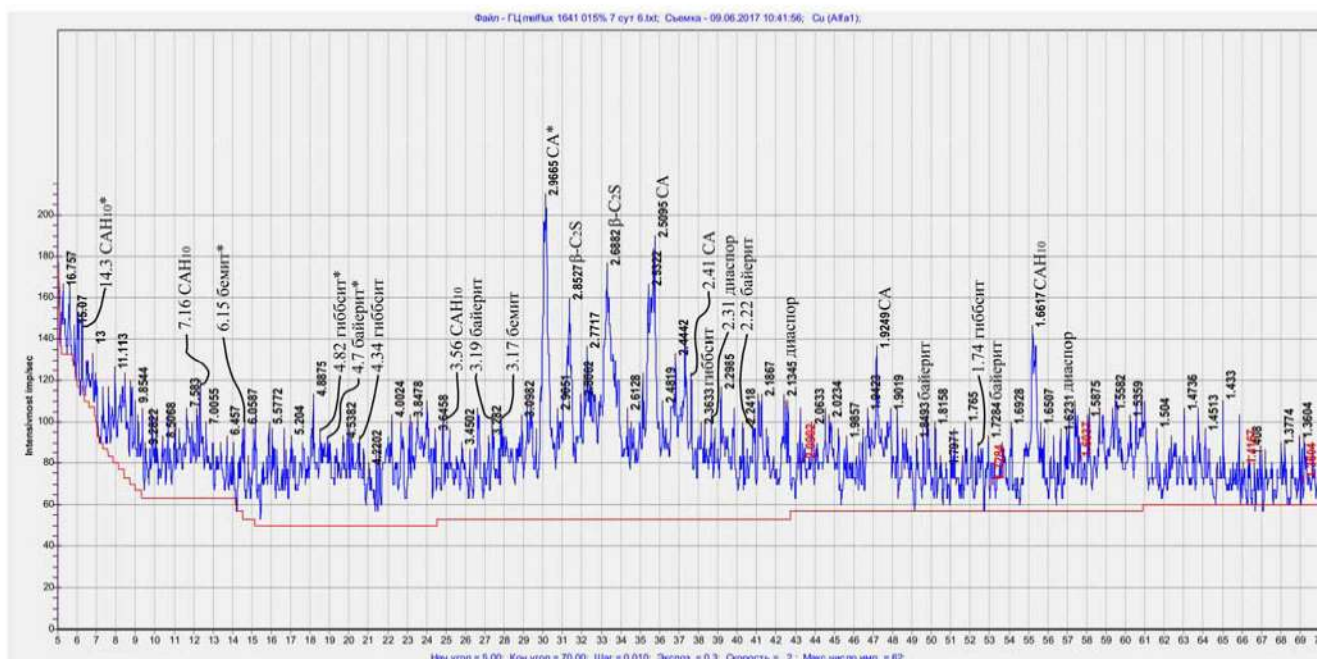


Рисунок 9 – Рентгенограмма цементного камня (ГЦ) с Melflux 1641F 0,15% в возрасте 7 сут.

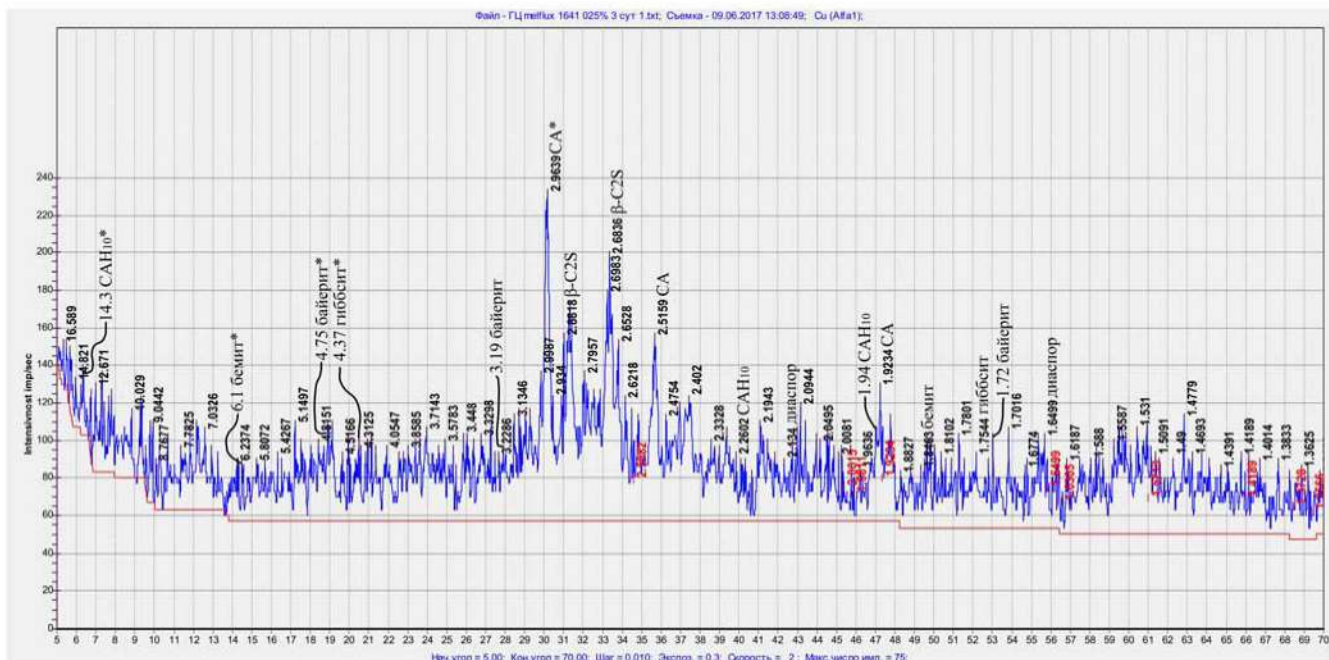


Рисунок 10 – Рентгенограмма цементного камня (ГЦ) с Melflux 1641F 0,25% в возрасте 3 сут.

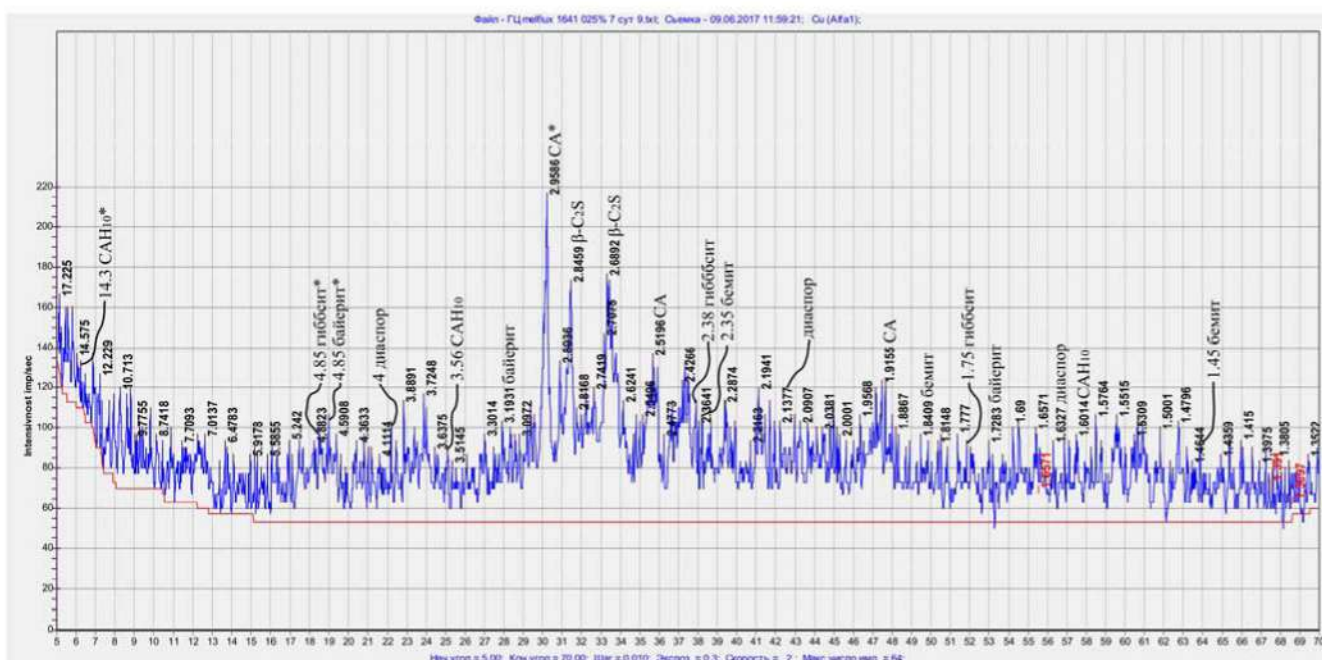


Рисунок 11 – Рентгенограмма цементного камня (ГЦ) с Melflux 1641F 0,25% в возрасте 7 сут.

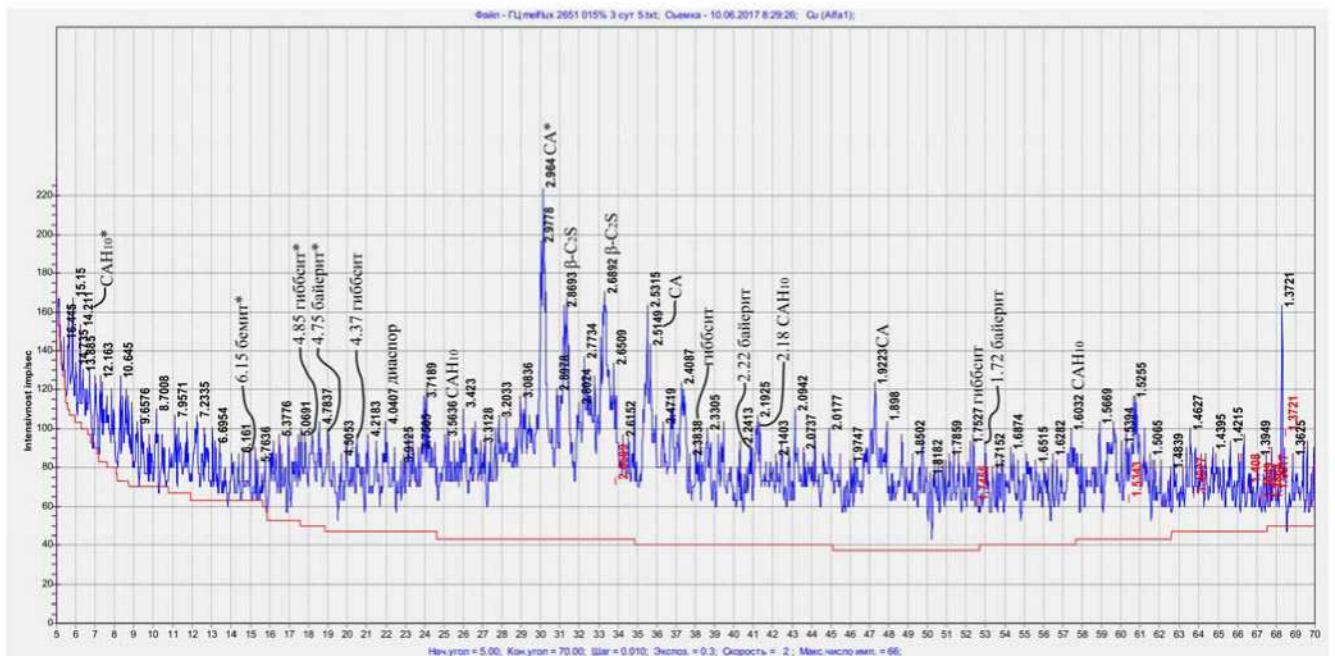


Рисунок 12 – Рентгенограмма цементного камня (ГЦ) с Melflux 2651F 0,15% в возрасте 3 сут.

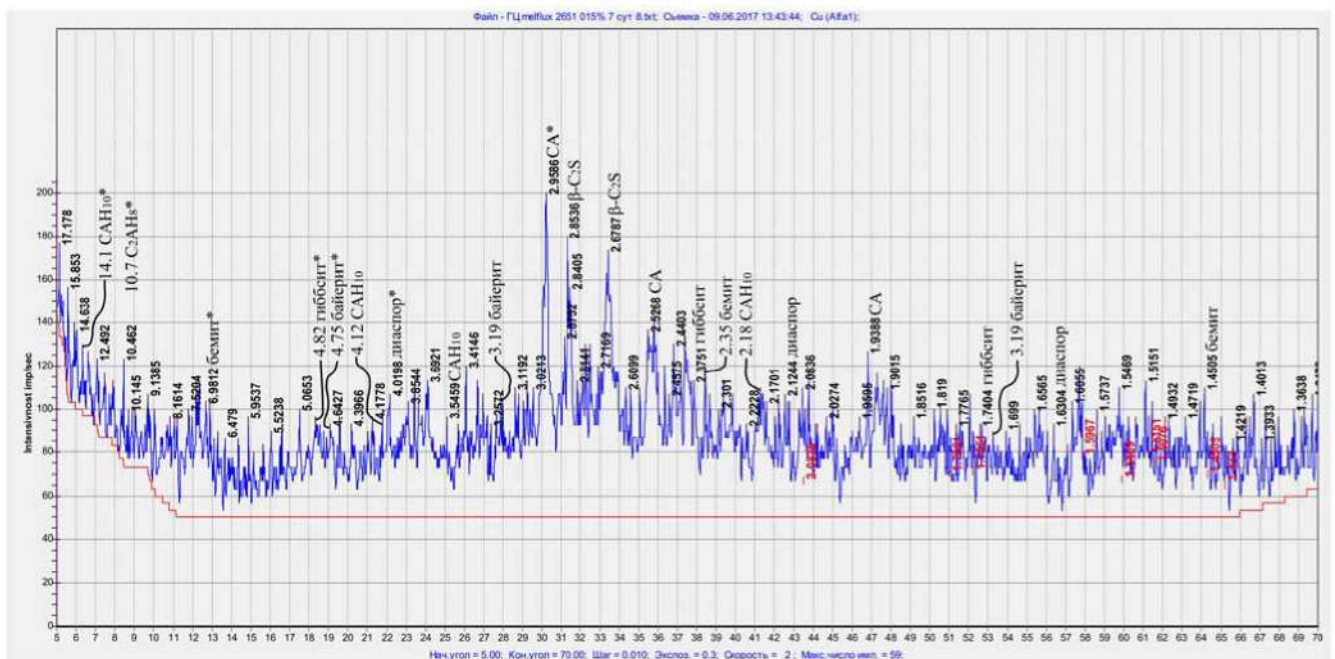


Рисунок 13 – Рентгенограмма цементного камня (ГЦ) с Melflux 2651F 0,15% в возрасте 7 сут.

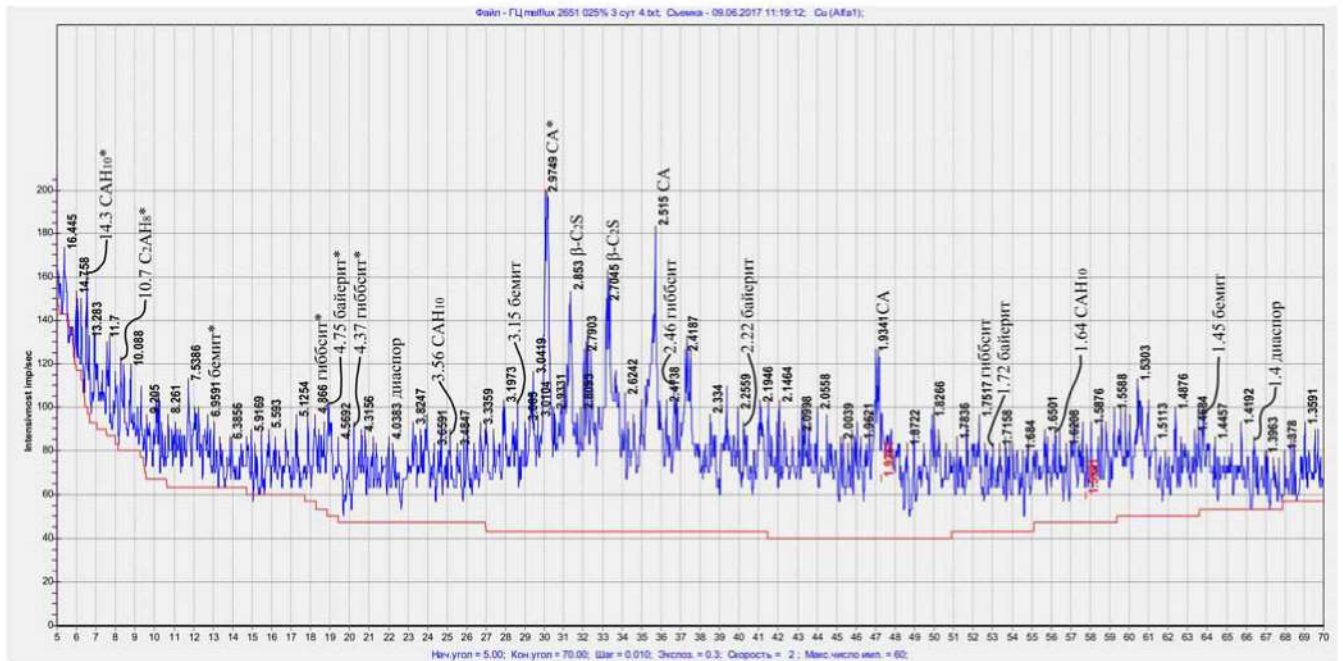


Рисунок 14 – Рентгенограмма цементного камня (ГЦ) с Melflux 2651F 0,25% в возрасте 3 сут.

3.4 Дериватограммы

Количественно-фазовый состав оценивался с помощью дериватографии.

Состав цементного камня и влияние на него добавок были изучены методами дериватограммы.

В 3 суточном возрасте эффекты при 100-200°C соответствует $САН_{10}$. Потери воды (до 250°C) вызваны образованием большого количества $САН_{10}$ и гидратов глинозема – весьма дисперсных, содержащих много сорбиционной воды. Потери воды в интервале 350°C - 300°C так же увеличиваются, что согласуется с рентгенограммой.

В интервале 300°C - 450°C потери H_2O так же увеличиваются где-то в 1,5 раза – они относятся к байериту, то есть и его количество в системе увеличиваются. Эффект при 510°C (дегидратация бемита) слабее, видимо, количество бемита примерно постоянно.

При введении добавки Melflux 1641F в количестве 0,15% общая картина остается прежней, однако есть ряд отличий: до 300 потери воды ниже примерно на 25%, то есть идет замедленное образование $САН_{10}$ и дисперсных гидратов глинозема. Потери воды так же меньше на 3 сутках, у без добавочного 12,1%, а с добавкой Melflux 1641F в количестве 0,15% потери равны 11,28%. Меньше потери воды у бемита.

При введении добавки Melflux 2651F в количестве 0,15% в 3 суточном возрасте потери воды до 250°C составляют примерно 6,5%, это меньше чем с добавкой Melflux 1641F, таким образом меньше формируется $САН_{10}$ и дисперсных гидратов глинозема. Сильный эндоэффект при 70°C свидетельствует о повышенном количестве сорбиционной воды и возможно, сохранении в цементном камне $С_2АН_8$. Интересно, что во всех случаях $С_2АН_8$ не различим на рентгенограмме, хотя эндоэффект при 70 и 150-200 хорошо видны на дериватограмме.

Меньше потери воды в интервале 250°C - 300°C (бемит), и меньше общие потери воды, могут быть объяснены и более низким водоцементным отношением, и меньшей степенью гидратации. В целом на 3 сутки цементный камень с добавкой Melflux 2651F в количестве 0,15% соответствует цементному камню на 7 сутки с добавкой Melflux 1641F в количестве 0,15%. Таким образом эффект от

замедления гидратации добавки Melflux 2651F в количестве 0,15% более выражены.

К 7 суточному возрасту количество потерь воды при 70⁰С - 100⁰С, 250⁰С - 300⁰С и общие потери воды соответствует цементному камню с добавкой Melflux 1641F, то есть степень гидратации примерно одинакова. Однако она остается меньшей, чем на бездобавочном цементном камне.

Увеличение количества добавки Melflux 2651F до 0,25% немного больше замедляет гидратацию глиноземистого цемента.

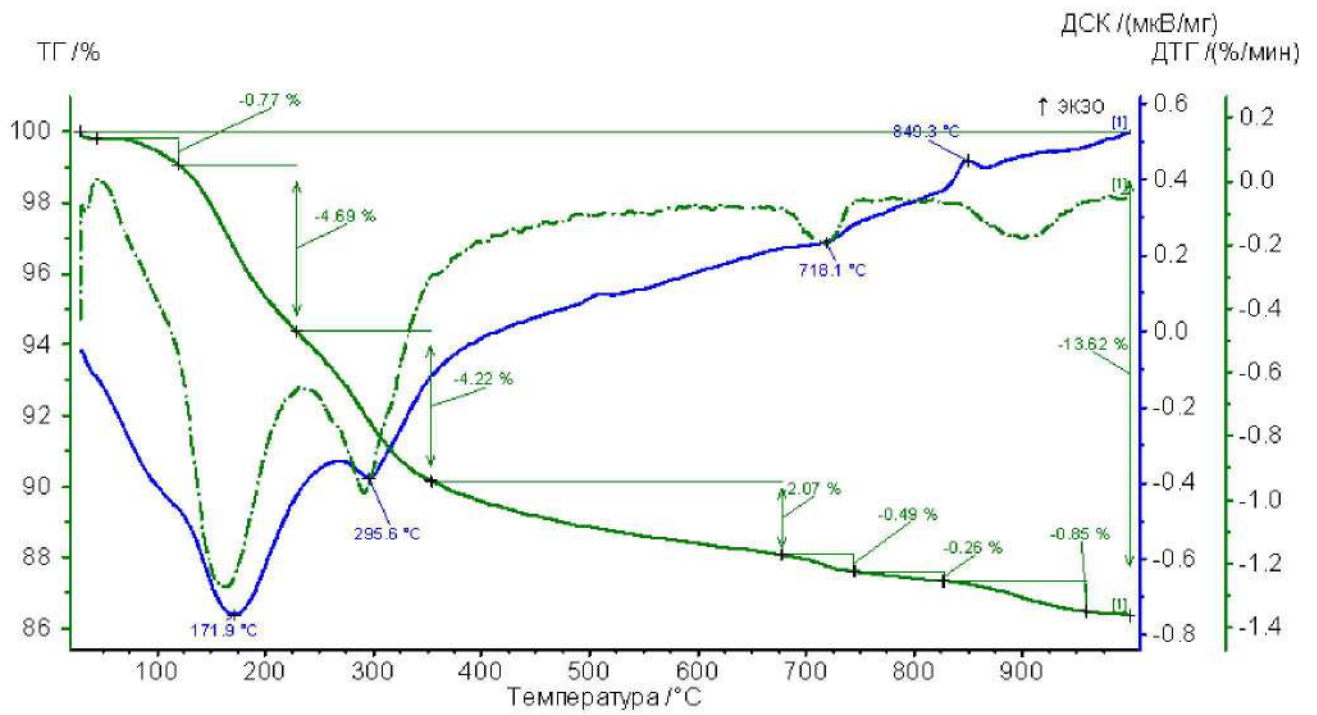


Рисунок 14 – ГЦ без добавочный в возрасте 3-х суток

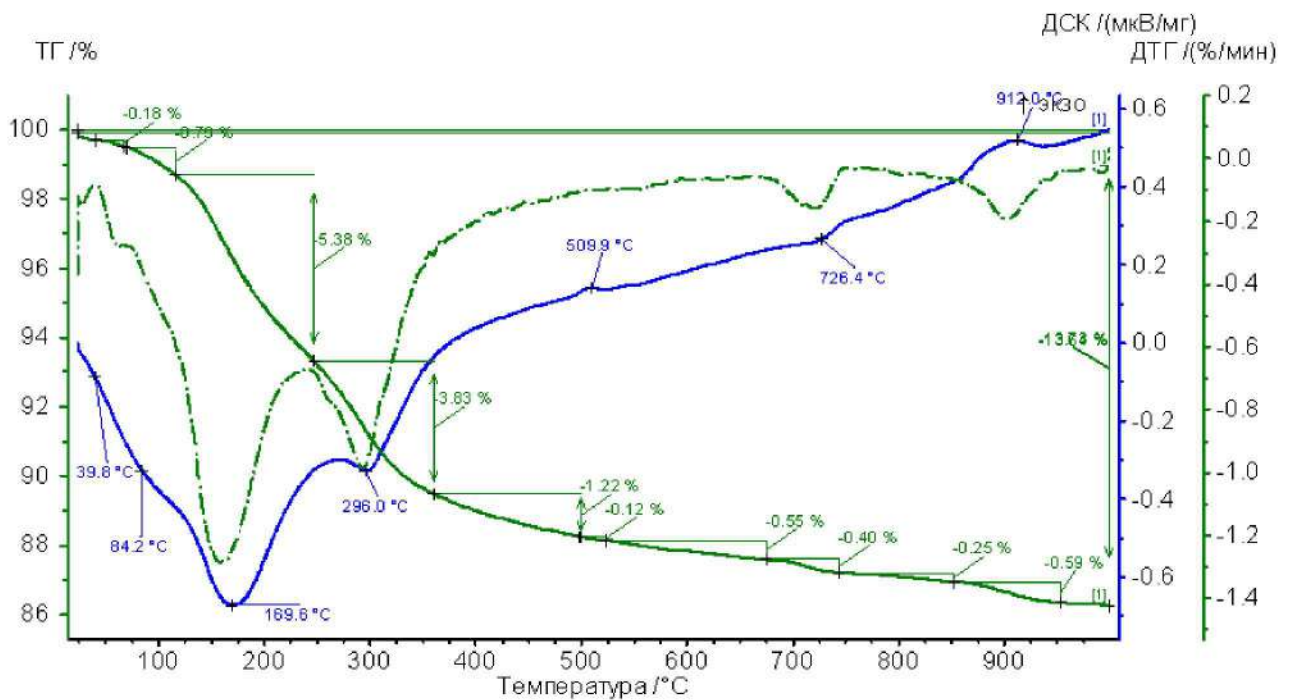


Рисунок 15 – ГЦ с добавкой Melflux 1641 0,15% в возрасте 3-х суток

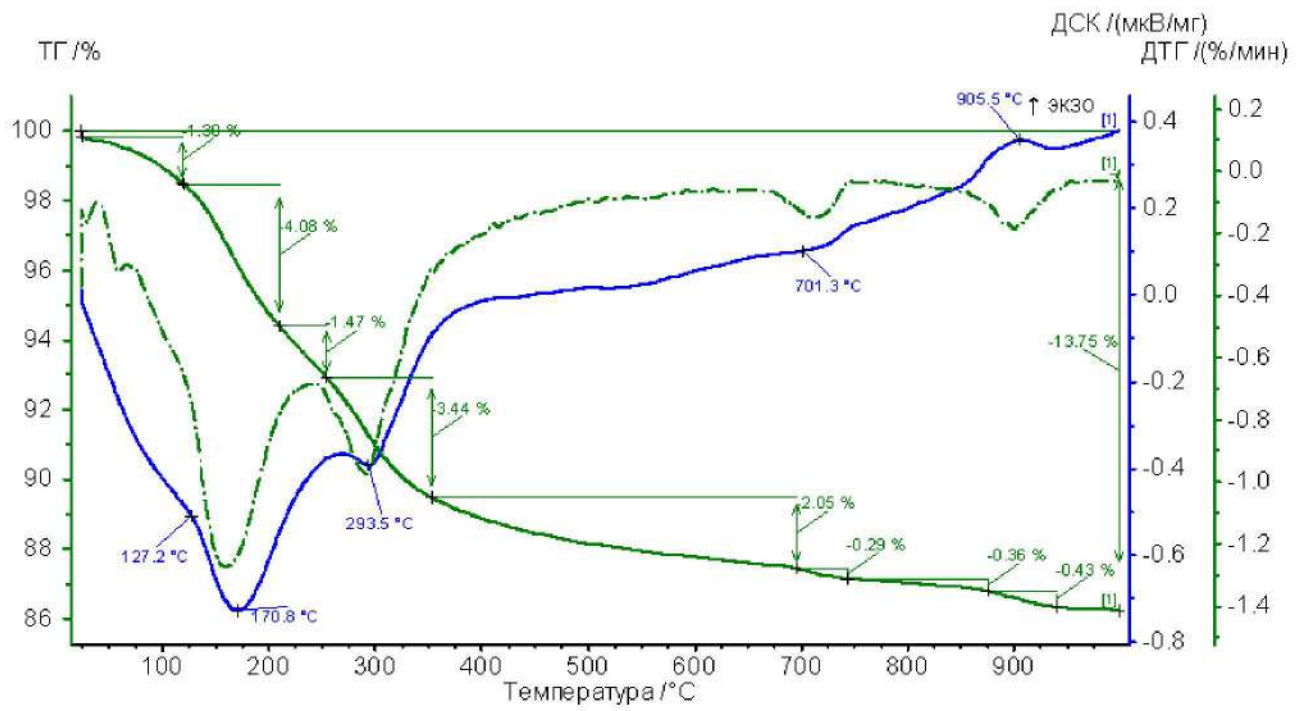


Рисунок 16 – ГЦ с добавкой Melflux 1641 0,25% в возрасте 3-х суток

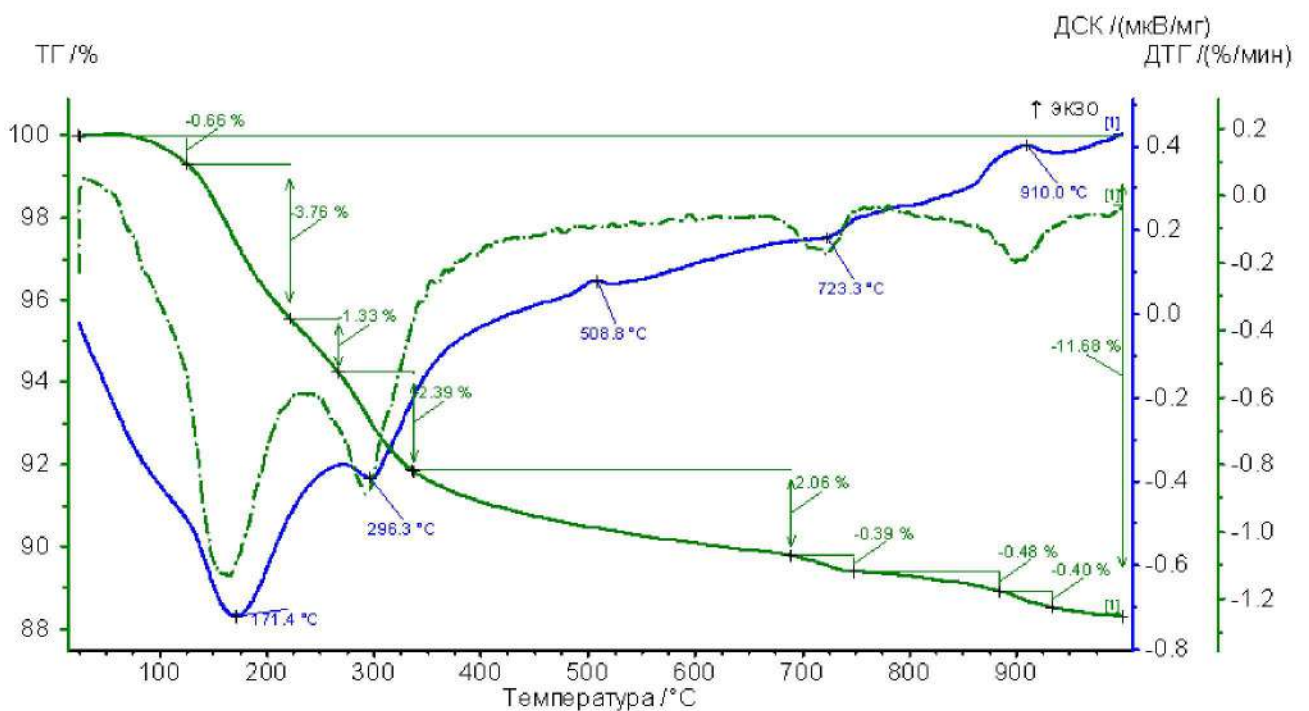


Рисунок 17 – ГЦ с добавкой Melflux 2651 0,15% в возрасте 3-х суток

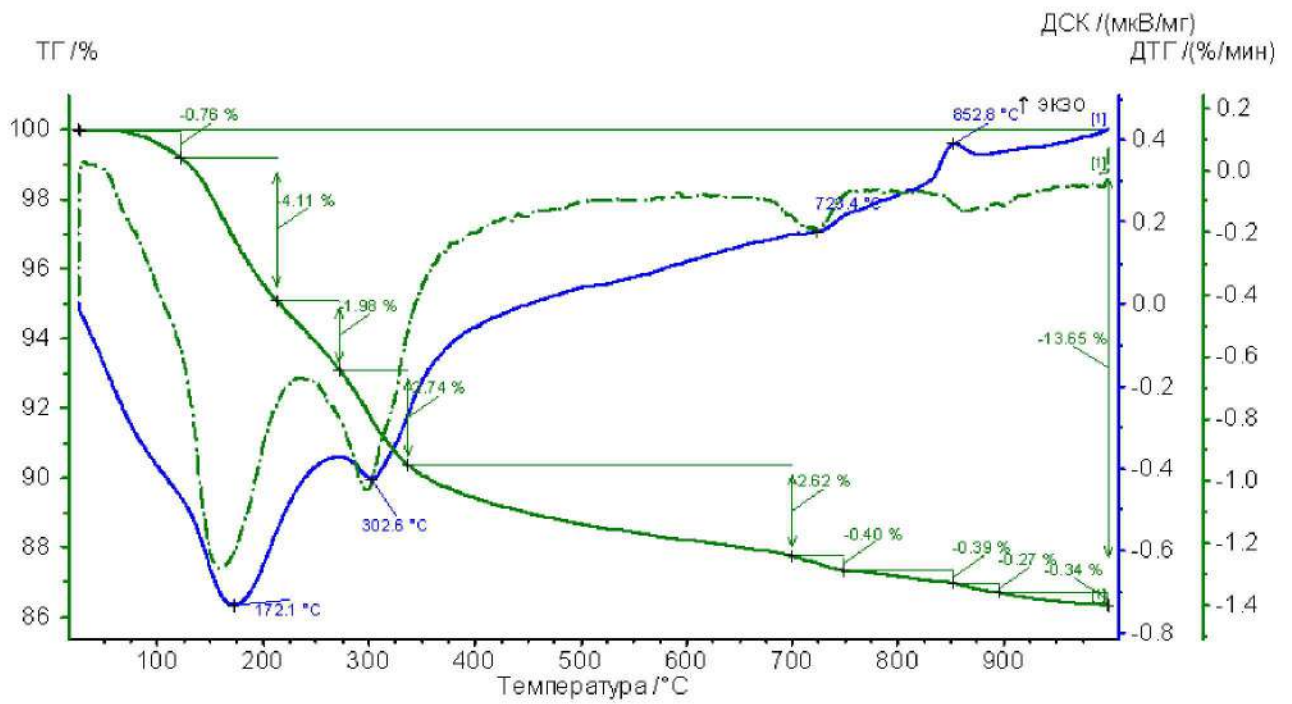


Рисунок 18 – ГЦ с добавкой Melflux 2651 0,15% в возрасте 7 суток

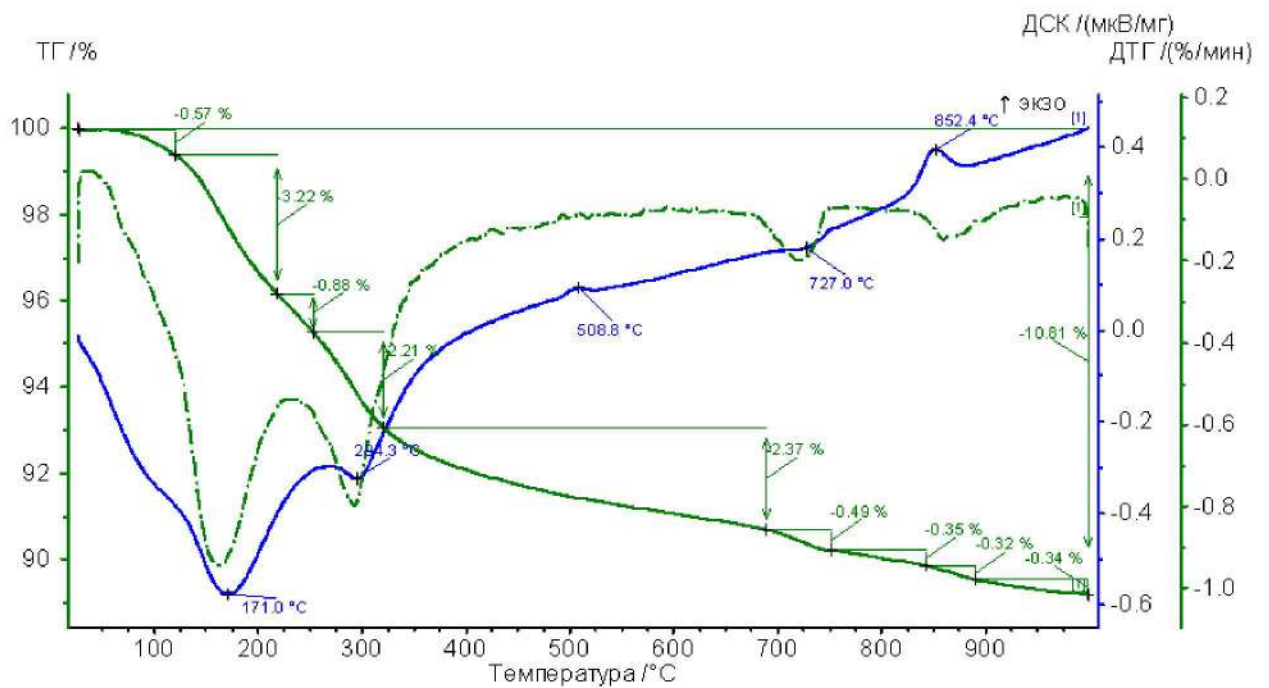


Рисунок 19 – ГЦ с добавкой Melflux 2651 0,25% в возрасте 3-х суток

4 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Обеспечение безопасности трудового процесса – это необходимое условие любой деятельности. В условиях научно-технического прогресса, развития техники и технологий проблема безопасности жизнедеятельности приобретает все большую актуальность.

В нашей стране приняты специальные нормативно-правовые акты, направленные на обеспечение условий труда, которые отвечают требованиям сохранения жизни и здоровья работников в их трудовой деятельности. Данные акты собраны в системе стандартов безопасности труда (ССБТ), действующей на сегодняшний день.

Конституция Российской Федерации [1] в качестве одного из основных прав граждан закрепила право на охрану здоровья (ст. 410). Естественным следствием этого является и право работника на здоровье и безопасные условия труда, которые также закреплены в Конституции (ст. 37).

4.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Изменением №1).» при изготовлении бетонных смесей в лабораторных условиях опасными и вредными факторами являются:

- подвижные части производственного оборудования;
- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- повышенный уровень вибрации;
- повышенная или пониженная влажность воздуха;
- повышенная или пониженная подвижность воздуха;
- отсутствие или недостаток естественного света;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- повышенный уровень шума и вибрации на рабочем месте;

- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов, оборудования;
- токсические (химические добавки);
- раздражающие (химические добавки);
- физические перегрузки;
- нервно-психические перегрузки.

Физические перегрузки подразделяются на:

- статические;
- динамические.

Нервно-психические перегрузки подразделяются на:

- умственное перенапряжение;
- перенапряжение анализаторов;
- монотонность труда;
- эмоциональные перегрузки.[2].

Необходимо оценить вредность и опасность действия этих факторов на здоровье работников. Далее выбраны нормативные значения каждого фактора рабочей среды и трудового процесса, выявлены несоответствия и предложены необходимые мероприятия устранения опасных и вредных воздействий, а так-же личной защиты работника.

4.2 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды

4.2.1 Микроклимат рабочей зоны

В рабочей зоне производственного помещения микроклимат оказывает большое влияние на здоровье человека, его работоспособность. Показатели микроклимата должны обеспечивать сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма. Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются: температура воздуха и поверхностей; относительная влажность и скорость движения воздуха; интенсивность теплового облучения.

Действующим нормативным документом, регламентирующим микроклимат производственной среды, является ГОСТ 12.1.005-88 (1999, с изм. №1 2000) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» [3]. В соответствии с этим документом работа, производимая в лаборатории, а именно разработка закладочной смеси, относится к категории легких работ класса 1б. Интенсивность энергозатрат от 121 до 150 ккал/ч. Работы производятся стоя и сопровождаются незначительными физическими нагрузками.

Санитарными нормами проектирования предприятий для рабочей зоны производственных помещений СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений» [4] установлены допустимые параметры: температуры, относительной влажности, скорости движения воздуха.

Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в производственном помещении указаны в таблице 1.

Таблица 6 – Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в производственных помещениях [4]

Период года	Категория работ	Температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более	оптимальная, не более	допустимая
холодный	Легкие Iб	21-23	17-25	40-60	75	0,1	Не более 0,2
теплый	Легкие Iб	22-24	19-30	40-60	60 (при 27 °С)	0,2	0,1- 0,3

Действие метеорологических условий на организм человека связано с процессами терморегулирования, способствующими теплообмену между организмом

и внешней средой и независимо от внешней среды поддерживающими постоянную температуру тела человека. Наблюдениями установлено, что человек ощущает комфорт при температуре от 18 до 22°С относительной влажности воздуха от 40 до 60% и скорости его движения от 0,1 до 0,2 м/с.

Располагающиеся вблизи рабочего места отопление и приточно-вытяжная вентиляция – служат для создания необходимого микроклимата и контролируются нормативным документом СНИП 2.04.05-91* «Отопление, вентиляция и кондиционирование» [5].

4.2.2 Запыленность и загазованность рабочей зоны

При производстве вяжущего, а также при измельчении необходимых шлаков образуется цементная пыль.

Для предотвращения запыленности воздуха в лаборатории предусмотрена система естественной вентиляции, которая должна соответствовать требованиям СНИП 2.04.05-91* «Отопление, вентиляция и кондиционирование» [5], а также регулярная уборка пыли с использованием средств механизации и мокрого способа (смыв пыли водой, поддержание полов во влажном состоянии). Оборудование должно быть герметизировано.

В работе используется шлага – цементное вяжущее, заполнители и добавки. Производственная пыль, выделяемая в помещение лаборатории, имеет высокую удельную поверхность, особенно шлаковое вяжущее. Пыль способна оседать в легких человека. Она нерастворима, поэтому её удаление организмом затруднено. Воздействие больших количеств цементной пыли может привести к профессиональным заболеваниям с поражением лёгких. Поэтому все рабочие должны быть обеспечены средствами индивидуальной защиты органов дыхания, а также очками.

Согласно ГН 2.2.5.1313-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны» ПДК составляют:

Таблица 7 – Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование	Формула	Величина ПДК, мг/м ³	Агрегатное состояние	Класс опасности	Особенности действия на организм
Пыль шлаков алюминотермического производства		-/6	а	4	ф
Пыль цемента		6	а	4	ф
Эфир поликарбонилата		10	а	4	ф

Класс опасности:

1 класс – чрезвычайно опасные;

б. класс – высокоопасные;

б. класс – опасные;

4 класс – умеренно опасные.

Особенности действия на организм:

О – вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие автоматического контроля над их содержанием в воздухе,

А – вещества, способные вызывать аллергические заболевания в производственных условиях,

К – канцерогены,

Ф – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия,

п – пары и/или газы,

а – аэрозоль, п+а – смесь паров и аэрозоля,

+ - соединения, при работе с которыми требуется специальная защита кожи и глаз; символ проставлен вслед за наименованием вещества,

++ - вещества, при работе с которыми должен быть исключен контакт с органами дыхания и кожей при обязательном контроле воздуха рабочей зоны утвержденным методом на уровне чувствительности не менее 0,001 мг/м³. Для таких

веществ значения ПДК не приводятся, а указывается только класс опасности и агрегатное состояние в воздухе. [7].

При работе должны соблюдаться меры личной гигиены: ношение рабочей одежды, мытье рук перед приемом пищи, прием пищи в специальных помещениях. Для коллективной защиты применяют систему вентилирования воздуха рабочей зоны.

4.2.3 Освещение рабочей зоны

Уровень освещенности на рабочем месте должен соответствовать характеру выполнения зрительной работы. Грамотно устроенное освещение обеспечивает хорошую видимость и создает благоприятные условия труда.

С целью обеспечения равномерности распределения яркости в производственном помещении при естественном освещении используют комбинированное освещение (верхнее и боковое), при искусственном – общее и местное освещение. Величина освещенности должна быть постоянной во времени. Осветительные приборы должны быть безопасными при эксплуатации и безвредными. Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение.

В лаборатории предусмотрено естественное и искусственное освещение. Естественное (боковое) освещение помещений осуществляется через световые проемы в наружных стенах лабораторного корпуса, естественное (верхнее) освещение производится через световые проемы в местах перепада высот здания. Искусственное освещение обеспечивается шестнадцатью блоками люминесцентных ламп.

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному и искусственному освещению жилых и общественных зданий» работа в лабораториях высших учебных заведений подчиняется нормируемым показателям естественного и искусственного освещения, которые указаны в таблице 3.

Таблица 8 – Нормируемые показатели естественного и искусственного освещения в лабораториях высших учебных заведений [9]

Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г-горизонтальная) и высота плоскости над полом, м	Искусственное освещение		
	освещенность при системе комбинированного освещения, лк	показатель дисконфорта, М, не более	коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более
Г-0,8	400	40	10

Разряд зрительной работы очень высокой точности, подразряд зрительной работы «в».

Согласно Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» нормированное значение коэффициента естественной освещенности $\geq 0,5$ % [10].

Недостаточность естественного освещения компенсируется 16 лампами накаливания, расположенными над рабочими местами.

4.2.4 Шум на рабочем месте

В лаборатории источниками шума являются виброистиратель и шаровая мельница. При работе машин и механизмов шумы вызываются соударением деталей. Шум от этого оборудования передается на рабочие места и может оказать вредное воздействие на рабочего.

При длительном действии сильного шума на организм человека у него появляется общее утомление, головная боль, ослабление внимания, не-которого нарушения координации движения, снижения слуха и работоспособности. Постоянное воздействие шума приводит к бессоннице и раздражительности. При повышенной интенсивности и длительном воздействии могут развиваться профессиональные заболевания.

Гигиеническое нормирование шумов регламентируют ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности» [11], СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум

на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [12].

Так как в лаборатории виброистиратель и шаровая мельница малогабаритные и длительно не используются, поэтому вредное воздействие на лаборанта отсутствует.

Основой нормирования шума является учет различия биологической опасности шума в зависимости от спектрального состава и временных характеристик. Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах указанных в таблице 3.

Таблица 9 – Допустимые уровни звукового давления в октавных полосах [11]

Рабочие места	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Высококвалифицированная работа.	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.

В общем, для предотвращения вредного воздействия шума и вибрации в лаборатории необходимо:

- эксплуатировать только исправные машины, а также проводить периодический осмотр и необходимый ремонт техники;
- работать лицам не моложе 18 лет, прошедшим медицинский осмотр, имеющим соответствующую квалификацию и сдавшим технический минимум по правилам безопасного выполнения работ;
- выполнение работ при наличии средств индивидуальной защиты от шума (наушники);

- снижать уровень звукового давления архитектурно-акустическими мероприятиями;
- снижение шума за счет конструктивных решений;
- выбирать рациональный режим труда и отдыха рабочих.

4.2.5 Вибрация на рабочем месте

В лаборатории источниками вибрации является виброистиратель. При работе машин и механизмов вибрации вызываются инерционными силами, силами трения, движением элементов с переменным ускорением, трением деталей. Вибрация от этого оборудования передается на рабочие места и может оказать вредное воздействие на рабочего.

При длительном действии сильной вибрации на организм человека у него изменяется чувствительность кожи рук, появляется общее утомление, головная боль, ослабление внимания, некоторого нарушения координации движения, снижение работоспособности. При повышенной интенсивности и длительном воздействии вибрации могут развиваться профессиональные заболевания.

Гигиеническое нормирование вибраций регламентируют документы ГОСТ 12.1.012 – 2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» [13], СН – 2.2. 4/2.1.8. 556 – 96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» [14].

Так как в лаборатории виброистиратель малогабаритный и длительно не используется, поэтому вредное воздействие на лаборанта отсутствует.

К нормируемым параметрам вибрации относятся скорость и ускорение колебаний, возникающих при работе оборудования и передаваемых на сиденье, рабочую площадку в зоне рабочего места. Вибрацию подразделяют на общую и локальную. В лаборатории существует общая вибрация. Оборудование, которое может вызывать локальную вибрацию, нет. Лаборатории – это рабочие места 3-е категории технологического типа «в». Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест категории III – технологического типа «в» согласно СН – 2.2. 4/2.1.8. 556 – 96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Предельно допустимые значения вибрации рабочих мест категории III – технологического типа «в» [14]

Среднегеометрические частоты полос	Нормативные значения в направлениях							
	виброускорения				виброскорости			
	м/с ²		дБ		м/с 10 ⁻²		дБ	
	1/3 окт	1/1 окт	1\3 окт	1/1 окт	1/3 окт	1/1 окт	1\3 окт	1/1 окт
1,6	0,0130		82		0,130		88	
2,0	0,0110	0,020	81	86	0,089	0,180	85	91
2,5	0,0100		80		0,063		82	
3,15	0,0089		79		0,045		79	
4,0	0,0079	0,014	78	83	0,032	0,063	76	82
5,0	0,0079		78		0,025		74	
6,3	0,0079		78		0,020		72	
8,0	0,0079	0,014	78	83	0,016	0,032	70	76
10,0	0,0100		80		0,016		70	
12,5	0,0130		82		0,016		70	
16,0	0,0160	0,028	84	89	0,016	0,028	70	75
20,0	0,0200		86		0,016		70	
25,0	0,0250		88		0,016		70	
31,5	0,0320	0,056	90	95	0,016	0,028	70	75
40,0	0,0400		92		0,016		70	
50,0	0,0500		94		0,016		70	
63,0	0,0630	0,110	96	101	0,016	0,028	70	75
80,0	0,0790		98		0,016		70	
Корректированные и эквивалентные корректированные		0,014		83		0,028		75

Наиболее действенным средством защиты человека от вибрации является устранение непосредственного его контакта с вибрирующим оборудованием. Замена и усовершенствование технологических операций, конструктивные усовершенствования, применение средств внешней виброзащиты, которые размещаются между источником вибрации и руками человека, а также постоянный контроль за исправностью оборудования и своевременным планово-предупредительным его ремонтом, так как, в процессе его эксплуатации и износа, особенно для ручного

механизированного оборудования, происходит выраженное усиление вибрации. В целях профилактики работающие должны использовать средства индивидуальной защиты: рукавицы или перчатки, спец. обувь.

4.3 Безопасность производственных процессов и оборудования

При работе использовалось оборудование: виброистиратель, шаровая мельница, гидравлические пресса.

Все работники должны быть ознакомлены с правилами безопасного поведения в лаборатории. Также, должна быть проведена проверка рабочего на знание этих правил.

Основные мероприятия, обеспечивающие безопасность производственных процессов:

1. Конструкция производственного оборудования должна исключать опасность для работающих. Студент или преподаватель, приступая к работе, обязан проверить состояние и исправность оборудования.

2. Размеры рабочего места и размещение его элементов должны обеспечивать выполнение рабочих операций в удобных рабочих позах и не затруднять движений работающего [15].

3. Работать разрешается только в установленных нормативными документами средствах индивидуальной защиты.

4. Допуск к работе лиц, прошедших инструктаж по охране труда на рабочем месте, обучение безопасным приемам и методам работы и проверка знаний.

5. На территории лаборатории запрещается находиться посторонним людям без соответствующего разрешения, а также не прошедших инструктаж по охране труда [16].

Правила безопасной эксплуатации виброистирателя и шаровой мельницы должны соответствовать требованиям СнИП 12-03-2001 «Безопасность труда в строительстве» пункт 7.3 Требования безопасности при эксплуатации стационарных машин [17]. А их технические требования должны соответствовать

ГОСТ 10141-91 «Мельницы стержневые и шаровые. Общие технические требования» [18].

Правила безопасной эксплуатации виброистирателя и шаровой мельницы [17]:

При проведении осмотра и проверки исправности машин перед работой электропусковое устройство должно быть выключено.

При обнаружении неисправностей не начинать, либо прекратить работу с машиной.

При проведении профилактических осмотров и ремонтов электропусковое устройство оборудования должно быть выключено и необходима табличка с предупреждающей надписью.

Все части данных машин должны быть заземлены согласно существующим правилам ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление» [19].

Запрещается производить ремонт, регулировку или разборку машин без отключения от электросети и необходимой квалификации.

Запрещается оставлять машины без присмотра во время их работы.

Запрещается использовать машины без защитных кожухов.

Конструкция гидравлических прессов должна соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.017-93 «Оборудование кузнечно-прессовое» [20].

Правила безопасной эксплуатации гидравлических прессов даны в ГОСТ 12.2.117-88 «Система стандартов безопасности труда. Прессы гидравлические» [21]:

- Все детали прессов, находящихся под давлением, необходимо подвергать постоянному осмотру, периодическим освидетельствованиям и испытаниям.
- Прессы должны быть снабжены специальным устройством, предотвращающим самопроизвольное опускание подвижной траверсы.
- Подвижная траверса должна двигаться по направляющим с минимальным зазором, не допуская перекосов.

- Прессы должны быть снабжены устройствами для удержания подвижной траверсы в верхнем положении для ремонтных работ и оборудованы специальными ограничителями хода вниз.
- Запрещается поправлять образец без выключения пускового механизма и полной остановки траверсы.
- Запрещается оставлять пресс без присмотра во время испытания.
- Запрещается производить ремонт, регулировку или разборку машин без отключения от электросети и необходимой квалификации рабочего [21].
- Для безопасной работы с обжиговой печью необходимо соблюдать следующие правила:
 - загрузочное окно агрегата должно закрываться плотно прилегающей заслонкой с необходимой теплоизоляцией;
 - обжиговой агрегат должен иметь такую изоляцию стен и сводов, чтобы температура наружных поверхностей обеспечивалась в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.007.9-93 «Безопасность электротермического оборудования. Общие требования» [6];
 - при извлечении обожженных материалов из печи, во избежание ожогов человек должен иметь на руках брезентовые рукавицы и щипцы.

4.4 Электробезопасность

Все помещения в лаборатории – без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с ток непроводящими полами, с температурой 18–20 °С, с влажностью 40–50%). Электробезопасность в лаборатории обеспечивается конструкцией электроустановок, техническими способами и средствами защиты, организационными и техническими мероприятиями.

Для безопасной эксплуатации электрических установок, работающих в лаборатории, согласно ГОСТ 12.1.019-79 – 79 «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура защиты (с Изменениями №1)» [22], используют конструктивные меры защиты – зануление, заземление, системы защитного отключения и другие. Зануление устраивают на случай повреждения изоляции и возможности замыкания тока на металлических частях электроустановок с изолирован-

ным нулём. По ГОСТ 12.1.030 – 81«ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменениями №1)»[19] заземление можно производить с естественным и искусственным заземлителям. Естественные – металлические трубопроводы и конструкции зданий, соединённые с землёй. Искусственные– забитые в землю стальные трубы диаметром 50 мм или металлические уголки размером 50 50 мм.

Использование напряжения в 12В или 36В исключает поражение электрическим током. При использовании напряжения свыше 36В должно обеспечиваться ограждение проводов и токоведущих частей. Значения ПДУ напряжения прикосновения токов, протекающих через тело человека, при аварийном режиме электроустановок для постоянного и переменного тока устанавливается ГОСТ 12.1.038-82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменениями №1)» [23] ПДУ напряжений прикосновения и токов указаны в таблице 5.

Все внутри лабораторные провода выполнены изолированными. Пусковые устройства защищены кожухами, помещенные в запирающиеся ящики и заземленные.

Защитное отключение осуществляется автоматически при возникновении опасного напряжения на металлических частях оборудования в связи с порчей изоляции.

Таблица 11 – Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов. [23]

Род тока	Нормируемая величина	Предельно допустимые значения, не более, при продолжительности воздействия тока t , с											
		0,01-0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Св.1,0
Переменный 50 Гц	U , В	550	340	160	135	120	105	95	85	75	70	60	20
	I , мА	50	00	90	60	40	25	05	90	75	65	50	6
Постоянный	U , В	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	40
	I , мА												15

При использовании электрических приборов нужно соблюдать общие правила техники безопасности: не включать в сеть неисправные приборы; не прикасаться одновременно к электроагрегатам установки к устройствам с естественным заземлением; необходимо отключать приборы на время ремонта.

При оказании первой помощи пострадавшему при поражении электрическим током, необходимо освободить его от действия тока путём снятия напряжения (отключить электроустановку от электросети) или оторвать его при помощи диэлектрических перчаток. Если пострадавший потерял сознание, но его дыхание сохранилось, то нужно уложить его удобно, обеспечить ему покой, создать приток свежего воздуха, давать нюхать нашатырный спирт, растирать его тело до прибытия врача. При отсутствии признаков жизни (дыхания, сердцебиения, пульса) у пострадавшего, то необходимо срочно делать искусственное дыхание до тех пор, пока пострадавший ни начнет дышать или до прибытия врача.

4.5 Пожаробезопасность

Противопожарная защита достигается применением средств пожаротушения и соответствующих видов пожарной техники: огнетушителей, пожарного инвентаря. Все средства пожаротушения должны находиться в Оступном месте и в исправном состоянии. В лаборатории источниками пожара могут быть электрическое оборудование и легковоспламеняющиеся материалы.

Общие требования к пожарной безопасности должны соответствовать ГОСТ 12.1.004–91 (1999). «Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменениями №1)» [24]. Согласно этому документу опасными факторами, воздействующими на людей и материальные блага, являются: электрический ток, искры, повышенная температура окружающей среды, токсичные продукты горения и дым.

Кафедра ЮурГУ «Строительные материалы» относится к категории Д по пожароопасности и оснащена системой пожарной сигнализации, пожарными гидрантами, первичными средствами защиты от пожара: ОП–4(твердые вещества, жидкие вещества, газообразные вещества), ОУ–4 (для тушения пожаров горючих жидкостей, пожаров газообразных веществ, а также пожаров электрооборудования, находящегося под напряжением не более 10000 В). Кроме того, все специалисты, практиканты, студенты в обязательном порядке проходят вводный инструктаж по правилам пожарной безопасности перед допуском к работе в лаборатории. Курение разрешено в специально отведенных местах.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Исследовано влияние добавок суперпластификаторов «Полипласт СП-1» на основе смеси натриевых солей и полиметиленафталинсульфокислот и добавок на основе эфиров поликарбоксилатов – Degaset PC 8500, Melflux 1641F, Melflux 2651F на тепловыделение и особенности гидратации силикатных и глиноземистого цемента.

2. Установлено что данные добавки влияют на прочность цементного камня. Наблюдается повышение прочности составов.

3. С помощью микрокалориметрии установлено, что при введении добавок максимальное тепловыделение происходит позже на несколько часов, то есть наблюдается замедление процесса гидратации.

4. Методом деривотографии установлено, что при введении в глиноземистый цемент поликарбоксилатных добавок (Melflux 1641F, Melflux 2651F) на 3-х суточном возрасте уменьшается количество продуктов гидратации, а следовательно процесс гидратации замедляется.

5. Рентгенофазовый анализ показал, что основными продуктами гидратации являются – C_2AH_4 , диаспор, гидросульфат, байерит, бемит.

6. Характер влияния добавок на силикатные и глиноземистые цементы различен, даже при высоких дозировках добавок суперпластификаторов в портландцементе и в особенности шлакопортландцемента показывает повышение прочности.

7. Показано что для глиноземистого цемента нецелесообразно повышение дозировок добавки, превышающее 0,15 %, в связи с замедлением процесса гидратации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Конституция (1993). Конституция Российской Федерации. – М.: Изд-во «Экзамен», 2004. – 64 с.
2. ГОСТ 12.0.003-74ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация(с Изменением №1).– М.: Изд-во стандартов, 1980. – 2 с.
3. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Минздрав России, 1997. – 65 с.
- 4.ГОСТ 12.2.007.9-93 Безопасность электротермического оборудования. Общие требования. – М.: Издательство стандартов, 1993. – 15с.
5. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. – М.: Минздрав РФ, 2003. – 18 с.
6. Законодательное собрание Челябинской области. – <http://www.zs74.ru/>.
7. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному и искусственному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Минздрав РФ, 2003. – 15 с.
8. ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности (с изменением №1). – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 97 с.
9. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – М.: Минздрав России, 1997. – 24 с.
10. ГОСТ 12.1.012-2004. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартиформ, 2008 год. – 28 с.
11. СН № 2.2.4/2.1.8.556-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. –М.: Минздрав России, 1996. – 25 с.
12. СНиП 12-03-2001. Безопасность труда в строительстве. Пункт 7.3. – М.:Госстрой России, 2001. – 28 с.
13. ГОСТ 10141-91. Мельницы стержневые и шаровые. Общие технические требования. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 15 с.

14. ГОСТ 12.1.030-81 (2001). ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление (с Изменениями №1). – М.: Изд-во стандартов, 1981. – 7 с.

15. ГОСТ 12.2.117-88. Система стандартов безопасности труда. Прессы гидравлические. – М.: Издательство стандартов, 1981. – 4 с.

16. ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура защиты (с Изменениями №1). – М.: Издательство стандартов, 1897. – 4 с.

17. ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная опасность. Общие требования (с Изменениями №1). – М.: Издательство стандартов, 1991. – 23 с.