

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

СОГЛАСОВАНО  
Директор института ИМ

  
И.В. Ярмоленко  
« 17 » мая 2021 г.



УТВЕРЖДАЮ  
Директор института ХТИ

  
Р.Н. Ястребинский  
« 17 » мая 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

Физическая химия вяжущих материалов

направление подготовки:

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

Направленность программы (профиль):

Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов в  
химической технологии вяжущих материалов

Квалификация

Магистр

Форма обучения

Очная

Институт Химико-технологический институт

Кафедра Технология цемента и композиционных материалов

Белгород 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - магистратура по направлению подготовки 18.04.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 7 августа 2020 г., № 909
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель (составители): ст. преподаватель  (С.В. Коварев)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_ (\_\_\_\_\_)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » мая 2021 г., протокол № 19

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, доцент  (И.Н. Борисов)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доцент  (Л.А. Порожнюк)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

# 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
	ПК-1 Способен анализировать технологические процессы с позиции энерго- и ресурсосбережения с применением цифровых инструментов, разрабатывать и обосновывать выбор мероприятий по энерго- и ресурсосбережению в производстве вяжущих материалов	ПК-1.1. Анализирует технологические процессы энерго- и ресурсосбережения на основе законов физической химии	<p><b>Знать:</b> физико-химические процессы синтеза портландцементного клинкера, алгоритмы исследований для изучения термодинамических закономерностей химико-технологических и физико-химических процессов</p> <p><b>Уметь:</b> выявлять зависимости между параметрами процесса синтеза клинкера</p> <p><b>Владеть:</b> способностью к анализу технологических процессов; навыками использования теоретических знаний о физико-химических процессах синтеза вяжущих веществ для разработки и организации производственного процесса</p>
		ПК-1.3. Формулирует задачи научных исследований по разработке и оптимизации технологических процессов и мероприятий по энерго- и ресурсосбережению	<p><b>Знать:</b> условия и последовательность образования клинкерных минералов, влияние примесей на процессы обжига</p> <p><b>Уметь:</b> опираясь на закономерности синтеза вяжущих материалов, разрабатывать мероприятия по утилизации техногенных отходов путем замены дефицитных материалов</p> <p><b>Владеть:</b> способностью применять знания о физико-химических процессах синтеза клинкера для создания энергетически выгодных и экологически чистых производств</p>
...		ПК-1.4. Проводит научные исследования по разработке и оптимизации технологических процессов и мероприятий по энерго- и ресурсосбережению	<p><b>Знать:</b> алгоритмы исследований для изучения кристаллохимических принципов строения вещества, термодинамических закономерностей химико-технологических и физико-химических процессов, протекающих при синтезе вяжущих веществ.</p> <p><b>Уметь:</b> самостоятельно разрабатывать программы научных исследований по подтверждению теоретически определённых возможностей протекания процессов при обжиге клинкера.</p> <p><b>Владеть:</b> методикой и методологией проведения научных исследований в профессиональной сфере</p>

ПК-3 Способен проводить оценку соответствия технологических процессов и качества продукции нормативным требованиям с использованием цифровых средств, разрабатывать и внедрять новые методы и средства контроля	ПК-3.2. Выявляет и анализирует причины брака продукции	<b>Знать:</b> основные закономерности процессов, способных привести к браку продукции <b>Уметь:</b> проводить мероприятия по выявлению причин брака продукции; описывать в общем виде и на конкретных примерах механизмы возникновения брака. <b>Владеть:</b> методикой анализа основных химических превращений в цементной шихте; основной техникой экспериментальной работы для выявления брака;
--	--	--

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

### 1. Компетенция ПК-1. Способен анализировать технологические процессы с позиции энерго- и ресурсосбережения с применением цифровых инструментов, разрабатывать и обосновывать выбор мероприятий по энерго- и ресурсосбережению в производстве вяжущих материалов

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Физическая химия вяжущих материалов
2	Производственная научно-исследовательская работа
3	Энергосбережение в производстве композиционных материалов на основе вяжущих
4	Эффективность использования воздушных вяжущих материалов
5	Проектное обучение
6	Технология и энергосбережение при измельчении твердых тел
7	Гидратация вяжущих с использованием техногенных отходов
8	Аудит технологического процесса производства вяжущих материалов
9	Управление технологическим процессом производства цемента с использованием компьютерных технологий
10	Автоматизированные системы управления технологическим процессом производства цемента
11	Производственная технологическая (проектно-технологическая) практика
12	Производственная преддипломная практика

### 2. Компетенция ПК-3. Способен проводить оценку соответствия технологических процессов и качества продукции нормативным требованиям с использованием цифровых средств, разрабатывать и внедрять новые методы и средства контроля.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Физическая химия вяжущих материалов
2	Производственная научно-исследовательская работа
3	Гидратация вяжущих с использованием техногенных отходов
4	Аудит технологического процесса производства вяжущих материалов
5	Производственная технологическая (проектно-технологическая) практика
6	Производственная преддипломная практика

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зач. единиц, 180 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации

ЭКЗАМЕН

(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 1
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	73	73
лекции	34	34
лабораторные	34	34
практические	0	0
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	107	107
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	71	71
Экзамен	36	36

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

#### Курс 1 Семестр 1

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1. Виды химических связей в твердых телах и кристаллохимические принципы строения веществ					
	Виды химической связи: межатомные и межмолекулярные силы, ионная, ковалентная металлическая, водородная связи. Структура и классификация силикатов	4		2	7
2. Термодинамические закономерности синтеза вяжущих веществ					
	Первое, второе, третье начала термодинамики. Энергия Гиббса. Возможность протекания реакций. Правила работы с двух- и трехкомпонентными диаграммами состояния. Диаграммы состояния с примесными элементами, вносимыми техногенными материалами	8		8	16
3. Виды дисперсных систем при получении вяжущих материалов и их свойства					
	Пути получения дисперсных систем. Адсорбция в дисперсных системах. Влияние среды на процесс диспергирования. Влияние органических веществ и ПАВ на текучесть шламов. Влияние техногенных материалов, используемых в качестве добавок при получении вяжущих материалов, на скорость измельчения	4		4	10
4. Физическая химия высокотемпературной обработки материалов					
	Физико-химические процессы термообработки материалов: сушка, диссоциация, декарбонизация. Диффузия в твердых телах. Влияние техногенных материалов на скорость диффузии. Твердофазовые реакции, их кинетика. Термодинамика твердофазовых реакций. Механизм твердофазовых реакций. Поведение твердых тел при нагревании. Последовательность химических превращений при твердофазовом взаимодействии. Сущность и виды спекания. Кинетика спекания и факторы влияющие на нее. Процесс кристаллизации расплавов. Рекристаллизация. Форма зерен. Пути энерго-и ресурсосбережения при использовании техногенных отходов в процессе обжига	18		20	38
	ВСЕГО	34		34	71

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Практические (семинарские) занятия не предусмотрены учебным планом.

## 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<b>семестр № 1</b>				
1	Виды химических связей в твердых телах и кристаллохимические принципы строения веществ	Определение устойчивости различных координационных группировок на основании правил соотношения ионных радиусов	2	2
2	Термодинамические закономерности синтеза вяжущих веществ	Определение возможности протекания реакций по величине энергии Гиббса	2	4
3		Практическое определение возможности протекания реакций путем обжига материалов с последующей идентификацией фаз методом РФА	6	6
4	Виды дисперсных систем при получении вяжущих материалов и их свойства	Определение влияния среды, в которой происходит диспергация материалов, на скорость измельчения	2	2
5		Изучение возможности энергосбережения при измельчении вяжущих материалов при использовании техногенных материалов	2	2
6	Физическая химия высокотемпературной обработки материалов	Анализ физико-химических процессов, происходящих при их нагревании с использованием двухкомпонентных диаграмм состояния	2	6
7		Проведение лабораторных исследований на основании полученных результатов о температурах плавления, полиморфных превращений, реакций с целью их проверки	4	4
8		Анализ физико-химических процессов, происходящих при нагревании, с использованием трехкомпонентных диаграмм состояния	4	6
9		Проведение лабораторных исследований на основе полученных результатов о температурах плавления, полиморфных превращений, реакций с целью их проверки	2	2
10		Разработка исследований для сравнения физико-химических процессов с использованием техногенных отходов и без. Проведение экспериментов	10	10
<b>ИТОГО:</b>			<b>34</b>	<b>44</b>

#### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом

#### 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Не предусмотрено учебным планом.

### 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

#### 5.1. Реализация компетенций

**1 Компетенция ПК-1** Способен анализировать технологические процессы с позиции энерго- и ресурсосбережения с применением цифровых инструментов, разрабатывать и обосновывать выбор мероприятий по энерго- и ресурсосбережению в производстве вяжущих материалов

*(код и формулировка компетенции)*

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-1.1. Анализирует технологические процессы энерго- и ресурсосбережения на основе законов физической химии	<i>Защита лабораторных работ Экзамен</i>
ПК-1.3. Формулирует задачи научных исследований по разработке и оптимизации технологических процессов и мероприятий по энерго- и ресурсосбережению	<i>Защита лабораторных работ Экзамен</i>
ПК-1.4. Проводит научные исследования по разработке и оптимизации технологических процессов и мероприятий по энерго- и ресурсосбережению	<i>Защита лабораторных работ Экзамен</i>

**2 Компетенция ПК-3.** Способен проводить оценку соответствия технологических процессов и качества продукции нормативным требованиям с использованием цифровых средств, разрабатывать и внедрять новые методы и средства контроля.

*(код и формулировка компетенции)*

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-3.2. Выявляет и анализирует причины брака продукции	<i>Защита лабораторных работ Экзамен</i>

## 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Виды химических связей в твердых телах и кристаллохимические принципы строения веществ	1. Химическая связь в твердых телах: ионная, ковалентная, металлическая, водородная. 2. Химическая связь в твердых телах: межатомарные силы, межмолекулярные взаимодействия. 3. Правила соотношения радиусов
2	Термодинамические закономерности синтеза вяжущих веществ	4. Химическая термодинамика. Понятие система, окружающая среда, фаза, составные части, компоненты. Виды систем. Энтальпия 5. Первый закон термодинамики, закон Гесса 6. Химическая термодинамика. Понятия обратимые и необратимые процессы, равновесное состояние, тепловой эффект реакции. Энтропия 7. Второе начало термодинамики. Изменение энтропии как критерий равновесия и самопроизвольности процесса 8. Понятия: энергия и ее виды, работа, теплота, теплообмен, теплоемкость. Третье начало термодинамики. Принцип Ле Шателье 9. Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца. Константа равновесия. Химическое равновесие в гетерогенных реакциях
3	Виды дисперсных систем при получении вяжущих материалов и их свойства	10. Получение дисперсных систем. Диспергация и влияние среды на ее процесс. 11. Аморфизация. Поверхностная энергия Гиббса. Адсорбция и ее виды. 12. Физико-химические свойства порошкообразных твердых тел: форма зерен, гранулометрическое распределение, насыпная масса, пористость. Агрегация. Агломерация 13. Влияние среды на процесс диспергирования. Влажность дисперсных систем. Влияние органических и неорганических добавок на структурно-механические свойства шламов. 14. Диспергирование системы в виде суспензии. Структура суспензии. Текучесть суспензии. 15. Влияние техногенных отходов на процесс диспергации с целью возможности энерго- и ресурсосбережения 16. Виды добавок-интенсификаторов измельчения, используемых для создания экономически выгодных производств. Принцип их действия
4	Физическая химия высокотемпературной обработки материалов	17. Термообработка материалов: сушка. Обезвоживание двуводного сульфата кальция при получении гипсовых вяжущих 18. Термообработка материалов: декарбонизация. 19. Твердофазовые реакции. Диффузия в твердых телах 20. Варианты передвижения структурных элементов. Виды диффузии. Изменение скорости диффузии при

		<p>использовании техногенных отходов</p> <p>21. Механизм реакции в смесях твердых веществ</p> <p>22. Последовательность химических превращений при твердофазовых реакциях. Кинетика твердофазовых реакций</p> <p>23. Влияние условий твердофазового взаимодействия на его скорость: микродобавок, диспергирования, минерализаторов, температуры, давления, газовой среды.</p> <p>24. Механизм реакции в смесях твердых веществ.</p> <p>25. Влияние микрорасплавов, возникающих при использовании вторичных материалов, на скорость и механизм твердофазовых реакций.</p> <p>26. Сущность процесса спекания. Твердофазовое спекание. Стадии твердофазового спекания и кинетика. Факторы, влияющие на процесс спекания.</p> <p>27. Сущность процесса спекания. Жидкостное спекание, его виды. Спекание за счет процесса испарение-конденсация, спекание за счет пластической деформации под давлением, реакционное спекание.</p> <p>28. Сущность процесса спекания. Виды спекания (кратко). Факторы влияющие на процесс спекания.</p> <p>29. Влияние техногенных материалов на скорости твердофазовых реакций и температуры спекания вяжущих веществ.</p> <p>30. Теория кислотно-основного взаимодействия: Бренстеда Лоури, Льюиса, Аррениуса, Усановича</p> <p>31. Варианты энергосбережения при обжиге вяжущих веществ. Пути экономии топлива</p>
--	--	---

### 5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых контрольных заданий)
1	Виды химических связей в твердых телах и кристаллохимические принципы строения веществ	<p>1. Механизм образования связей в кристаллических веществах</p> <p>2. Составить структурную формулу минерала глины <math>Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O</math></p> <p>3. Определить кремнекислородный мотив по формуле минерала</p>

2	Термодинамические закономерности синтеза вяжущих веществ	<p>1. Понятие энтальпии. Теплота образования. Теплота полиморфных превращений. Теплоемкость.</p> <p>2. Первое начало термодинамики. Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса.</p> <p>3. Понятия: система (открытая, закрытая, гомогенная, гетерогенная), окружающая среда, фаза, составные части системы, компоненты. Энтропия.</p> <p>4. Второе и третье начала термодинамики. Изменение энтропии как критерий равновесия и самопроизвольности процессов.</p> <p>5. Энергия Гиббса. Принцип Ле-Шателье. Равновесие системы</p> <p>6. Газ получил количество теплоты, равное 1 кДж, и его сжали, совершив при этом работу 600 Дж. Как при этом изменилась внутренняя энергия газа?</p> <p>7. Реакция горения бензола выражается термохимическим уравнением:  <math>C_6H_6(ж) + 7\frac{1}{2}O_2(г) = 6CO_2(г) + 3H_2O(г) - 3135,6 \text{ кДж}</math>.          Вычислите теплоту образования жидкого бензола.</p> <p>8. Аргон, находящийся в сосуде объемом 5 л, нагревают так, что его давление возрастает с 100 кПа до 300 кПа. Какое количество теплоты получил газ?</p> <p>9. При сжигании 18г алюминия в кислороде выделилось 547кдж теплоты. Составьте термохимическое уравнение этой реакции.</p> <p>10. Определить в каком направлении при 298К (прямом или обратном) будет протекать реакция. Рассчитать температуру, при которой вероятны оба направления реакции.</p> <table border="1" data-bbox="619 1025 1481 1218"> <thead> <tr> <th></th> <th>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></th> <th>H<sub>2</sub></th> <th>Fe</th> <th>H<sub>2</sub>O</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ΔH, кДж/моль</td> <td>-822.16</td> <td></td> <td></td> <td>-241.82</td> </tr> <tr> <td>ΔS, Дж/моль</td> <td>89.96</td> <td>131</td> <td>27.15</td> <td>188.7</td> </tr> </tbody> </table> <p>11. Определите тепловой эффект сгорания жидкого CS<sub>2</sub>(ж) до образования газообразных CO<sub>2</sub> и SO<sub>2</sub>. Сколько молей CS<sub>2</sub> вступят в реакцию, если выделится 700 кДж тепла?          ΔH<sup>0</sup><sub>CS<sub>2</sub></sub> = 87 кДж/моль          ΔH<sup>0</sup><sub>SO<sub>2</sub></sub> = -296,9 кДж/моль ΔH<sup>0</sup><sub>CO<sub>2</sub></sub> = -393,5 кДж/моль</p> <p>12. Сколько выделится теплоты при получении 1 кг железа по реакции:  <math>Fe_2O_3(к) + 3CO(г) = 2Fe(к) + 3CO_2(г)</math>,          если энтальпии образования Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(к), CO(г) и CO<sub>2</sub>(г) соответственно равны (кДж/моль):          -822,7; -110,6 и -394,0.</p> <p>13. Определить теплоту образования Ca(OH)<sub>2</sub> на основе:          1) CaCO<sub>3</sub> = CaO + CO<sub>2</sub>; ΔH<sub>1</sub> = -18,20 кДж;          2) CaO + H<sub>2</sub>O = Ca(OH)<sub>2</sub> ΔH<sub>2</sub> = -283,0 кДж,</p>		Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub>	Fe	H <sub>2</sub> O	ΔH, кДж/моль	-822.16			-241.82	ΔS, Дж/моль	89.96	131	27.15	188.7
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub>	Fe	H <sub>2</sub> O													
ΔH, кДж/моль	-822.16			-241.82													
ΔS, Дж/моль	89.96	131	27.15	188.7													
3	Виды дисперсных систем при получении вяжущих материалов и их свойства	<p>1. Диспергация и влияние среды на ее процесс.</p> <p>2. Аморфизация. Поверхностная энергия Гиббса. Адсорбция и ее виды.</p> <p>3. Агрегация. Агломерация</p> <p>4. Влияние среды на процесс диспергирования. Влажность дисперсных систем. Влияние органических и неорганических добавок на структурно-механические свойства шламов.</p> <p>5. Диспергирование системы в виде суспензии. Структура суспензии. Текучесть суспензии.</p> <p>6. Влияние техногенных отходов на процесс диспергации с целью возможности энерго- и ресурсосбережения</p>															

		7. Виды добавок-интенсификаторов измельчения, используемых для создания экономически выгодных производств. Принцип их действия
4	Физическая химия высокотемпературной обработки материалов	1. Определение пути кристаллизации расплава при охлаждении и пути плавления твердого вещества при нагревании на основании двухкомпонентных диаграмм состояния. 2. Определение характера плавления фазы (конгруэнтный или инконгруэнтный), состава расплава, состава первично кристаллизующейся из расплава твердой фазы, конечные продукты кристаллизации, путь изменения состава жидкой фазы на основании трехкомпонентных диаграмм состояния

#### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знание	<i>Знание терминов, определений, понятий</i>
	<i>Знание основных закономерностей, соотношений, принципов</i>
	<i>Объем освоенного материала</i>
	<i>Полнота ответов на вопросы</i>
	<i>Четкость изложения и интерпретации знаний</i>
Умение	<i>Алгоритм действий</i>
	<i>Качество исполнения</i>
	<i>Самостоятельность</i>
Навыки	<i>Постановка цели (профессиональной задачи)</i>
	<i>Грамотный подбор методик</i>
	<i>Аргументированность выводов и решений</i>

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знание.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений,	Не знает основные закономерности и соотношения,	Знает основные закономерности, соотношения,	Знает основные закономерности, соотношения,	Знает основные закономерности, соотношения,

принципов	принципы построения знаний	принципы построения знаний	принципы построения знаний, их интерпретирует и использует	принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все - полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полностью усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

### Оценка сформированности компетенций по показателю *Умение*

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Алгоритм действий	Не знает алгоритма действий при выполнении работ	Знает алгоритм действий, но допускает значительные неточности	Знает алгоритм действий, допускает незначительные неточности	Знает алгоритм действий
Качество исполнения	Задание не выполнено	Задание выполнено полностью, допущены серьезные ошибки при выполнении	Задание выполнено полностью, допущены незначительные ошибки.	Задание выполнено полностью, без ошибок
Самостоятельность	Не может выполнить задание, требуется постоянная помощь в выполнении	Может выполнить задание, но требуется значительная помощь при выполнении некоторых этапов работы	Самостоятельно выполняет все этапы работы, оказывается незначительная помощь в выполнении задания	Полностью самостоятельно выполняет все этапы работы

Оценка сформированности компетенций по показателю *Навыки*

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Постановка цели (профессиональной задачи)	Не может произвести постановку цели и задач для решения проблемы, производит постановку ошибочных целей	Производит постановку целей, не полностью отражающих содержание проблемы. Цели и задачи не соотносятся между собой	Производит постановку целей, отражающих содержание проблемы, но требующих дополнения	Производит постановку целей и задач полностью соотносящихся между собой и полностью отражающих содержание проблемы
Грамотный подбор методик	Не может выбрать необходимую методику для решения задачи	Выбирает малоэффективные для решения задачи методики	Выбирает подходящую методику решения задачи	Выбирает наиболее оптимальную методику решения задачи
Аргументированность выводов и предложенных решений	Не может сформулировать выводы и предложить решение задачи. Предлагает ошибочные формулировки	Формулирует выводы и решения недостаточно точно отражающие цели и задачи	Формулирует выводы и предложения, требующие незначительной корректировки	Формулирует аргументированные выводы и предложения по решению задачи

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Зал курсового, дипломного проектирования и учебная лаборатория (УК2 №103) для проведения лекционных занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук
2	Лаборатория обжига и физико-механических испытаний (УК2 №109) для проведения лабораторных занятий	Электропечь Thermoceramics; электропечь камерная СНОЛ - 2 шт; электрошкаф сушильный СНОЛ - 2 шт; вакуумсушильный шкаф ГЗВ; прессовое оборудование, прибор для определения тонкости помола цемента СММ; механическое сито; щековая дробилка; мельница 2-х камерная МБЛ;
3	Лаборатория химических анализов (УК2 №110) для проведения лабораторных занятий	Установка по определению содержания свободной извести в клинкере; интерференционно-поляризационный микроскоп МР1 5; поляризационный микроскоп МИН-8, аналитические весы, технические весы.
4	Зал курсового и дипломного проектирования (УК2 №212) для проведения самостоятельной работы	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук, 12 компьютеров
5	Читальный зал библиотеки для проведения самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения	Реквизиты подтверждающего документа
	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

### 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Вишняков, А.В. Физическая химия : учеб, для студентов вузов / А.В. Вишняков, Н.Ф. Кизим. – Москва: Химия, 2012. – 840 с. – (Для высшей школы). – ISBN 978-5-98109-094-3.
2. Афанасьев, Б.Н. Физическая химия : учеб, пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Хим. технология", "биотехнология", "Энерго- и ресурсосберегающие процессы в хим. технологии, нефтехимии и биотехнологии" / Б.Н. Афанасьев, Ю.П. Акулова. – Санкт-Петербург; Москва; Краснодар : Лань, 2012. – 464 с. – ISBN 978-5-8114-1402-4.
3. Классен В.К. Технология и оптимизация производства цемента: краткий курс лекций: учеб, пособие / В.К. Классен. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 308 с.
4. Практикум по физической химии : учеб, пособие для студентов химико-технол. специальностей вузов / ред. И. В. Кудряшов. – 4-е изд., перераб, доп. стер. изд. – Москва : Альянс, 2015. – 495 с.
5. Кузнецова, Т.В. Физическая химия вяжущих веществ / Т.В. Кузнецова, И.В. Кудряшов, В.В. Тимашев. – М.: Высшая школа, 1989. – 384 с.
6. Горшков, В.С. Физическая химия силикатов и других тугоплавких соединений / В.С. Горшков, В.Г. Савельев, Н.Ф. Федоров. – М.: "Высшая школа", 1988. – 400 с.
7. Физическая химия тугоплавких неметаллических и силикатных материалов : метод, указания к выполнению контрольной работы для студентов заоч. формы обучения специальность 240304 / сост. Н.П. Бушуева, М.С. Шиманская. – Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2004. – 27 с.
8. Слюсарь, А.А. Начала химической термодинамики : учеб, пособие / А.А. Слюсарь, В.Д. Мухачева ; БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород : Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2008. – 167 с.
9. Слюсарь, А. А. Физическая химия : конспект лекций для студентов специальности 240304 / А.А. Слюсарь, О. А. Слюсарь ; БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород : Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2008. – 201 с. + 1 эл. опт. диск (CD-RW).
10. Артамонова, М.В. Практикум по общей технологии силикатов: учеб, пособие для вузов / М.В. Артамонова, А.И. Рабухин, В. Г. Савельев. – Москва: Стройиздат, 1996. – 280 с. – ISBN 5-274- 00401-6
11. Аносов В.Я. Основы физико-химического анализа / В.Я. Аносова, М.И. Озерова, Ю.Я. Фиалков. – М.: Наука, 1976. – 504 с.
12. Будников, П.П. Реакции в смесях твердых веществ / П.П. Будников, А.М. Гинстлинг. М., Стройиздат, 1971. – 488 с.
13. Киреев, В.А. Методы практических расчетов в термодинамике химических реакций / В.А. Киреев. – М.: Химия, 1970. – 519 с.
14. Торопов, Н.А. Диаграммы состояния силикатных систем. Справочник. Выпуск третий. Тройные силикатные системы / Н.А. Торопов [и др.]. – Л.: "Наука", 1972. – 448 с.

### 6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

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 [elibrarv.ru](http://elibrarv.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)..