

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


СОГЛАСОВАНО
Директор ИЗО
С.Е. Спесивцева
«*mas*» 2021 г.


СВЕРЖДАЮ
Директор ХТИ
Р.Н. Ястребинский
«*mas*» 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

Термодинамика силикатных систем

направление подготовки:

18.03.02 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

Бакалавр

Форма обучения

Заочная

Институт: Химико-технологический институт

Кафедра: Технологии цемента и композиционных материалов

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 18.03.02 Энерго-и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020 г., № 923.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель (составители): к.т.н., доц. _____ (В.М. Коновалов)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой
Технологии цемента и композиционных материалов
(наименование кафедры)

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

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
ПК-2, Способен обеспечивать технологическое сопровождение процесса производства вяжущих материалов с позиции повышения его эффективности	ПК-2.5. Применяет основные законы термодинамики и теории тепломассообмена для обеспечения рационального режима работы вращающихся печей и оптимизации, протекающих при обжиге, химико-технологических процессов, способствует повышению эффективности работы теплотехнического оборудования	<p>Знание: Знание теплотехнических закономерностей и принципов оптимизации работы теплотехнического оборудования и составов сырья для производства вяжущих материалов.</p> <p>Умение: анализировать результаты исследований технологических процессов для обеспечения их экономичности и эффективности.</p> <p>Навыки: Владеть навыками термодинамических расчетов с применением цифровых инструментов. Владеть методикой оценки совершенства энерго-химико-технологической системы</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Компетенция ПК-2. Способен обеспечивать технологическое сопровождение процесса производства вяжущих материалов с позиции повышения его эффективности

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами:

Стадия	Наименования дисциплины
1	Механическое оборудование (общий курс)
2	Оборудование цементных предприятий
3	Производственная эксплуатационная практика
4	Физическая химия силикатов
5	Процессы и аппараты защиты окружающей среды
6	Технология производства цемента
7	Основы компьютерного проектирования технологического оборудования
8	Теория горения топлива и тепловые установки в производстве вяжущих материалов
9	Химия вяжущих материалов
10	Производственная технологическая (проектно-технологическая) практика
11	Технология вяжущих и композиционных материалов с использованием техногенных продуктов
12	Оптимизация технологических процессов производства цемента с применением ЭВМ
13	Термодинамика силикатных систем
14	Тепломассообмен во вращающихся печах
15	Управление технологическим процессом производства цемента
16	Энергосбережение в производстве цемента
17	Производственная преддипломная практика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач. единиц, 108 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации дифференцированный зачет

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр №7	Семестр №8
Общая трудоемкость дисциплины, час	108	2	106
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	6	2	4
лекции	4	2	2
лабораторные			
практические	2	0	2
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	0	0	0
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	102	0	102
Курсовой проект			
Курсовая работа			
Расчетно-графическое задания			
Индивидуальное домашнее задание	9		9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	93	2	93
Экзамен			

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 4 Семестр 8

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1.	Техническая термодинамика				
	Предмет и содержание курса технической термодинамики. Значение термодинамики в	0,5	0,5	0	30

	<p>технологии вяжущих материалов. Термодинамическая система, параметры, процесс. Энергия, работа и теплота, их эквивалентность. Функции состояния. Внутренняя энергия системы энтальпия. Математическое выражение первого закона термодинамики</p> <p>Термодинамические процессы идеальных газов. Процессы при постоянных температуре, объеме, давлении. Политропный процесс</p> <p>Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы. Цикл Карно. Математическое выражение второго начала термодинамики. Энтропия</p>				
2.	Элементы химической термодинамики, химическое равновесие				
	<p>Элементы химической термодинамики. Теплоемкость неорганических соединений. Зависимость теплоемкости от температуры. Уравнение Кирхгофа. Изменение энтропии как критерий самопроизвольности процессов</p> <p>Третий закон термодинамики. Тепловая теорема Нернста. Химическое равновесие, энергия Гиббса. Влияние температуры на химическое равновесие и свойства веществ. Методы расчета Энергии Гиббса.</p>	1	0,5	0	32
3.	Основы теплотехники				
	<p>Тепловые балансы. Тепловой эффект клинкерообразования. Физическая сущность процессов сушки и высокотемпературного синтеза. Оборудование заводов по производству цемента.</p> <p>Работоспособность термодинамических систем. Функции работоспособности. Эксергия. Эксергетический анализ тепловых машин и процессов</p> <p>Эффективность сжигания топлива во вращающихся печах. Влияние работы клинкерных холодильников на условия теплообмена в печи. Сущность коэффициента теплотерь.</p>	0,5	1	0	31
	ВСЕГО	2	2	0	93

4.2. Содержание лабораторных занятий

В соответствии с учебным планом лабораторных занятий не предусмотрено

4.3. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 7				
1	Техническая термодинамика	Определение теплоемкости газовых смесей	1	32
		Эквивалентность превращения тепловой и механической энергии		
		Основные газовые процессы		
		Изучение круговых процессов		
2	Химическая термодинамика, химическое равновесие	Определение направления протекания процесса	0,5	31
		Зависимость теплоемкости от температуры		
		Влияние температуры на химическое равновесие и свойства веществ		
3	Теплотехника	Тепловой эффект клинкерообразования	0,5	30
		Энергетический анализ работы тепловых машин		
		Теплообмен во вращающейся печи цементного производства		
		Влияние к.п.д. клинкерного холодильника на процессы теплообмена во вращающейся печь		
ИТОГО:			2	93

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом.

4.5. Содержание индивидуальных домашних заданий

Индивидуальное домашнее является одной из форм контроля знания студентов выполняется в форме расчетных заданий по заданной теме.

Цель практических заданий:

1. Углубленное изучение термодинамических процессов клинкерообразования и теплообмена в тепловых установках.
2. Получение практических навыков при расчетах термодинамических параметров обжига сырья и теплообмена.

Каждое расчетное задание состоит из трех разделов:

Раздел I Условие задачи и исходные данные по соответствующему варианту задания.

- Раздел II Основные расчеты с пояснениями расчетных формул и источников справочных величин.
- Раздел III Результаты расчета. Выводы и вычерчивание схемы по полученным данным.

Требования к оформлению индивидуальных домашних заданий

Пояснительная записка выполняется на листах формата А4 (210x297 мм) в рукописном или печатном варианте и включает: титульный лист, содержание, условие задания, выполненные расчеты, необходимые схемы или чертежи, а также список использованной литературы. Все страницы должны быть пронумерованы. Вариант работы указывается преподавателем.

Темы индивидуальных домашних заданий:

1. Расчет размеров сопла газовой горелки.
2. Определение теоретического расхода тепла на получение клинкера.
3. Эксергетический анализ теплового баланса клинкерного холодильника.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

Компетенция ПК-2 Способен обеспечивать технологическое сопровождение процесса производства вяжущих материалов с позиции повышения его эффективности.

Наименование индикатора достижения	Используемые средства оценивания
ПК-2.5. Применяет основные законы термодинамики и теории тепломассообмена для обеспечения рационального режима работы вращающихся печей и оптимизации, протекающих при обжиге, химико-технологических процессов, способствует повышению эффективности работы теплотехнического оборудования.	<i>Диф. зачет, защита практических занятий и ИДЗ, устный опрос</i>

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Термодинамика	Термодинамические системы (открытая, закрытая, изолированная и т.д.)
2		Понятие о термодинамических процессах. Энергия, работа и теплота.
3		Параметры состояния системы (объем, давление, температура и т.д.)
4		Уравнение состояния газов (Менделеева-Клапейрона)

5		Законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля
6		Газовая постоянная (физический смысл)
7		Закон состояния идеальных и реальных газов
8		Теплоёмкость: истинная, средняя. Расчет истинной теплоёмкости
9		Теплоёмкость: массовая, объёмная, мольная при постоянных объёме, давлении, линейная и нелинейная теплоемкость
10		Коэффициент Пуассона
11		Парциальные давление и объём смеси газов, закон Дальтона
12		Кажущаяся молекулярная масса
13		Первый закон термодинамики
14		Нулевой закон термодинамики
15		Аналитическое выражение I закона термодинамики
16		Энтальпия и внутренняя энергия системы
17		Изохорный процесс в P-V и T-S диаграммах
28		Изобарный процесс в P-V и T-S диаграммах
19		Изотермический процесс в P-V и T-S диаграммах
20		Адиабатный процесс в P-V и T-S диаграммах
21		Политропный процесс, в P-V и T-S диаграммах
22		Прямой цикл Карно в координатах P-V и T-S
23		II закон термодинамики (определение, аналитическое выражение)
24		Энтропия (общие понятия, физический смысл)
25		Термодинамика потоков, I закон термодинамики для потока.
26		Истечение газов из сопла (сужающегося, расширяющегося)
27		Определение критических значений истечения газов.
28	Химическая термодинамика, химическое равновесие	Термодинамические законы для конденсированных систем
29		Энтропийный анализ химико-технологических процессов
30		Энтальпия процесса, самопроизвольность протекания реакции, тепловой эффект реакции.
31		Теплоемкость нелинейная, функция температуры.
32		Тепловой эффект образования клинкера (ТЭК)
33		Способы расчета ТЭК, закон Гесса
34		Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Закон Кирхгофа.
35		Константа равновесия, ее взаимосвязь с энтальпией и температурой.

36		Влияние температуры на термодинамические свойства веществ и параметры реакции
33		
38	теплотехника	Оптимизация работы вращающейся печи, параметры оптимизации
39		Тепловые процессы в печных агрегатах
40		Тепловой эффект образования клинкера (ТЭК), расчет различными методами.
41		Эксергия (определение, физический смысл)
42		Виды эксергии
43		Потери эксергии
44		Эксергетический баланс, эксергетический КПД
45		Влияние работы клинкерных холодильников на условия теплообмена в печи.
46		Сущность коэффициента теплопотерь. Значение экономии тепла в горячей части печи

Тестирование осуществляется после прохождения каждого из разделов дисциплины. На тестирование отводится 30 минут.

Перечень некоторых типовых тестовых заданий

1	<p>Что такое параметры состояния газа?</p> <p>а) Физические макроскопические величины, характеризующие состояние рабочего тела.;</p> <p>б) Параметры тела, определяющие его массу и размеры</p> <p>в) Физические величины определяющие его инерцию по отношению к окружающей среде</p>	а)
2	<p>Как понимаете эквивалентность теплоты и работы?</p> <p>а) теплоты идентична работе;</p> <p>б) эквивалентность между теплотой и работой определяется коэффициентом пропорциональности: 1 кал =4,19 Дж.;</p> <p>в) Работа не является эквивалентом теплоты;</p>	б)
3	<p>Сформулировать первый закон термодинамики и его аналитическое выражение</p> <p>а) Теплота не может самопроизвольно переходить от более нагретого тела к менее нагретому. $Q=A+ T\Delta S$;</p> <p>б) подводимая теплота расходуется на изменение внутренней энергии и на совершение внешней работы $Q=U+L$;</p> <p>в) если системы 1и2 находятся в тепловом равновесии с третьей системой 3 то системы 1 и 2 также будут находиться в тепловом равновесии друг с другом. $Q_1=Q_2=Q_3$</p>	б)
4	<p>Сформулировать закон Кирхгофа, о температурной зависимости теплового эффекта реакций.</p> <p>а) тепловой эффект реакции равен разности теплоемкостей продуктов реакции и исходных веществ с учетом стехиометрических коэффициентов: $H_{t2}-H_{t1}=\int_{t_1}^{t_2} \Delta C_p dT$</p> <p>б) тепловой эффект реакции равен разности тепловых эффектов продуктов реакции и исходных веществ $\Delta H=\Delta H_2-\Delta H_1$</p> <p>в) тепловой эффект реакции определяется как алгебраическая сумм тепловых эффектов реакций участвующих веществ</p>	а)

5	Сформулировать второй закон термодинамики а) в круговом процессе подводимая теплота не может быть полностью превращена в работу б) энергия не создается и не уничтожается, она лишь переходит из одной формы в другую с) вблизи абсолютного нуля теплоемкость перестает зависеть от температуры.	а)
---	---	----

1	Задание/вопрос 1 Сформулировать второй закон термодинамики
	Основные компоненты правильного Сформулирован закон - в круговом процессе подводимая теплота не может полностью превращена в работу: $A_{\max} = Q \cdot (1 - T_0/T)$
2	Задание/вопрос 2 Дать определение теплоемкости. Соотношения между изобарной и изохорной теплоемкостью исходя из первого закона термодинамики
	Основные компоненты правильного ответа Дано определение- Теплоемкость-количество теплоты, необходимое для передачи единице количеств вещества для изменения его температуры на 1 градус °C в данном процессе. $C_p = C_v + R$; $C_p = du/dt + pdv/dt = du/dt + Rdt/dt$ $C_p/C_v = k$ – Коэффициент адиабаты
3	Задание /вопрос. 3 Что такое политропный процесс. Уравнение политропы.
	Основные компоненты правильного ответа Политропный процесс- всякий обратимый процесс, который подчиняется уравнению $pv^n = \text{const}$, где показатель n имеет любое значение от $+\infty$ до $-\infty$.
4	Задание /вопрос 4 Понятие энтропий в формулировке Клузиуса, и Больцмана
	Основные компоненты правильного ответа Приведенная теплота dq/T , для обратимого процесса, преобразующего состояние O в состояние X. в обратимом процессе сумма изменения энтропии равна нулю [$Q_1/T_1 - Q_2/T_2 = 0$], Больцман определяет связь энтропии и вероятности : $\Delta s = k \ln W$, где k- const Больцмана W-термодинамическая вероятность. Энтропия – это \ln числа различных микросостояний соответствующих данному макросостоянию.
5	Задание/ вопрос 5 Сформулируйте первый закон термодинамики для потока
	Основные компоненты правильного ответа Энергия, подведенная к системе, расходуется на изменение внутренней энергии, работы против внешних сил (работа проталкивания) и на изменение внешней кинетической энергии газа при его движении по каналу. $dq = du + dl + d(\omega^2/2)$
	Задание/ вопрос 6 Уравнение теплоемкости для конденсированных систем.
	Основные компоненты правильного ответа Силикатные системы не содержат газовой фазы, внешним давлением можно пренебречь и тогда $C_p = C_v$ / Для большинства твердых веществ зависимость теплоемкости от температуры выражается формулой: $C = a + bt + ct^2$; или чаще $C = a + bt + ct^2$
7	Задание /вопрос 7 Сформулируйте закон Гесса
	Основные компоненты правильного ответа Тепловой эффект реакции превращения одного продукта в другой равен разности тепловых эффектов продуктов реакции и исходных веществ и не зависит от пути процесса, а определяется только начальным и конечным состоянием системы.
8	Задание/вопрос 8 Понятие свободной энергии Гиббса, ее аналитическое выражение
	Основные компоненты правильного ответа Для реакций, протекающих при постоянном давлении и температуре второй закон запишется в виде: $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$; где ΔG - изобарный потенциал процесса (свободная энергия Гиббса), представляющая максимальную часть энергии, которая может превратиться в работу, ΔS -изменение энтропии системы, T –температура процесса.
9	Задание/вопрос 9 Смысл теоремы Нернста
	Основные компоненты правильного ответ Третье начало термодинамики утверждает, что для реакций в конденсированных системах , протекающих возле абсолютного нуля U, H, F, G, c_p . Место для уравнения. c_v и др. перестают зависеть от температуры. Это позволяет избавиться в уравнении Габера от постоянной интегрирования и упростить решение задач.
10	Задание/вопрос 10 Анализ процессов при постоянном давлении

<p>Основные компоненты правильного ответа С увеличением температуры растет объем. Работа расширения при изменении объема определяется уравнением $l = \int_1^2 p dv = p(v_2 - v_1)$. Количество теплоты подведенное в изобарном процессе $q = \int_1^2 Cp dt = Cp(t_2 - t_1) = h_2 - h_1$</p>
--

**5.2.2. Перечень контрольных материалов
для защиты курсового проекта/ курсовой работы**
Не предусмотрено учебным планом.

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

Текущий контроль осуществляется в течение семестра при проведении и выполнении практических расчетных заданий и индивидуальных домашних заданий.

Практические работы расчетного характера выдаются преподавателем индивидуально каждому студенту.

Защита расчетных заданий возможна после проверки правильности выполнения задания, оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования (устного опроса) преподавателя со студентом по теме практического задания. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты практических заданий представлен в таблице.

№	Тема практического задания	Примерные контрольные вопросы.
1	Основные параметры состояния газа	Что такое параметры состояния газа; вывод уравнения состояния идеального газа; газовые смеси; способы задания смесей; газовая постоянная; кажущаяся молекулярная масса
2	Термодинамические процессы в газах.	Эквивалентность теплоты и работы; Внутренняя энергия газа; аналитическое выражение первого закона термодинамики; понятие энтальпии; Теплоемкость газов-истинная, средняя, изобарная, мольная и др.; термодинамические процессы в газах; P-V диаграммы; анализ политропных процессов;
4	Второй закон термодинамики, круговые циклы	Круговые процессы в газах; прямой и обратный цикл Карно; математическое выражение энтропии; T-S диаграммы.
5	Истечение и дросселирование газов	Работа проталкивания и располагаемая работа; адиабатический процесс истечения газов; критическая скорость истечения газ из сопла.
6	Тепловой и эксергетический балансы клинкерного холодильника.	тепловые балансы тепловых агрегатов-клинкерного холодильника, цементной печи; понятие эксергии; виды эксергии; потери эксергии; эксергетические балансы
7	Элементы химической термодинамики, расчет тепловых эффектов химических реакций	Формулировка закона Гесса; закон Кирхгофа; теплоты образования химических соединений; химические потенциалы; энергия Гиббса; энергия Гельмгольца; уравнение Габера; нулевая теорема Нернста.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета, 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
ПК-2, Способен обеспечивать технологическое сопровождение процесса производства вяжущих материалов с позиции повышения его эффективности	
Знания	Знание терминов, определений, понятий в области технической и химической термодинамики:
	Знание областей использования законов термодинамики в технологии производства вяжущих материалов.
	Знание теплотехнических закономерностей и принципов оптимизации работы теплотехнического оборудования и составов сырья для производства вяжущих материалов.
Умения	Уметь обосновывать выбор методов расчета основных тепломассобменных процессов в химической технологии.
	Уметь проводить анализ технологических процессов с точки зрения их эффективности и оптимизации.
	Уметь анализировать результаты исследований технологических процессов для обеспечения их экономичности и эффективности
Навыки	Владеть навыками термодинамических расчетов с применением цифровых инструментов.
	Владеть методикой оценки совершенства энерго-химико-технологической системы.
	Владеть навыками самостоятельной обработки информации и экспериментальных данных исследований.

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка.			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий в области термодинамики технологических процессов	Не знает терминов, определений, понятий в области термодинамики технологических процессов	Знает термины, определения, понятия в области термодинамик и технологических процессов. При ответе на вопрос обучающийся	Знает термины, определения, понятия в области термодинамик и технологических процессов, но допускает несущественн	Знает термины, определения, понятия в области термодинамик и технологических процессов. Не затрудняется с ответом на

		допускает ошибки, неточные формулировки	ые неточности в ответе на вопрос.	дополнительные вопросы.
Знание областей использования законов термодинамики в технологии производства вяжущих материалов.	Не знает основных областей использования законов термодинамики в технологии производства вяжущих материалов..	Знает основные области использования законов термодинамик и в технологии производства вяжущих материалов.. При ответе на вопрос обучающийся допускает ошибки, неточные формулировки	Знает основные области использования законов термодинамики технологических процессов производства вяжущих материалов, но допускает несущественные неточности в ответе на вопрос.	Знает основные области использования законов термодинамик и технологических процессов производства вяжущих материалов. Использует в ответе дополнительный материал, без труда отвечает на дополнительные вопросы.
Знание теплотехнических закономерностей и принципов оптимизации работы теплотехнического оборудования и составов сырья для производства вяжущих материалов.	Не знает теплотехнических закономерностей и принципов оптимизации работы теплотехнического оборудования и составов сырья для производства вяжущих материалов.	Знает теплотехнические закономерности и принципы оптимизации работы теплотехнического оборудования и составов сырья для производства вяжущих материалов., при этом он может не знать деталей, допускать недостаточно правильные формулировки и существенные погрешности	Знает теплотехнические закономерности и принципы оптимизации работы теплотехнического оборудования и составов сырья для производства вяжущих материалов, допускает несущественные неточности в ответе на вопрос	Знает теплотехнические закономерности и принципы оптимизации работы теплотехнического оборудования и составов сырья для производства вяжущих материалов. Последователь-но, четко обосновывает основные закономерности, свободно увязывает теорию с практикой, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий

Оценка сформированности компетенций по показателю Умение

Критерий	Уровень освоения и оценка.			
	2	3	4	5
Уметь обосновывать выбор методов расчета основных тепломассобменных процессов в химической технологии.	Не умеет обосновывать выбор методов расчета основных тепломассобменных процессов в химической технологии	Умеет обосновывать выбор методов расчета основных тепломассобменных процессов в химической технологии, но может не знать деталей, допускать недостаточно правильные формулировки и существенные погрешности	Умеет обосновывать выбор методов расчета основных тепломассобменных процессов в химической технологии, но допускает несущественные неточности в ответе на вопрос.	Умеет обосновывать выбор методов расчета основных тепломассобменных процессов в химической технологии. Использует в ответе дополнительные материалы, без труда отвечает на дополнительные вопросы.
Уметь проводить анализ технологических процессов сточки зрения их эффективности и оптимизации.	Не умеет проводить анализ технологических процессов сточки зрения их эффективности и оптимизации	Умеет проводить анализ технологических процессов сточки зрения их эффективности и оптимизации, но допускает существенные погрешности	Умеет проводить анализ технологических процессов сточки зрения их эффективности и оптимизации. При ответе на вопрос обучающийся допускает несущественные неточности.	Умеет проводить анализ технологических процессов сточки зрения их эффективности и оптимизации. Четко обосновывает принятые решения, свободно увязывает теорию с практикой, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий
Уметь анализировать результаты исследований технологических процессов для обеспечения их	Не умеет анализировать результаты исследований технологических процессов для обеспечения их экономичности	Умеет анализировать результаты исследований технологических процессов для обеспечения их экономичности	Умеет анализировать результаты исследований технологических процессов для обеспечения их экономичности	Умеет анализировать результаты исследований технологических процессов для обеспечения их экономичности

экономичности и эффективности	эффективности	и эффективности, но допускает существенные погрешности	и эффективности. Обучающийся допускает несущественные неточности.	и эффективности. Свободно увязывает теорию с практикой, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий
-------------------------------	---------------	--	---	---

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки

Критерий	Уровень освоения и оценка.			
	2	3	4	5
Владеть навыками термодинамических расчетов с применением цифровых инструментов.	Не владеет навыками термодинамических расчетов с применением цифровых инструментов	Владеет навыками термодинамических расчетов с применением цифровых инструментов. может не знать деталей, допускать недостаточно правильные формулировки и существенные погрешности	Владеет навыками термодинамических расчетов с применением цифровых инструментов, но допускает несущественные неточности в ответе на вопросы.	Владеет навыками термодинамических расчетов с применением цифровых инструментов. Использует в ответе дополнительные материал, без труда отвечает на дополнительные вопросы.
Владеть методикой оценки совершенства энерго-химико-технологической системы	Не владеет методикой оценки совершенства энерго-химико-технологической системы	Владеет методикой оценки совершенства энерго-химико-технологической системы, но допускает существенные погрешности	Владеет методикой оценки совершенства энерго-химико-технологической системы. При ответе на вопрос обучающийся допускает несущественные неточности.	Владеет методикой оценки совершенства энерго-химико-технологической системы. Четко обосновывает принятые решения, свободно увязывает теорию с практикой, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий
Владеть навыками	Не владеет навыками	Владеет навыками	Владеет навыками	Владеет навыками

самостоятельной обработки информации и экспериментальных данных исследований.	самостоятельной обработки информации и экспериментальных данных исследований	самостоятельной обработки информации и экспериментальных данных исследований, но допускает существенные погрешности	самостоятельной обработки информации и экспериментальных данных исследований. Обучающийся допускает несущественные неточности.	самостоятельной обработки информации и экспериментальных данных исследований. Свободно увязывает теорию с практикой, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий
---	--	---	--	--

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

Для выполнения заданий, связанных с выполнением практических занятий могут использоваться следующие аудитории и лаборатории кафедры ТЦКМ:

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1.	Компьютерный класс кафедры ТЦКМ (УК 2 каб. 212)	Программы для расчета состава сырьевых смесей (Шихта2), теплового баланса печных агрегатов (Cembalance) , система автоматизированного проектирования AutoCAD
2.	Компьютерный класс кафедры ТЦКМ (УК 2 каб. 118)	Тренажерный комплекс Simulex
3.	Учебная аудитория (УК 2 каб. 103)	Презентационная техника, комплект электронных презентаций: клинкерные холодильники, горелочные устройства, вращающиеся печи и др. Макеты цепных завес, основного и вспомогательного оборудования
4	Зал электронных ресурсов, здание библиотеки, № 302	Специализированная мебель, компьютерная техника подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.
5.	Читальный зал учебной литературы, здание библиотеки, № 303	Специализированная мебель, компьютерная техника подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1.	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
2.	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3.	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.
4.	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5.	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Коновалов В.М., Мишин Д.А. Термодинамика в технологии цемента. Уч. Пособие. -Белгород 2020 г.

1. Четкин А.В., Занемонец Н.А. Теплотехника. - М.: Высшая школа. – 1986 г.
2. Крутов В.И. Техническая термодинамика. - М.: Высшая школа. – 1991 г.
3. Костерев Ф.М., Кушнырев В.И. Теоретические основы теплотехники. - М.: Энергия- 1978 г.
4. Кузнецова Т.В., Кудрявцев И.В., Тимашев В.В. Физическая химия вяжущих материалов. - М.: Высшая школа. - 1989.
5. Подпороинов Б. Ф., Должикова Т. А., Попов Е. В. Техническая термодинамика. Методические указания для заочной формы обучения. БГТУ им. В. Г. Шухова 2003 г.
6. Коновалов В. М., Поляков Г. П., Перескок С.А., Термодинамика высокотемпературного обжига силикатных систем. Методические указания к выполнению лабораторных работ, Белгород 2009г.
7. Вакулович М.П., Новиков И.И. Термодинамика. - М.: Машиностроение. - 1972 г.
8. Дуда В. Цемент. - М.: Стройиздат. – 1981 г.
9. Классен В.К. Обжиг цементного клинкера. - Красноярский отдел: Стройиздат. – 1994 г.

10. Теплотехника и тепловые установки предприятий строительных материалов. Лабораторный практикум /Н.П. Кудеярова, Л.Б.Афанасьева, Г.П.Поляков, С.А Перескок. А.В. Черкасов А.В.-2007 г.
11. Рябин В.А., Остроумов М.А., Свит Т.Ф. Термодинамические свойства веществ/справочник. - Ленинградское отд.: Химия. – 1977 г.

6.4. Перечень интернет ресурсов

Электронно-библиотечная система «Лань»	http://e.lanbook.com
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	http://elibrary.ru/
Электронный читальный зал БГТУ	https://elib.bstu.ru