

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

**Гидратация вяжущих и свойства гидратных фаз**

Направление подготовки:

18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии

Направленность программы:

Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов в  
химической технологии вяжущих материалов

Квалификация

**магистр**

Форма обучения

**очная**

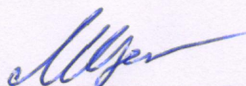
**Институт: Химико-технологический институт**

**Кафедра: Технологии цемента и композиционных материалов**

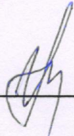
Белгород – 2016

Рабочая программа составлена на основании требований:

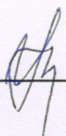
- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии (уровень магистратуры), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 20 ноября 2014 г., №1480.
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2016 году.

Составитель: к.т.н.  Щелокова л.с..

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой технологии цемента и композиционных материалов

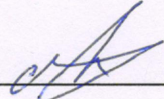
Зав. кафедрой ТЦКМ, д.т.н.  Борисов И.Н.  
« 14 » мая 2016 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры  
« 14 » мая 2016 г., протокол № 11

Зав. кафедрой ТЦКМ, д.т.н.  Борисов И.Н.

Рабочая программа одобрена методической комиссией химико-технологического института

« 15 » мая 2016 г., протокол № 9

Председатель, к.т.н., доцент  Порожняк Л.А.

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Профессиональные			
1	ПК-11	Способность разрабатывать мероприятия по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p><b>Знать:</b> закономерности проявления вяжущих свойств; состав и основные свойства гидратных фаз вяжущих материалов; физико-химические процессы и химические реакции, протекающие при гидратации вяжущих и композиционных материалов; приемы энерго- и ресурсосбережения, комплексного использования сырья и утилизации отходов при производстве гидратационно и гидравлически активных вяжущих материалов.</p> <p><b>Уметь:</b> проводить экспериментальную проверку свойств вяжущих материалов и анализировать полученные результаты; оценивать состав и свойства гидратных фаз, используя современные методы и эксплуатируя оборудование для физико-химического анализа</p> <p><b>Владеть:</b> способностью анализировать возможность утилизации техногенных отходов для получения вяжущих материалов; приемами синтеза материалов, обладающих гидравлической активностью; способностью к оценке экологической безопасности использования техногенных отходов для производства вяжущих материалов.</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Химия вяжущих материалов (Курс программы бакалавриата 18.03.02-01)
2	Технология производства цемента (Курс программы бакалавриата 18.03.02-01)
3	Физическая химия вяжущих материалов
4	Современные методы исследования силикатных материалов.

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Выпускная квалификационная работа

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	85	85
лекции	34	34
лабораторные	51	51
практические		
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	131	131
Курсовой проект		
Курсовая работа		
Расчетно-графическое задания		
Индивидуальное домашнее задание		
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	95	95
Форма промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	зачет, 36	зачет, 36

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

#### Курс 2 Семестр 3

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Физико-химические процессы и химические реакции гидратации воздушных вяжущих веществ.</b>					
	Физико-химические процессы и особенности гидратации гипсовых вяжущих. Гашение, гидратация и твердение известковых и известково-песчаных вяжущих. Гидратация магниезальных вяжущих материалов, зтворители, состав продуктов гидратации.	6			8
<b>2. Физико-химические процессы и реакции гидратации гидравлических вяжущих веществ.</b>					
	Состав и структура продуктов гидратации клинкерных минералов. Состав и структура продуктов гидратации портландцемента.	8		9	23

<b>3. Теории гидратации, структурообразования и твердения цементов.</b>				
	Кристаллизационная теория гидратации. Коллоидная теория гидратации вяжущих веществ Комбинированная теория гидратации. Улучшенная кристаллизационная теория гидратации вяжущих веществ. Теория силикатного сада и ее модификации. Фрагменты электрохимической теории гидратации вяжущих веществ. Сквозьрастворная теория гидратации	4		8
<b>4. Свойства гидратных фаз вяжущих и композиционных материалов.</b>				
	Физико-химические основы фазообразования при гидратации цемента. О роли примесей в гидратах портландцемента. Водный обмен в гидратах портландцемента и их самовысушивание. Структура бетона. Периоды формирования структуры бетона. Влияние вяжущего на прочность и структуру бетонной композиции.	10	22	30
<b>5. Управление свойствами гидратных фаз вяжущих и композиционных материалов.</b>				
	Роль растворимости, степени пересыщения, свойств воды, гелеобразной фазы, скорости кристаллизации и возможность управления этими процессами.	6	20	26
	<b>ВСЕГО</b>	34	51	95

#### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Не предусмотрено учебным планом

#### 4.3. Содержание лабораторных занятий

Лабораторный практикум проводится в виде научно-исследовательской работы. Тема НИРМ «Исследование кинетики гидратации и твердения цемента, определение фазового состава и свойств продуктов гидратации»

Магистрант работает с вяжущим веществом, особенности и свойства которого исследует для материалов магистерской квалификационной работы.

По результатам работы магистрант пишет отчет и выступает с докладом.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 3				
1	Физико-химические процессы и реакции гидратации гидравлических вяжущих веществ.	Анализ изменения состава продуктов гидратации в процессе твердения цементного камня с помощью сравнительного рентгенофазового анализа	9	9
2	Свойства гидратных фаз вяжущих и композиционных материалов.	Исследование кинетики гидратации и твердения цементного камня.	22	22

3	Управление свойствами гидратных фаз вяжущих и композиционных материалов.	Определение прочностных характеристик цементного камня в сроки определения фазового состава и степени гидратации.	20	20
		Анализ полученных результатов, оформление отчета и презентации.		
ИТОГО:			51	51

## **5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)**

#### **Вопросы для текущего контроля**

1. Общие понятия дисциплины: гидратация; вяжущие вещества; вяжущие свойства; гидравлическая активность; гидратационная активность.
2. Общие понятия дисциплины: затворитель, тесто, цементный камень, раствор, бетон, схватывание, твердение.
3. Общие понятия дисциплины: гидратация, вяжущие свойства, вяжущие вещества, водопотребность, водотвердое отношение, нормальная густота.
4. Гидратация извести. Гашение извести. Минимальное (стехиометрическое) и максимальное (допустимое) количество воды для гашения.
5. Твердение извести, гидратное, карбонатное, гидросиликатное.
6. Гидратация гипсовых вяжущих. Теория твердения гипса Лавуазье. Три классических периода гидратации.
7. Особенности твердения гипсовых вяжущих веществ, приемы улучшения строительно-технических свойств изделий из гипса.
8. Методы изучения продуктов и процессов гидратации.
9. Кристаллизационная и коллоидная теории твердения вяжущих веществ. Современное отношение к этим теориям.
10. Комбинированная теория твердения вяжущих веществ.
11. Улучшенная кристаллизационная теория гидратации.
12. Понятие степень пересыщения суспензии вяжущего вещества в воде относительно новообразований. Твердение вяжущих веществ с высокой степенью пересыщения.
13. Понятие степень пересыщения суспензии вяжущего вещества в воде относительно новообразований. Твердение вяжущих веществ с пониженной степенью пересыщения.
14. Портландит. Время образования при гидратации клинкерных минералов. Прочность, устойчивость к воздействию агрессивных сред.
15. Гидросиликаты кальция. Реакции и условия образования ГСК, их основность, прочность, морозостойкость.
16. Гидросиликаты кальция. Реакции и условия образования ГСК, их основность, прочность, морозостойкость.
17. Гидросиликаты кальция цементного камня, твердеющего в нормальных условиях. Разновидности и типы тоберморита. Условия перехода тоберморита - 14А в другие разновидности.

18. Гидратация  $C_3S$ . Влияние  $CO_2$ , ход гидратации в присутствии  $CO_2$ .
19. Гидратация  $C_3S$ . Влияние  $CO_2$ , ход гидратации в присутствии  $CO_2$ .
20. Реакции гидратации  $C_3S$ ; 4 этапа взаимодействия  $C_3S$  с водой; основные продукты гидратации  $C_3S$ , их основность и ее влияние на прочность и коррозионную стойкость.
21. Гидратация  $C_3A$  и  $C_4AF$ .  $AFm$ -фаза: образование, общая формула.
22. Гидратация свежего  $C_3A$ ; основные гидраты и их свойства.
23. Гидратация лежалого  $C_3A$ , собственные предгидраты, их роль в ходе гидратации; цикл образования-распада  $C_3AH_6$ .
24. Причины ввода и роль гипса при гидратации  $C_3A$ . Переход трисульфатной формы этtringита в моносульфатную, его последствия и способы предотвращения перехода.
25. Гидратация  $C_4AF$ .
26. Чем обусловлены отличия гидратации портландцемента от гидратации отдельных клинкерных фаз? Влияние примесей в гидратах портландцемента на состав и свойства новообразований.
27. Влияние примесей в клинкерных минералах на скорость и степень гидратации.
28. Совместное влияние тонкости помола и водоцементного отношения на скорость гидратации и прочностные характеристики
29. Влияние водоцементного отношения на полноту гидратации портландцемента. Приспособляемость гидратов.
30. Три периода гидратации цементной частицы.

## **5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем.**

Учебным планом не предусмотрено.

## **5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий.**

Не предусмотрено учебным планом.

## **5.4. Перечень контрольных работ.**

Не предусмотрено учебным планом.

# **6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

## **6.1. Перечень основной литературы**

1. Классен В.К. Технология и оптимизация производства цемента. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2012. 307 с. (Рекомендовано ГОУ ВПО РХТУ им. Д.И. Менделеева в качестве учебного пособия)
2. Лугинина И.Г. Химия и химическая технология неорганических вяжущих материалов. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2004. Ч. 1 – 240 с.; Ч. 2 – 198 с.
3. Учебная научно-исследовательская работа студента. Методические указания к выполнению УНИРС и выпускной научной квалификационной работы для

студентов специальностей 240304 – Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов. / сост. Т. Е. Головизнина, Т.И. Тимошенко. — Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. — 20 с.

4. Работа с электронной базой данных дифракционных характеристик минералов в программном пакете PDWin 3.0: методические указания к выполнению лабораторных и научно-исследовательских работ для студентов, аспирантов и научных сотрудников специальностей 240304, 270106, 270205, 280201./ сост.: В.К. Классен, Ю.Н. Киреев, Т.И. Тимошенко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 41с.

### **6.2. Перечень дополнительной литературы**

1. Тейлор Х. Химия цемента / Пер. с англ. – М.: Мир, 1996. – 560 с.

2. В. К. Классен, И. Н. Борисов. Техногенные материалы в производстве цемента. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2008. – 126 с.

3. Отраслевые отечественные и зарубежные журналы «Цемент и его применение», «Техника и технология силикатных материалов», «Строительные материалы». «ZEMENT - KALK – GIPS», «ZEMENT International».

### **6.3. Перечень интернет ресурсов**

**1. Сборник нормативных документов «СтройКонсультант» [www.snip.ru](http://www.snip.ru)** - Доступ осуществляется в зале электронных ресурсов НТБ (к.302).

**2. Электронный читальный зал <https://elib.bstu.ru/>**

Содержит полные тексты учебных и учебно-методических пособий, монографий, авторами которых являются преподаватели университета; учебных и учебно-методических изданий, приобретенных во внешних издательствах и книготорговых организациях; редких и ценных изданий из фонда научно-технической библиотеки. Доступ к электронному читальному залу осуществляется с компьютеров локальной сети университета и сети Интернет

**3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [elibrary.ru](http://elibrary.ru)**

Крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 19 млн научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 3900 российских научно-технических журналов, в том числе более 2800 журналов в открытом доступе. В настоящее время открыт доступ к 79 российским научно-техническим журналам. Доступ к ресурсу осуществляется с компьютеров локальной сети университета и в зале электронных ресурсов (к.302).



## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

**Лекционные занятия** проводятся в специально оборудованных учебных аудиториях, 103 УК2, оснащенной мультимедийным комплексом и 212 УК2, оснащенной мультимедийным комплексом и 12 компьютерами.

**Лабораторные занятия** проводятся в специализированных учебных и научно-исследовательских лабораториях.

- Лаборатория обжига и физико-механических испытаний, 109 УК2, оснащенная оборудованием: электропечь Thermoceramics; электропечь камерная СНОЛ - 2 шт; электрошкаф сушильный СНОЛ - 2 шт; вакуумсушильный шкаф ГЗВ; прессовое оборудование.

- Лаборатория микроскопических исследований, 106 УК2, оснащенная оборудованием: Микроскоп Carl Zeiss Jena NU2; система пробоподготовки Minitom; микроскоп стереоскопический МБС-10; поляризационно-интерференционный микроскоп BIOLAR PI.

- Помольное отделение, подвальное помещение под 109 УК2, оснащенное оборудованием:

прибор для определения тонкости помола цемента СММ; механическое сито; щековая дробилка; мельница 2-х камерная МБЛ.

- Лаборатория химических анализов, 110 УК2, оснащенная оборудованием: установка по изучению свойств воздушной строительной извести; установка по определению содержания свободной извести в клинкере; интерференционно-поляризационный микроскоп МРІ 5; поляризационный микроскоп МИН-8; электропечь камерная СНОЛ

**Самостоятельная подготовка** студентов может проходить в зале курсового и дипломного проектирования в учебной аудитории 212 УК2, оснащенной 12 компьютерами; в библиотеке кафедры ТЦКМ 119-а УК2, в которой собраны периодические издания по специальности за 15 лет, учебники, учебные пособия, справочники, электронные пособия.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2017/2018 учебный год.

Протокол № 14 заседания кафедры от «8» июня 2017 г.

Заведующий кафедрой



Борисов И. Н.

Директор института



Павленко В.И.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2018/2019 учебный год.

Протокол № 13 заседания кафедры от «15» мая 2018 г.

Заведующий кафедрой



Борисов И. Н.

Директор института



Павленко В.И.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/2020 учебный год.

Протокол № 16 заседания кафедры от «07» июня 2019 г.

Заведующий кафедрой



Борисов И. Н.

Директор института



Павленко В.И.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный год.

Протокол № 17 заседания кафедры от «13» мая 2020 г.

Заведующий кафедрой



Борисов И. Н.

Директор института



Павленко В.И.

## ПРИЛОЖЕНИЯ

### Приложение №1. Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины «Гидратация вяжущих и свойства гидратных фаз»

Дисциплина относится к блоку дисциплин профессионального модуля (Б1. М2. В. 04) учебного плана и является неотъемлемой частью подготовки магистров по направлению 18.04.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», профиль: «Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов в химической технологии вяжущих материалов»

Кроме основного учебника студентам следует пользоваться дополнительной литературой и журналами «Строительные материалы», «Цемент и его применение», «Вестник БГТУ им. В. Г. Шухова», «Техника и технология силикатных материалов», «ZEMENT - KALK – GIPS», «ZEMENT International» а также специализированными учебными пособиями. В них излагаются дополнительные сведения к теоретическому курсу и последние данные о современных достижениях науки и производства в промышленности строительных материалов в нашей стране и за рубежом. Новейшую информацию можно искать и в информационной сети, но относиться к таким материалам следует с осторожностью.

После каждой лекции магистранту рекомендуется проработать материал самостоятельно. В случае возникновения вопросов и сомнений, следует уточнить по учебнику или другой литературе, проконсультироваться у ведущего преподавателя, так как последующие вопросы часто исходят из предыдущих затруднений. В ходе прослушивания лекций магистрантам рекомендуется определения, формулы, схемы, расчеты излагать в письменном виде, что помогает усвоению и правильному изучению темы.

Изучение отдельных разделов дисциплины «Гидратация вяжущих и свойства гидратных фаз», завершается выполнением контрольных или тестовых заданий. Задания предусмотрены не только для контроля и проверки знаний, но и для выявления тем, вызвавших затруднения у студентов и требующих дополнительных разъяснений.

Кроме теоретических знаний магистрант повышает уровень проведения научно-исследовательских работ. Для этого в дисциплине предусмотрен лабораторный практикум. Лабораторный практикум магистранты выполняют в форме исследовательской работы. Исследуют вяжущий материал или композицию, по которой проводят магистерскую квалификационную работу. Результаты исследований могут быть включены в состав магистерской квалификационной работы. Перед магистрантами ставится задача комплексного изучения процессов и продуктов гидратации с течением времени, определения состава и свойств гидратных фаз, анализ и обобщение полученных материалов, определение зависимости свойств гидратных фаз от состава материала, выработка предложений по интенсификации процессов гидратации, внедрения предложения, анализ эффективности предложенного решения.

Исследования проводятся с использованием двух известных методик, изученных по программе бакалавриата и в дисциплине «Современные методы исследования силикатных материалов»:

- рентгеноструктурным анализом исходного материала и продуктов гидратации
- определение прочностных характеристик цементного камня в малых образцах.

В ходе лабораторного практикума магистранты осваивают новую методику исследования кинетики гидратации и твердения цементного камня по изменению объемного фазового состава гидратирующих (твердеющих) образцов.

На первом лабораторном занятии магистранты знакомятся с объемом работ, который им необходимо выполнить и методиками выполнения исследований. На второе занятие каждый магистрант представляет подробный календарный план исследований (с учетом расписания лабораторных занятий). Магистрант самостоятельно проводит расчет необходимого количества

вяжущего материала для проведения исследований тремя методикам. Далее лабораторные занятия идут в соответствии с планом магистранта. Все полученные результаты заносятся в специальный лабораторный журнал в соответствии с правилами ведения лабораторного журнала. Преподаватель контролирует выполнение календарного плана исследований и консультирует по вопросам методик проведения исследований и интерпретации полученных результатов.

Проанализировав полученные результаты, магистрант оформляет их в виде отчета и готовит доклад и презентацию. Зачет по лабораторному практикуму ставится магистрантам, выполнившим все пункты календарного плана и выступившим перед одногруппниками и преподавателем с докладом о результатах работы.

Магистрант, получивший зачет по лабораторному практикуму и выполнивший успешно все контрольные задания, допускается к экзамену.