

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

СОГЛАСОВАНО  
Директор института  
заочного обучения  
  
/С.Е. Спесивцева/  
« 17 » \_\_\_\_\_ 2021 г.



УТВЕРЖДАЮ  
Директор института ХТИ  
Р. Н. Ястребинский  
« 17 » \_\_\_\_\_ мая \_\_\_\_\_ 2021 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

**дисциплины**

Тепловые процессы и установки в технологии вяжущих материалов

Направление подготовки:  
18.03.01 Химическая технология

Направленность программы:  
Химическая технология вяжущих и композиционных материалов

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

заочная

Институт: Химико-технологический институт

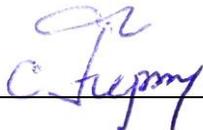
Кафедра: Технологии цемента и композиционных материалов

Белгород – 2021

Рабочая программа составлена на основании требований:

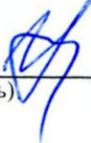
Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020 г. № 922.

Учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году

Составитель: канд. техн. наук, доцент  (С.А. Перескок)

Рабочая программа обсуждена на заседании выпускающей кафедры  
Технологии цемента и композиционных материалов

« 14 » мая 2021 г., протокол № 19

Заведующий кафедрой: д.т.н., профессор  И. Н. Борисов  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 15 » мая 2021 г., протокол № 9

Председатель к.т.н., 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
Оперативное обеспечение производства цемента и проведение работ по оптимизации использования материально-технических ресурсов	ПК-2. Способен проводить и совершенствовать технологический процесс производства цемента и других вяжущих, управлять качеством выпускаемой продукции с применением цифровых технологий	ПК-2.12. Обладает знаниями по устройству и работе технологического оборудования в производстве портландцемента и процессов, проходящих в технологических агрегатах. Способен решать задачи по повышению эффективности использования конкретных видов оборудования	<p><b>Знание:</b> устройства и принципа действия основного технологического оборудования для проведения тепловых процессов получения портландцемента, причины возникновения осложнений в их работе, способы их устранения.</p> <p><b>Умение:</b> управлять технологическими процессами, проходящими в технологических агрегатах, определять причины возникновения осложнений в работе технологического оборудования, предлагать способы по повышению эффективности использования оборудования.</p> <p><b>Навыки:</b> методами, приемами и направлениями повышения эффективности использования оборудования для проведения тепловых процессов получения портландцемента.</p>
		ПК-2.3. Организует и управляет процессом обжига портландцементного клинкера, владеет методами повышения его качества и снижением тепловых затрат	<p><b>Знание:</b> процесса сжигания топлива, устройства и принципа действия основного технологического оборудования для проведения тепловых процессов получения вяжущих материалов в соответствии с требованиями выпуска качественной продукции.</p> <p><b>Умение:</b> управлять технологическим процессом обжига цементного клинкера и других вяжущих без возникновения нарушений, реализовывать проведение технологического процесса с учетом требований по его совершенствованию.</p> <p><b>Навыки:</b> основными понятиями и закономерностями, характеризующими протекание тепловых процессов, методами, приемами и направлениями их совершенствования, повышения</p>

			качества выпускаемой продукции, снижения тепловых затрат на их осуществление.
--	--	--	---

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**Компетенция ПК-2 Способен проводить и совершенствовать технологический процесс производства цемента и других вяжущих, управлять качеством выпускаемой продукции с применением цифровых технологий.**

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Введение в профессию
2	Учебная ознакомительная практика
3	Механическое оборудование в производстве вяжущих материалов (общий курс)
4	Производственная эксплуатационная практика
5	Проектное обучение
6	Химическая технология вяжущих материалов
7	Тепловые процессы и установки в технологии вяжущих материалов
8	Технологические процессы измельчения
9	Технология производства цемента
10	Химическая технология композиционных материалов на основе вяжущих
11	Оптимизация технологического процесса производства цемента
12	Научно-исследовательская работа
13	Производственная педагогика
14	Применение ЭВМ в технологии силикатных материалов
15	Моделирование химико-технологических процессов
16	Управление технологическим процессом производства цемента с использованием компьютерных технологий
17	Основы гидратации вяжущих материалов
18	Производственная преддипломная практика

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зач. единиц, 288 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации дифференцированный зачет, экзамен  
(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 5 (установочная сессия)	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины, час	288	2	286
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	18	2	16

лекции	6	2	4
лабораторные	—	—	—
практические	10	—	10
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	2	—	2
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	270	—	270
Курсовой проект	-	—	-
Курсовая работа	36	—	36
Расчетно-графическое задание	-	—	-
Индивидуальное домашнее задание	—	—	—
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	198	—	198
Экзамен	36	—	36

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 3 Семестр 6

№ п/п	Наименование раздела, краткое содержание	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час		
		лекционные занятия	практические занятия	самостоятельная работа
1 Основные понятия				
1	<b>Введение.</b> Значение тепловых процессов в технологии вяжущих материалов. История развития и совершенствования печных установок. Современные технологические схемы производства цемента.	0,23		7
2	Физико- химические тепловые процессы при обжиге сырья для получения вяжущих материалов. Эндотермические и экзотермические процессы при обжиге сырьевых материалов для получения клинкера, извести и гипса, других вяжущих материалов. Определение видов и последовательности тепловых процессов, протекающих в сырьевых материалах по данным дифференциально-термического анализа.	0,23		8
3	Методы расчета теоретического расхода тепла при получении портландцементного клинкера. Применение закона Гесса при расчетах. Пути снижения расхода тепла по данной статье теплового баланса печного агрегата. Расчет содержания выгорающей составляющей, содержащейся в сырьевых материалах по изменению потерь при прокаливании сырья.	0,23	0,7	8
4	Тепловая обработка материалов. Виды тепловой обработки. Классификация агрегатов по режиму работы, виду тепловой обработки, устройству рабочей камеры. Общая характеристика печей, сушил и аппаратов для тепловлажностной обработки материалов.	0,23		7
2. Установки для производства портландцементного клинкера				
5	Технологическая и теплотехническая характеристика вращающихся печей мокрого способа производства клинкера. Распределение печи на технологические зоны. Изменение температуры газового потока и материала по длине печи. Физико-химические и тепловые процессы, протекающие в материале в отдельных зонах.	0,23	0,6	7

№ п/п Наименование раздела, краткое содержание		Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час		
		лекционные занятия		
			практические занятия	самостоятельная работа
6	Затраты тепла по технологическим зонам вращающейся печи мокрого способа производства. Основные технико-экономические характеристики работы вращающихся печей (удельный расход тепла, тепловая мощность, теплонапряжение, тепловой и технологический КПД).	0,23	0,6	7
7	Теплообмен в тепловых установках. Основные положения теории теплообмена. Способы передачи тепла. Уравнения теплопроводности, конвекции и излучения. Режимы работы тепловых агрегатов (конвективный, лучистый, слоевой). Организация теплообмена при различных режимах. Оптимизация тепловых процессов.	0,23		7
8	Комплекс теплообменных устройств вращающихся печей мокрого способа производства (КТУ) как эффективный метод оптимизации теплообмена и снижения температуры отходящих газов. Типы внутренних теплообменных устройств. Применение цепных завес, способы навески и их характеристики .	0,23	0,6	8
9	Основные характеристики эффективности КТУ. Теплообменные устройства зоны подогрева, перемешивающие теплообменники, теплообменные устройства зоны кальцинирования, эффективность их применения.	0,23		7
10	Материальный и тепловой балансы печей мокрого способа производства. Расчет основных статей баланса, направления и способы экономии расхода тепла по анализу статей расхода тепла.	0,23	0,7	8
11	Основные типы печей сухого обжига клинкера. Вращающиеся печи с запечными теплообменниками. Конвейерные решетки (кальцинаторы Леполь), циклонные, шахтные и комбинированные теплообменники. Теплотехнические и технологические характеристики установок.	0,23		9

№ п/п Наименование раздела, краткое содержание		Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час		
		лекционные занятия		
			практические занятия	самостоятельная работа
12	Движение газов и материала по системе циклонного теплообменника. Устройство, работа, теплотехнические характеристики. Реакторы-декарбонизаторы. Виды и принцип работы декарбонизаторов циклонно вихревого типа и вертикально подъемных. Эффективность применения.	0,23		8
13	Комбинированный способ производства как эффективный способ реконструкции заводов, работающих по мокрому способу производства. Показатели работы печей при комбинированном способе производства цемента. Основные положения обеспечения эффективной работы запечных циклонных теплообменников.	0,23	0,6	7
14	Материальный и тепловой балансы печей сухого и комбинированного способов производства. Направления повышения эффективности работы печей.	0,23	0,6	8
15	Основные технологические нарушения работы печей сухого способа. Образование крупных материальных конгломератов и настыве образование, способы их устранения. Применение байпаса печных газов	0,23		8
<b>3. Установки для производства извести</b>				
16	Производство извести. Пересыпные шахтные печи. Основные конструктивные элементы шахтных печей. Режимы работы печей при получении извести. Тепловые зоны пересыпных и газофицированных шахтных печей. Уровень тепловой форсировки при обжиге материала. Материальный и тепловой баланс печи.	0,23	0,6	7
17	Установки для обжига извести вращающиеся печи, печи кипящего слоя и параллельно поточные регенеративные печи (печи MAERZ). Устройство, работа, теплотехнические характеристики.	0,23		7
<b>4. Установки для обеспечения процесса получения вяжущих материалов</b>				

№ п/п	Наименование раздела, краткое содержание	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час		
		лекционные занятия	практические занятия	самостоятельная работа
18	Рекуперация тепла и ее значение для удельного расхода тепла в тепловых установках. Критерии оценки эффективности работы охладителей. Материальный и тепловой балансы охладителей. Теплотехнические и технологические требования к режиму охлаждения клинкера.	0,23	0,6	8
19	Охладители для охлаждения клинкера (холодильники). Устройства для охлаждения клинкера (барабанные, многобарабанные, шахтные и колосниковые холодильники с провальной колосниковой решеткой). Современные охладители с без провальной колосниковой решеткой. Влияние режима охлаждения клинкера на качество клинкера.	0,23	0,6	8
<b>5. Сушка материалов</b>				
20	Классификация сушилок. Сушильные барабаны, вихревые сушилки, сушильные установки взвешенного слоя. Совмещение сушки и помола материалов. Теплотехнические расчеты тепловых установок для сушки материалов.	0,23	0,5	6
<b>6. Оптимизация тепловых процессов</b>				
21	Оптимизация тепловых процессов. Теория Эйгена. Физическая сущность зависимостей Эйгена. Теоретические основы экономии топлива.	0,23	0,6	8
<b>7. Использование органического топлива для проведения тепловых процессов</b>				
22	Основные характеристики органического топлива. Состав топлива. Горючие и балластные составляющие топлива. Теплота сгорания топлива. Материальный баланс процесса горения органического топлива. Продукты полного и неполного сгорания. Коэффициент избытка воздуха.	0,23	0,8	8
23	Подготовка различных видов топлива к сжиганию. Понятие об основных стадиях процесса горения. Топливо сжигающие устройства. Оценка эффективности сжигания топлива и технологического процесса обжига клинкера. Применение альтернативных видов топлива.	0,23	0,5	8
<b>8. Аэродинамика печных агрегатов</b>				

№ п/п	Наименование раздела, краткое содержание	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час		
		лекционные занятия	практические занятия	самостоятельная работа
24	Движение газов в печах и сушилах. Аэродинамика вращающихся печей с внутренними теплообменными устройствами и с циклонными теплообменниками. Расчет аэродинамического сопротивления и подбор тягодутьевого оборудования. Движение газовых потоков в шахтных печах и холодильниках.	0,25	0,5	10
<b>9. Установки для получения строительного гипса и тепловлажностной обработки материалов</b>				
25	Технологические и теплотехнические характеристики установок для обжига («варки») гипса. Совмещенный помол и обжиг гипса. Варочные котлы. Пропарочные камеры, конвейеры твердения. Назначение устройство, работа. Автоклавная обработка материалов. Физико-химические процессы, протекающие при автоклавной обработке.	0,23	0,5	7
26	Перспективы совершенствования тепловых установок. Пути снижения удельного расхода тепла на получение силикатных материалов. Интенсификация теплообмена и рекуперации тепла. Совершенствование технологии производства. Применение других видов энергии для тепловой обработки.	0,23	0,4	7
	Всего	6	10	90

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<b>семестр № 5</b>				
1	Основные свойства различных видов органического топлива	Состав топлива, пересчет состава топлива с одной массы на другую, нахождение объема воздуха, необходимого на горение и продуктов сгорания. Составление материального баланса горения. Жаропроизводительность топлива. Расчет калориметрической и действительной температуры горения	1	9

		топлива. Составление материального баланса горения топлива при подаче дутья обогащенного кислородом.		
2	Оценка эффективности организации сжигания топлива	Определение состава продуктов сгорания топлива. Расчет теплотехнических характеристик топлива $\text{CO}_2^{\text{max}}$ и теплоты сгорания на $1\text{м}^3$ сухих продуктов горения. Определение удельного расхода топлива по составу отходящих газов.	1	10
3	Печные установки для получения вяжущих материалов	Расчет производительности вращающихся печей при производстве клинкера и изменении характеристик сырьевой смеси.	0,5	4
		Определение удельного выхода технологических газов из сырьевой смеси при обжиге.	0,5	4
		Определение объема отходящих газов из вращающихся печей при обжиге клинкера при заданном расходе топлива.	0,5	4
4	Тепловой баланс печных установок	Расчет теоретического расхода тепла на получение клинкера, извести и гипса. Расчет расходных статей теплового баланса тепловых агрегатов (на испарение влаги, с отходящими газами, через корпус в окружающую среду). Расчет изменения расхода тепла при снижении температуры отходящих газов из печи, влажности или состава сырья.	1	10
5	Оценка эффективности работы тепловых агрегатов	Расчет изменения температуры факела при изменении температуры и количества вторичного воздуха. Расчет теплотехнических показателей работы теплового агрегата: теплового и технологического КПД, тепловой мощности, объемного теплонапряжения.	1	9
6	Сушильные установки	Расчет объема дополнительного воздуха для получения сушильного агента заданной температуры	0,5	8
7	Определение эффективности работы теплоутилизирующих устройств	Определение коэффициента теплового полезного действия клинкерного охладителя. Расчет изменения температуры вторичного воздуха от изменения режима работы колосникового холодильника. Изменения потерь тепла с избыточным воздухом при снижении расхода топлива.	1	9
8	Аэродинамика печных	Расчет скорости и объема газового	1	10

	агрегатов	потока в загрузочном обресе, сопротивления печного агрегата и производительности дымососа при изменении параметров работы печи.		
9	Расчет теплотехнических характеристик альтернативного топлива	Расчет состава, калорийности и жаропроизводительности древесной щепы в зависимости от ее влажности.	0,5	8
10	Расчет содержания выгорающей составляющей в сырьевой смеси	Расчет содержания выгорающей составляющей в сырьевой смеси по анализу потерь при прокаливании	0,5	6
11	Определение подсосов воздуха	Определение подсосов воздуха через уплотнение разгрузочного конца печи при изменении разрежения.	1	5
			10	96
			Итого:	96
			ВСЕГО:	96

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

Не предусмотрено учебным планом.

### 4.4. Содержание курсовой работы

В процессе изучения данной дисциплины студент должен выполнить курсовую работу на тему:

«Теплотехнический и аэродинамический расчет вращающейся печи».

В процессе выполнения курсовой работы осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудиториях и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

Выполнение курсовой работы по дисциплине проводится с целью:

- формирования умений проводить поиск, обработку и анализ специализированной научно-технической, справочной и нормативно-технической литературы и документации по работе печных агрегатов производства портландцементного клинкера;
- развития навыков и умений расчета химического состава сырьевой смеси для получения клинкера заданного минералогического состава, теплотехнического и аэродинамического расчета теплового агрегата;
- систематизации, закрепления и применения теоретических знаний, полученных при изучении курса;
- применения приемов и направлений минимизации сырьевых и топливно-энергетических затрат при производстве вяжущих материалов.

При выполнении курсовой работы студенты рассчитывают материальный и тепловой баланс теплового агрегата при выбранных параметрах его работы, основные теплотехнические показатели, проводят расчет расхода топлива по составу отходящих газов, знакомятся с правилами оформления пояснительной записки.

Курсовая работа выполняется в виде пояснительной записки объемом до 40

страниц и схемы агрегата, выполненной на листе формата А3

#### 4.4.1. Содержание курсовой работы.

Номер и содержание раздела пояснительной записки	Объем раздела, стр.
Введение и описание работы выбранного агрегата	3-4
1. Расчет сырьевой смеси заданного состава	2
2. Материальный баланс горения топлива	3-4
3. Материальный баланс печной установки	4-5
4. Тепловой баланс холодильника	3-4
5. Тепловой баланс печной установки	7-9
6. Аэродинамические расчеты с подбором дымососа	4-5
7. Основные теплотехнические показатели работы установки	2
8. Расчет расхода топлива по составу сухих отходящих газов.	3-4
9. Заключение (Выводы по оценке эффективности предлагаемых технологических мероприятий на снижение расхода материально-энергетических ресурсов)	2
Список использованной литературы	

#### 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

**Компетенция ПК-2. Способен проводить и совершенствовать технологический процесс производства цемента и других вяжущих, управлять качеством выпускаемой продукции с применением цифровых технологий**

*(код и формулировка компетенции)*

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-2.12. Обладает знаниями по устройству и работе технологического оборудования в производстве портландцемента и процессов, проходящих в технологических агрегатах. Способен решать задачи по повышению эффективности	экзамен защита курсовой работы решение задач прикладного характера тестовый контроль

<p>использования конкретных видов оборудования</p> <p>ПК-2.3. Организовывает и управляет процессом обжига портландцементного клинкера, владеет методами повышения его качества и снижением тепловых затрат</p>	<p>экзамен защита курсовой работы решение задач прикладного характера тестовый контроль</p>
--	---

## 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

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

	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Основные понятия	<p>1.Основные понятия о теплотехнологических процессах. Тепловая обработка материалов, виды тепловой обработки в технологии вяжущих материалов при производстве цемента, извести, строительного гипса, композиционных материалов.</p> <p>2.Физико-химические тепловые процессы, протекающие при нагревании карбонатного и глинистого сырья. Эндотермические и экзотермические процессы, протекающие при тепловой обработке. Дифференциально-термический метод исследования тепловых процессов.</p> <p>3.Теоретический расход тепла. Методы расчета теоретического расхода тепла на получение клинкера, извести, гипса. Пути снижения ТЭК при производстве портландцементного клинкера.</p> <p>4.Основные элементы промышленной печи. Классификация тепловых установок по виду тепловой обработки, режиму работы, устройству рабочей камеры, назначению.</p>
2	Установки для производства портландцементного клинкера	<p>5.Способы производства портландцементного клинкера. Классификация печей для обжига клинкера. Характеристики печей (типоразмер, производительность, удельный расход топлива и т.д.).</p> <p>6.Основные характеристики вращающихся печей мокрого способа производства портландцемента. Комплектация печи. Назначение и краткая характеристика комплектуемого оборудования. Устройство и работа вращающейся печи мокрого способа производства. Движение материального и газового потоков. Способы возврата пыли электрофильтров в технологический процесс. Преимущества и недостатки.</p>

		<p>7.Распределение вращающихся печей мокрого способа на технологические зоны. Процессы, протекающие в отдельных зонах. Изменение температуры материального и газового потоков.</p>
		<p>8.Теплопотребление в отдельных зонах вращающейся печи. Перечислить основные эндотермические и экзотермические процессы, протекающие в печи. Затраты тепла на протекание данных процессов.</p>
		<p>9.Комплекс внутренних теплообменных устройств печей мокрого способа. Виды и назначения каждого элемента КТУ: цепных завес, зацепных теплообменников, перемешивающих теплообменников и лифтеров, суспензионного теплообменника. Основные показатели, характеризующие цепные завесы.</p>
		<p>10.Материальный баланс вращающейся печи мокрого способа производства цемента. Цель составления. Характеристика приходных и расходных статей.</p>
		<p>11.Тепловой баланс вращающейся печи мокрого способа производства цемента. Характеристика приходных и расходных статей теплового баланса.</p>
		<p>12.Теплотехнические показатели работы печи. Тепловой, технологический КПД. Тепловая мощность. Расход условного топлива. Пути снижения расхода топлива на печах мокрого способа производства.</p>
		<p>13.Вращающиеся печи сухого способа производства с запечными циклонными теплообменниками. Движение газов и материала. Температуры газового потока и материала по циклонам. Основные характеристики работы печи.</p>
		<p>14.Распределение печи с запечными циклонными теплообменниками на технологические зоны. Изменение температуры газового и материального потоков. Основные требования для эффективной работы циклонов.</p>
		<p>15.Печи сухого способа с реакторами-декарбонизаторами. Типы декарбонизаторов циклонно-вихревого типа и вертикально-проходного: RSP, Piroclon –S и Piroclon –R. Эффективность применения.</p>
		<p>16.Печные системы комбинированного способа производства цемента. Схема. Принцип работы. Основные показатели работы.</p>
		<p>17.Вращающиеся печи с конвейерными кальцинаторами (печи типа «Леполь»). Печи с шахтно-циклонными теплообменниками. Принцип и показатели работы. Преимущества и недостатки данных печных систем.</p>
		<p>18.Основные нарушения работы печей сухого способа производства. Причины образования настывлей и материальных конгломератов в печи. Системы байпаса печных газов. Эффективность их применения.</p>

3	Использование органического топлива для проведения тепловых процессов	<p>19.Важнейшие теплотехнические характеристики органического топлива. Состав топлива. Горючие и балластные составляющие топлива. Высшая и низшая теплотворная способность топлива. Способы определения теплотворной способности. Теплота сгорания топлива.</p> <p>20.Теплотехнические характеристики топлива: <math>\text{CO}_2^{\text{мак}}</math>, теплота сгорания на <math>\text{м}^3</math> сухих продуктов горения, жаропроизводительность. Температура, развиваемая при горении топлива: теоретическая, калориметрическая, действительная. Материальный баланс горения органического топлива.</p> <p>21.Подготовка различных видов топлива к сжиганию. Цель, способы и возможные схемы подготовки различных видов топлива к сжиганию. Требуемые параметры подготовки газообразного, твердого и жидкого топлива.</p> <p>22.Физико-химические основы процессов горения. Основные положения кинетики химических реакций применительно к процессам горения топлива. Кинетическая и диффузионная область горения топлива. Основные стадии процесса горения.</p> <p>23.Виды горелочных устройств для сжигания газообразного топлива. Устройство и принцип работы горелок ЮГЦ, ГРЦ, ВРГ (ДВГ), ГИД. Многоканальные горелки.</p> <p>24.Использование в технологии производства вяжущих материалов и альтернативного топлива. Возможные схемы работы при использовании альтернативных видов топлива: а) при подаче с основным технологическим топливом; б) при вводе его в сырьевую смесь. Ограничения по использованию альтернативных видов топлива.</p> <p>25.Оценка процесса горения топлива по составу продуктов горения. Полное и неполное горение топлива. Изменение содержания определяемых компонентов отходящих газов, негативное влияние наличия СО. Методика расчета расхода тепла по составу отходящих газов.</p>
4	Оптимизация тепловых процессов	<p>26.Способы передачи тепла во вращающейся печи. Режимы работы тепловых агрегатов (конвективный, лучистый, слоевой). Факторы, определяющие интенсивность теплообмена.</p> <p>27.Теория Эйгена. Задачи оптимизации производства цемента и взаимосвязь отдельных параметров. Теоретические основы экономии топлива. Физическая сущность зависимостей Эйгена.</p>
5	Установки для обеспечения процесса получения вяжущих материалов	<p>28.Технологические и теплотехнические требования к охлаждению клинкера. Устройство, работа и теплотехнические характеристики барабанных и рекуператорных холодильников. Основной показатель</p>

		<p>эффективности работы клинкерных охладителей.</p> <p>29. Устройство, работа и теплотехнические характеристики колосниковых холодильников с провальной колосниковой решеткой. Тепловой баланс холодильника. Повышение эффективности работы клинкерных охладителей типа «Волга».</p> <p>30. Устройство, работа и теплотехнические характеристики клинкерных охладителей с беспровальной решеткой. Тепловой баланс холодильника. Основные причины высокой эффективности их работы по сравнению с охладителями «Волга».</p>
6	Установки для получение извести	<p>31. Пересыпные и газифицированные шахтные печи для обжига извести. Устройство. Работа. Требования к топливу для сжигания в шахтных печах. Режим работы печей. Распределение шахтной печи на технологические зоны. Изменение температуры материала и газового потока.</p> <p>32. Установки для обжига извести вращающиеся печи, печи кипящего слоя и параллельно поточные регенеративные печи (печи MAERZ). Устройство, работа, теплотехнические характеристики</p> <p>33. Футеровка вращающихся печей. Виды огнеупорных материалов, способ укладки огнеупоров. Применение видов огнеупоров по зонам вращающейся печи. Влияние различных факторов на стойкость футеровки.</p>
7	Аэродинамика тепловых агрегатов	<p>34. Движение газового потока во вращающейся печи. Виды напоров и сопротивлений движению газовых потоков. Расчет местного сопротивления и сопротивления трению. Уравнение Дарси-Вейсбаха.</p> <p>35. Уравнение Бернулли. Виды сопротивлений. Аэродинамическое сопротивление движению газового потока во вращающейся печи мокрого способа производства цемента. Подбор дымососа для обеспечения работы печи.</p>
8	Установки для сушки материалов	<p>36. Сушка материалов в технологии вяжущих материалов. Виды и характеристики работы прямоточных и противоточных сушильных барабанов, вихревых сушилок, сушилок кипящего слоя. Установки совмещенной сушки и помола материалов.</p>
9	Установки для тепловлажностной обработки материалов	<p>37. Тепловлажностная обработка материалов и изделий. Пропарка. Автоклавная обработка материалов. Физико-химические тепловые процессы, протекающие при автоклавной обработке. Устройство, работа автоклава для обработки силикатных материалов.</p>
10	Установки для получения строительного гипса	<p>38. Производство строительного гипса. Требования температурного режима обработки гипсового камня для получения качественного продукта. Получение строительного гипса в варочных котлах, вращающихся печах и запарниках (демпферах) и установках совмещенного обжига и помола гипса.</p>
		<p>39. Перспективы совершенствования тепловых установок.</p>

		Пути снижения удельного расхода тепла на получение силикатных материалов. Интенсификация теплообмена и рекуперации тепла. Совершенствование технологии производства. Применение других видов энергии для тепловой обработки.
--	--	--

### 5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта/ курсовой работы

	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Основные понятия	1.Физико-химические тепловые процессы, протекающие при нагревании карбонатного и глинистого сырья. Эндотермические и экзотермические процессы, протекающие при тепловой обработке.
		2.Теоретический расход тепла. Пути снижения ТЭК при производстве портландцементного клинкера.
2	Установки для производства портландцементного клинкера	3.Способы производства портландцементного клинкера. Классификация печей для обжига клинкера. Характеристики печей (типоразмер, производительность, удельный расход топлива и т.д.).
		4.Основные характеристики вращающихся печей мокрого способа производства портландцемента. Комплектация печи. Назначение и краткая характеристика комплектуемого оборудования. Устройство и работа вращающейся печи мокрого способа производства. Движение материального и газового потоков. Способы возврата пыли электрофильтров в технологический процесс. Преимущества и недостатки.
		5.Распределение вращающихся печей мокрого способа на технологические зоны. Процессы, протекающие в отдельных зонах. Изменение температуры материального и газового потоков.
		6.Теплопотребление в отдельных зонах вращающейся печи. Перечислить основные эндотермические и экзотермические процессы, протекающие в печи. Затраты тепла на протекание данных процессов.
		7.Комплекс внутренних теплообменных устройств печей мокрого способа. Виды и назначения каждого элемента КТУ: цепных завес, зацепных теплообменников, перемешивающих теплообменников и лифтеров,

		<p>суспензионного теплообменника. Основные показатели, характеризующие цепные завесы.</p> <p>8. Материальный баланс вращающейся печи мокрого способа производства цемента. Цель составления. Характеристика приходных и расходных статей.</p> <p>9. Тепловой баланс вращающейся печи мокрого способа производства цемента. Характеристика приходных и расходных статей теплового баланса.</p> <p>10. Теплотехнические показатели работы печи. Тепловой, технологический КПД. Тепловая мощность. Расход условного топлива. Пути снижения расхода топлива на печах мокрого способа производства.</p> <p>11. Вращающиеся печи сухого способа производства с запечными циклонными теплообменниками. Движение газов и материала. Температуры газового потока и материала по циклонам. Основные характеристики работы печи.</p> <p>12. Распределение печи с запечными циклонными теплообменниками на технологические зоны. Изменение температуры газового и материального потоков. Основные требования для эффективной работы циклонов.</p> <p>13. Печи сухого способа с реакторами-декарбонизаторами. Типы декарбонизаторов циклонно-вихревого типа и вертикально-проходного: RSP, Piroclon –S и Piroclon –R. Эффективность применения.</p> <p>14. Печные системы комбинированного способа производства цемента. Схема. Принцип работы. Основные показатели работы.</p> <p>15. Основные нарушения работы печей сухого способа производства. Причины образования настывлей и материальных конгломератов в печи. Системы байпаса печных газов. Эффективность их применения.</p>
3	Использование органического топлива для проведения тепловых процессов	<p>16. Важнейшие теплотехнические характеристики органического топлива. Состав топлива. Горючие и балластные составляющие топлива. Высшая и низшая теплотворная способность топлива. Способы определения теплотворной способности. Теплота сгорания топлива.</p> <p>17. Теплотехнические характеристики топлива: <math>CO_2^{max}</math>, теплота сгорания на <math>m^3</math> сухих продуктов горения, жаропроизводительность. Температура, развиваемая при горении топлива: теоретическая, калориметрическая, действительная. Материальный баланс горения органического топлива.</p> <p>18. Подготовка различных видов топлива к сжиганию. Цель, способы и возможные схемы подготовки различных видов топлива к сжиганию. Требуемые параметры подготовки газообразного, твердого и жидкого топлива.</p>

		<p>19. Виды горелочных устройств для сжигания газообразного топлива. Устройство и принцип работы горелок ЮГЦ, ГРЦ, ВРГ (ДВГ), ГИД. Многоканальные горелки.</p>
		<p>20. Оценка процесса горения топлива по составу продуктов горения. Полное и неполное горение топлива. Изменение содержания определяемых компонентов отходящих газов, негативное влияние наличия СО. Методика расчета расхода тепла по составу отходящих газов.</p>
4	Установки для обеспечения процесса получения вяжущих материалов	<p>21. Технологические и теплотехнические требования к охлаждению клинкера. Устройство, работа и теплотехнические характеристики барабанных и рекуператорных холодильников. Основной показатель эффективности работы клинкерных охладителей.</p> <p>22. Устройство, работа и теплотехнические характеристики колосниковых холодильников с провальной колосниковой решеткой. Тепловой баланс холодильника. Повышение эффективности работы клинкерных охладителей типа «Волга».</p> <p>23. Устройство, работа и теплотехнические характеристики клинкерных охладителей с беспровальной решеткой. Тепловой баланс холодильника. Основные причины высокой эффективности их работы по сравнению с охладителями «Волга».</p>
5	Аэродинамика тепловых агрегатов	<p>24. Движение газового потока во вращающейся печи. Виды напоров и сопротивлений движению газовых потоков. Расчет местного сопротивления и сопротивления трению. Уравнение Дарси-Вейсбаха.</p> <p>25. Уравнение Бернулли. Виды сопротивлений. Аэродинамическое сопротивление движению газового потока во вращающейся печи мокрого способа производства цемента. Подбор дымососа для обеспечения работы печи.</p>
		<p>26. Перспективы совершенствования тепловых установок. Пути снижения удельного расхода тепла на получение силикатных материалов. Интенсификация теплообмена и рекуперации тепла. Совершенствование технологии производства. Применение других видов энергии для тепловой обработки.</p>

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

С целью текущего контроля и подготовки студентов к изучению новой темы в начале каждого практического занятия преподавателем проводится опрос по выполнению заданий предыдущей темы, а также выполнение практических заданий по темам дисциплины.

№	Наименование раздела	Компет	Содержание вопросов (типовых контрольных
---	----------------------	--------	--

п/п	дисциплины	енция	заданий)
1	<b>Введение.</b> Значение тепловых процессов в технологии вяжущих материалов. История развития и совершенствования печных установок. Современные технологические схемы производства цемента.	ПК-2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Для производства каких вяжущих материалов требуется проведение тепловых процессов.</li> <li>2. Что происходит с исходными материалами при проведении тепловых процессов.</li> <li>3. В каких промышленных установках протекают тепловые процессы.</li> </ol>
2	Физико - химические тепловые процессы при обжиге сырья для получения вяжущих материалов. Эндотермические и экзотермические процессы при обжиге сырьевых материалов для получения клинкера, извести и гипса, других вяжущих материалов. Определение видов и последовательности тепловых процессов, протекающих в сырьевых материалах по данным дифференциально-термического анализа.		<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Что означает понятие эндотермический и экзотермический процесс.</li> <li>5. Напишите реакцию разложения карбоната кальция со значением теплового эффекта.</li> <li>6. Какие реакции свидетельствуют о процессах, протекающих при нагревании природного гипса и при каких температурах.</li> <li>7. При образовании какого клинкерного минерала выделяется наибольшее количество теплоты.</li> <li>8. Как определить изменение массы образца и направление теплового процесса по результатам дифференциально-термического анализа</li> </ol>
3	Методы расчета теоретического расхода тепла при получении портландцементного клинкера. Применение закона Гесса при расчетах. Пути снижения расхода тепла по данной статье теплового баланса печного агрегата. Расчет содержания выгорающей составляющей, содержащейся в сырьевых материалах по изменению потерь при прокаливании сырья.		<ol style="list-style-type: none"> <li>9. Дайте определение теоретического расхода тепла при получении портландцементного клинкера.</li> <li>10. Из чего состоят потери при прокаливании сырьевой смеси.</li> <li>11. Как расчетным способом определить наличие выгорающей составляющей в исследуемом сырьевом компоненте.</li> <li>12. От чего зависит значение теоретического расхода тепла при получении портландцементного клинкера.</li> <li>13. Пути снижения расхода тепла по данной статье теплового баланса печного агрегата.</li> <li>14. Значение теоретического расхода тепла на клинкерообразование будет выше у алитовых или белитовых клинкеров.</li> </ol>
4	Тепловая обработка материалов. Виды тепловой обработки. Классификация агрегатов по режиму работы, виду тепловой обработки, устройству рабочей камеры. Общая		<ol style="list-style-type: none"> <li>15. Виды тепловой обработки. Отличие сушки от обжига материалов.</li> <li>16. Что означает вид тепловой обработки обжиг до спекания. Какой полупродукт получают данным способом.</li> <li>17. В каком случае проводят тепловлажностную обработку материалов, применяя камеры пропаривания.</li> </ol>

	характеристика печей, сушил и аппаратов для тепловлажностной обработки материалов.	18. В каком случае проводят тепловлажностную обработку материалов, применяя автоклавы. 19. Классифицируйте вращающуюся печь для обжига портландцементного клинкера по известным вам признакам.
5	Технологическая и теплотехническая характеристика вращающихся печей мокрого способа производства клинкера. Распределение печи на технологические зоны. Изменение температуры газового потока и материала по длине печи. Физико-химические и тепловые процессы, протекающие в материале в отдельных зонах.	20. Дайте определение мокрому способу производства портландцементного клинкера. 21. Какие виды печных установок применяются по данному способу. Их характеристики. 22. Назовите технологические зоны печного агрегата мокрого способа. Температуры материала на границе зон. 23. Какое условие должно соблюдаться для интенсивного теплообмена в слое материала. 24. В какой зоне вращающейся печи мокрого способа наблюдается максимальная разность между температурой газового потока и материалом. 25. Опишите физико-химические и тепловые процессы, протекающие в материале в отдельных зонах
6	Затраты тепла по технологическим зонам вращающейся печи мокрого способа производства. Основные технико-экономические характеристики работы вращающихся печей (удельный расход тепла, тепловая мощность, теплонапряжение, тепловой и технологический КПД).	26. Какие зоны вращающейся печи мокрого способа производства являются наиболее энергозатратными и почему. Какой расход тепла по этим зонам. 27. Каким образом можно снизить расход тепла на испарение влаги и декарбонизацию 28. Что такое удельный расход топлива на обжиг клинкера. В каких единицах он выражается. 29. От чего зависит тепловая мощность печи. 30. В чем различие теплового и технологического КПД печной установки.
7	Теплообмен в тепловых установках. Основные положения теории теплообмена. Способы передачи тепла. Уравнения теплопроводности, конвекции и излучения. Режимы работы тепловых агрегатов (конвективный, лучистый, слоевой). Организация теплообмена при различных режимах. Оптимизация тепловых процессов.	31. Перечислите виды теплообмена. Какой вид теплообмена преобладает в низкотемпературной части вращающейся печи? 32. Какой вид теплообмена преобладает в высокотемпературной части печи? 33. Напишите уравнения передачи тепла теплопроводностью, конвекцией. 34. В чем заключается закон Бугера? 35. Приведите формулу Стефана-Больцмана с дополнениями Блоха для вычисления лучистой энергии в факельном пространстве вращающейся печи.
8	Комплекс теплообменных устройств вращающихся печей мокрого способа производства (КТУ) как эффективный метод оптимизации теплообмена	36. Охарактеризуйте понятие критической влажности шлама. 37. Что представляет собой комплекс теплообменных устройств вращающихся печей мокрого способа производства (КТУ) 38. Назначение и функции теплообменных

	и снижения температуры отходящих газов. Типы внутренних теплообменных устройств. Применение цепных завес, способы навески и их характеристики.	устройств. 39. Какие существуют способы навески цепей? 40. Какие основные показатели являются характеристиками цепных завес. 41. Рекомендуемая масса цепей на 1 т часовой производительности печи. 42. Рассчитайте поверхность цепей участка цепной завесы печи 5×185 м длиной 10м, если значение коэффициента плотности составляет 5,6.
9	Основные характеристики эффективности КТУ. Теплообменные устройства зоны подогрева, перемешивающие теплообменники, теплообменные устройства зоны кальцинирования, эффективность их применения.	43. Назначение теплообменных устройств зоны подогрева. 44. Что представляет собой коврикковый теплообменник. 45. Что представляют собой подпорные кольца и лифтеры. Их основное предназначение. 46. Назначение и место установки суспензионного теплообменника, выполняющего роль встроенного декарбонизатора. 47. Какой объем печи может занимать комплекс теплообменных устройств.
10	Материальный и тепловой балансы печей мокрого способа производства. Расчет основных статей баланса, направления и способы экономии расхода тепла по анализу статей расхода тепла.	48. Цель составления материального и теплового балансов вращающихся печей. 49. Что позволяет сделать анализ статей материального и теплового балансов вращающихся печей. 50. Рассчитайте потери тепла в окружающую среду печью 4×150, если средняя температура корпуса 150°С, температура воздуха 20°С, а производительность печи 35т/час.
11	Основные типы печей сухого обжига клинкера. Вращающиеся печи с запечными теплообменниками. Конвейерные решетки (кальцинаторы Леполь), циклонные, шахтные и комбинированные теплообменники. Теплотехнические и технологические характеристики установок.	51. В чем отличие длинных печей сухого способа от вращающихся печей с запечными теплообменниками. 52. Требования к сырьевым материалам при использовании конвейерных решеток (кальцинаторы Леполь). 53. Преимущества и недостатки шахтных и комбинированных теплообменников. 54. Основные теплотехнические характеристики работы установок. 55. Перечислите основные требования для эффективной работы циклонов
12	Движение газов и материала по системе циклонного теплообменника. Устройство, работа, теплотехнические характеристики. Реакторы-	56. Изобразите схему движения газового потока и материала по запечному тракту печи сухого способа. 57. Распределение температуры газового потока циклоном. Как отразится на изменении температуры газового потока появление «провалов» материала. 58. Распределение печи с запечными циклонными теплообменниками на технологические зоны. 59. В чем заключается отличие декарбонизаторов

	декарбонизаторы. Виды и принцип работы декарбонизаторов циклонно вихревого типа и вертикально подъемных. Эффективность применения.		циклонно-вихревого типа от вертикально-проходных. 60. Устройство, недостатки в работе декарбонизатора RSP. 61. В чем отличие декарбонизатора Piroklon-S от Piroklon-R. 62. Почему не добиваются 100% декарбонизации материала в печах с декарбонизаторами.
13	Комбинированный способ производства как эффективный способ реконструкции заводов, работающих по мокрому способу производства. Показатели работы печей при комбинированном способе производства цемента.		63. В чем заключается особенность работы печей при комбинированном способе производства. 64. Факторы, влияющие на фильтруемость шламов. 65. Какие характеристики имеет продукт (кек) после окончания процесса фильтрации. 66. Рассчитайте количество удаленного фильтрата, если влажность шлама составляла 41%, влажность кека – 19%, ппп сырьевой смеси -34,5%. 67. Основные показатели работы печей комбинированного способа производства.
14	Материальный и тепловой балансы печей сухого и комбинированного способов производства. Направления повышения эффективности работы печей.		68. Материальный баланс вращающихся печей сухого и комбинированного способа. Характеристика приходных и расходных статей. 69. Тепловой баланс вращающихся печей сухого и комбинированного способа. Характеристика приходных и расходных статей теплового баланса. 70. Пути повышения эффективности работы печей сухого и комбинированного способа.
15	Основные технологические нарушения работы печей сухого способа. Образование крупных материальных конгломератов и настыле образование, способы их устранения. Применение байпаса печных газов.		71. Причины возникновения нарушений работы печей сухого способа. 72. Что представляет собой настылеобразование в запечном тракте и образование крупных материальных конгломератов в печи. 73. Способы снижения вероятности повышенного настыле образования. 74. Байпасирование части газового и материального потоков. Как это влияет на динамику повышения концентрации нежелательных оксидов и изменение расхода топлива.
16	Производство извести. Пересыпные шахтные печи. Основные конструктивные элементы шахтных печей. Режимы работы печей при получении извести. Тепловые зоны пересыпных и газофицированных шахтных печей. Уровень тепловой форсировки при обжиге материала. Материальный и тепловой баланс		75. Что такое активность извести. 76. На разложение какой карбонатной породы ( $\text{CaCO}_3$ , $\text{MgCO}_3$ или $\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$ ) требуется затратить больше тепла? 77. На какие технологические зоны делятся шахтные печи. 78. Время обжига материала в шахтных печах. 79. Устройство и показатели работы шахтных пересыпных и газофицированных печей. 80. Почему теоретический расход тепла на производство извести выше теоретического расхода тепла на клинкерообразование. 81. Какие основные расходные статьи теплового баланса известь обжигательных печей.
17	Установки для обжига извести вращающиеся		82. Устройство, принцип работы печей кипящего слоя.

	печи, печи кипящего слоя и параллельно поточные регенеративные печи (печи MAERZ). Устройство, работа, теплотехнические характеристики.		83. Требования к обжигаемому материалу при использовании печей кипящего слоя. 84. Устройство, принцип работы параллельно поточных регенеративных печей (печи MAERZ). 85. Основные характеристики работы данных печей.
18	Рекуперация тепла и ее значение для удельного расхода тепла в тепловых установках. Критерии оценки эффективности работы охладителей. Материальный и тепловой балансы охладителей. Теплотехнические и технологические требования к режиму охлаждения клинкера. Устройства для рекуперации теплоты		76. Критерии оценки эффективности работы клинкерных охладителей. 77. Какие виды теплообмена имеют место при охлаждении клинкера. 78. Как меняются физические характеристики воздуха при повышении температуры. 79. Материальный и тепловой балансы клинкерных охладителей. 80. В чем отличие теплового баланса колосникового охладителя от барабанного. 81. От чего зависит расход воздуха, необходимого на горение топлива. 82. Факторы, влияющие на режим охлаждения клинкера.
19	Охладители для охлаждения клинкера (холодильники). Устройства для охлаждения клинкера (барабанные, многобарабанные, шахтные и колосниковые холодильники с провальной колосниковой решеткой). Современные охладители с без провальной колосниковой решеткой. Влияние режима охлаждения клинкера на качество клинкера.		83. Преимущества и недостатки охладителей клинкера барабанного типа. 84. Преимущества и недостатки рекуператорных (многобарабанных) охладителей клинкера. 85. Клинкерный колосниковый холодильник типа «Волга». Преимущества и недостатки. 86. Современные виды клинкерных охладителей с беспровальной колосниковой решеткой. Преимущества их применения. 87. Рассчитать тепловой КПД охладителя, если приход тепла составляет 1350 кДж/кг кл, а теплотери - 260 кДж/кг кл. 88. Почему потери с избыточным воздухом в современных охладителях меньше, чем в охладителе «Волга». 89. Для клинкера какого минералогического состава наиболее важно резкое охлаждение от высоких температур.
20	Классификация сушилок. Сушильные барабаны, вихревые сушилки, сушильные установки взвешенного слоя. Совмещение сушки и помола материалов. Теплотехнические расчеты тепловых установок для сушки материалов.		90. Какие материалы и на каких переделах при производстве цемента подвергаются сушке. 91. Виды удаляемой влаги из высушиваемых материалов. 92. Преимущества и недостатки прямоточных и противоточных барабанных сушильных установок. 93. Устройство и работа вихревых сушилок и сушилок кипящего слоя. Ограничения в их применении. 94. Рассчитайте затраты тепла на испарение воды, если начальная влажность составляет 40%, конечная – 3%.
21	Оптимизация тепловых процессов. Теория Эйгена.		95. Физическая сущность зависимости Эйгена-Классена для важности экономии тепла при

	Физическая сущность зависимостей Эйгена. Теоретические основы экономии топлива.		проведении высокотемпературных тепловых процессов. 96. Рассчитайте значение коэффициента теплопотерь при температурах газового потока 1000°C и 1700 °С.
22	Основные характеристики органического топлива. Состав топлива. Горючие и балластные составляющие топлива. Теплота сгорания топлива. Материальный баланс процесса горения органического топлива. Продукты полного и неполного сгорания. Коэффициент избытка воздуха.		97. Состав топлива, горючие и балластные оставляющие. Произвести пересчет горючей массы топлива на рабочую. 98. Теплотворная способность топлива. В чем отличие высшей и низшей теплотворной способности? 99. При каких условиях рассчитывается значение жаропродуктивности топлива. Что такое условное топливо? 100. Что является продуктом неполного сгорания. 101. Рассчитайте значение коэффициента избытка воздуха по составу отходящих газов, если $CO_2=22\%$ , $O_2=3\%$ .
23	Подготовка различных видов топлива к сжиганию. Понятие об основных стадиях процесса горения. Топливо сжигающие устройства. Оценка эффективности сжигания топлива и технологического процесса обжига клинкера. Применение альтернативных видов топлива.		102. Основные стадии подготовки жидкого топлива к сжиганию. 103. До какой температуры следует нагревать жидкое топливо для снижения вязкости? 104. Основные стадии подготовки твердого топлива к сжиганию. 105. Как зависит тонкость помола угля от содержания летучих в топливе. Какой она должна быть при $V^{лет} = 30\%$ ? 106. Основные стадии горения различных видов топлива. Какую стадию следует интенсифицировать при сжигании жидкого топлива? Какую при горении твердого. 107. В чем заключается крайне негативная роль наличия недожога топлива (СО) в составе отходящих газов? 108. Рассчитать удельный расход тепла (топлива) на обжиг клинкера по составу отходящих газов, если: содержание $CO_2=22\%$ , $O_2=2\%$ , $CO_2^{мак}=11,8\%$ , $p=0,143$ кг у.т./м <sup>3</sup> спг и $V_{CO_2}$ из сырья = 0,26 м <sup>3</sup> /кг кл.
24	Движение газов в печах и сушилах. Аэродинамика вращающихся печей с внутренними теплообменными устройствами и с циклонными теплообменниками. Расчет аэродинамического сопротивления и подбор тягодутьевого оборудования. Движение		109. Напишите формулы уравнения неразрывности газового потока и уравнения Бернулли для технических расчетов. 110. Виды сопротивлений. Влияние потерь напора на расход электроэнергии при работе тягодутьевых устройств. 111. Напишите уравнение Дарси- Вейсбаха для расчета потерь на трение. 112. Рассчитайте сопротивление циклона при коэффициенте сопротивления равном 15, скорости воздуха 15 м/сек и его температуре 100°C. 113. Напишите уравнение Дарси- Вейсбаха для

	газовых потоков в шахтных печах и холодильниках.		расчета сопротивления слоя клинкера в колосниковом охладителе.
25	Технологические и теплотехнические характеристики установок для обжига («варки») гипса. Совмещенный помол и обжиг гипса. Варочные котлы. Пропарочные камеры, конвейеры твердения. Назначение устройство, работа. Автоклавная обработка материалов. Физико-химические процессы, протекающие при автоклавной обработке.		114. При каких температурах нагрева происходят тепловые превращения гипсового камня. 115. Из каких периодов складывается процесс варки строительного гипса. 116. Устройство и работа гипсоварочных котлов. 117. В каком случае и в каких условиях осуществляется пропаривание изделий. 118. В каком случае и при каких условиях осуществляется автоклавная обработка материалов. 119. Физико-химические процессы, протекающие при автоклавной обработке силикатных изделий. 120. Устройство и принцип работы автоклава с перепуском пара. 121. Основные этапы и их продолжительность автоклавной обработки.
26	Перспективы совершенствования тепловых установок. Пути снижения удельного расхода тепла на получение силикатных материалов. Интенсификация теплообмена и рекуперации тепла. Совершенствование технологии производства. Применение других видов энергии для тепловой обработки.		122. Пути снижения расхода тепловой энергии на получение вяжущих материалов. 123. В чем заключается эффективность применения техногенных отходов. 124. Способы использования альтернативного топлива и сырьевых материалов с выгорающей составляющей. 125. Повышение рекуперации тепла как основной способ интенсификации теплообмена в тепловых агрегатах. 126. Совершенствование технологии производства вяжущих материалов.

**Тестовый контроль** осуществляется после прохождения каждого из разделов дисциплины. На тестирование отводится 30 минут.

**1. Горючими компонентами топлива являются:**

- а)  $C^P$ ;  $H^P$ ;  $S^P$ ;  $O^P$ ;  $N^P$ ;
- б)  $W^P$ ;  $A^P$ ;  $N^P$ ;
- в)  $C^P$ ;  $H^P$ ;  $S^P$ ;  $W^P$ ;  $A^P$

**2. Указать жидкое топливо:**

- а)  $C^P - 65\%$ ;  $H^P - 5\%$ ;  $S^P - 3\%$ ;  $O^P - 2\%$ ;  $A^P - 20\%$ ;  $W^P - 5\%$ ;
- б)  $C^P - 85\%$ ;  $H^P - 10\%$ ;  $S^P - 3\%$ ;  $O^P - 2\%$ ;
- в)  $CH_4 - 90\%$ ;  $C_2H_6 - 5\%$ ;  $C_3H_8 - 3\%$ ;  $C_4H_{10} - 2\%$

**3. При технических расчетах тепловых балансов используется теплота сгорания:**

- а) низшая;

- б) высшая;
- в) в калориметрической «бомбе»

**4. Продуктами окисления топлив являются:**

- а)  $N_2 : O_2$  ;
- б)  $CO_2 : H_2O : SO_2$ ;
- в)  $W^P ; A^P$

**5. Условное топливо имеет теплоту сгорания:**

- а) 32000 кДж/кг;
- б) 35600 кДж/кг;
- в) 29300 кДж/кг

**6. Коэффициент избытка воздуха рассчитывают:**

- а) отношение теоретического объема воздуха на горение топлива к объему продуктов горения;
- б) отношение действительного объема воздуха к теоретическому;
- в) отношение объема продуктов сгорания топлива к действительному объему воздуха

**7. Марку мазута оценивают по:**

- а) теплоте сгорания;
- б) вязкости;
- в) составу продуктов горения

**8. Искусственным твердым топливом является:**

- а) антрацит марка АК;
- б) кокс;
- в) бурый уголь

**9. При какой температуре обжигают клинкер:**

- а) 1300...1350 °С;
- б) 1400...1450 °С;
- в) до 1200 °С

**10. Какая схема теплообмена применяется во вращающихся печах мокрого способа производства цемента:**

- а) прямоточная;
- б) противоточная;
- в) перекрестная

**11. Наибольшие теоретические затраты тепла при получении клинкера составляет:**

- а) дегидратация;
- б) декарбонизация;
- в) спекание

**12. С какой целью во вращающейся печи навешивают цепи:**

- а) для снижения пылевыноса;
- б) для интенсификации сушки;
- в) для снижения расхода тепла

**13. С какой целью составляется материальный баланс:**

- а) для определения материальных потоков;
- б) для расчета расхода топлива;
- в) для расчета расхода сырья

**14. На сколько технологических зон условно делят вращающуюся печь мокрого способа производства цемента:**

- а) четыре;
- б) три;
- в) шесть

**15. В какой из перечисленных технологических зон наибольший тепловой эндотермический эффект:**

- а) декарбонизация;
- б) спекания;
- в) охлаждения

**16. Как изменится удельный расход шлама, если увеличить титр сырьевой смеси:**

- а) уменьшится;
- б) не изменится;
- в) увеличится

**17. С какой целью составляется тепловой баланс печи:**

- а) определение удельного расхода тепла;
- б) определение потерь тепла;
- в) определение теоретического тепла при получении клинкера

**18. Тепловой КПД печи рассчитывается как отношений:**

- а)  $(ТЭК + Q_{исп.}) / Q_{т}^{хим.}$ ;
- б)  $ТЭК / Q_{т}^{хим.}$ ;
- в)  $(ТЭК + Q_{исп.}) / Q_{прих.}$

**19. По какой схеме охлаждают клинкер в рекуператорных холодильниках:**

- а) прямоток;
- б) противоток;
- в) перекрестный ток

**20. По какой схеме охлаждают клинкер в колосниковом холодильнике:**

- а) прямоток;
- б) противоток;
- в) перекрестный ток

**21. Какой вид теплообмена преимущественно происходит в зоне испарения:**

- а) излучение;
- б) конвекция;
- в) теплопередача

**22. Какой вид теплообмена преимущественно происходит в зоне спекания:**

- а) излучение;
- б) конвекция;
- в) теплопередача

**23. Какой огнеупор используют для защиты корпуса печи в зоне подогрева:**

- а) шамотный;
- б) магнезитовый;
- в) клинкерный бетон

**24. Какой огнеупор используют для защиты корпуса печи в зоне спекания:**

- а) шамотный кирпич;
- б) клинкеро-бетон;
- в) магнезитовый кирпич

**25. Образование белита завершается в основном в зоне:**

- а) кальцинирования;
- б) экзотермических реакций;
- в) спекания

**26. Степень декарбонизации материала в системе запечных циклонных теплообменников без декарбонизатора составляет:**

- а) 10...15 %;
- б) 20...30 %;
- в) 80...90 %

**27. Установка реактор-декарбонизатора позволяет существенно изменить:**

- а) удельный расход тепла;
- б) удельный расход сырья;
- в) производительность печи

**28. Степень декарбонизации сырья в реакторе-декарбонизаторе составляет:**

- а) 20...30 %;
- б) 40...50 %;
- в) 80...90%

**29. Температура горения топлива в реакторе-декарбонизаторе составляет:**

- а) 400...600 °С;
- б) 850...950 °С;
- в) 1200...1300 °С

**30. Обезвоживание шлама при комбинированном способе производства цемента выполняется:**

- а) в пресс-фильтрах;
- б) в центрифугах;
- в) в отстойниках

**31. Жидкое топливо перед сжиганием подогревают для:**

- а) снижения расхода топлива;
- б) снижения вязкости;
- в) интенсификации горения

**32. Температуру подогрева жидкого топлива ограничивают из-за:**

- а) опасности воспламенения;
- б) выделения газовой фазы;
- в) коксования топлива

**33. Сколько технологических зон в шахтной печи для производства извести**

- а) две;
- б) три;
- в) пять

**34. Какой вид топлива используется в пересыпных шахтных печах:**

- а) твердое;
- б) жидкое;
- в) газообразное

**35. Известь в шахтной печи обжигают при температуре:**

- а) 900...1000 °С ;
- б) 1200...1300 °С ;
- в) 1300...1450 °С

**36. Тепловой КПД охлаждения рассчитывают как отношение:**

- а) тепло вторичного воздуха / теплота клинкера на входе в холодильник ;
- б) теплота клинкера на выходе из холодильника/ теплота клинкера на входе в холодильник ;
- в) теплота теряемая в окружающую среду корпусом холодильника/теплота клинкера на входе в холодильник

**37. Автоклавная обработка силикатных материалов выполняется с целью:**

- а) сушка изделий;
- б) интенсификация твердения;
- в) нагрев материала

**38. При автоклавной обработке силикатных материалов для увеличения давления используется:**

- а) сжатый воздух;
- б) перегретый пар;
- в) CO<sub>2</sub>

**39. Перепуск пара при автоклавной обработке выполняется с целью:**

- а) снижения температуры;
- б) экономии тепла;
- в) сокращения продолжительности обработки

**40. Аэродинамический расчет тепловых установок выполняют с целью:**

- а) определения объема газов;
- б) подбор тягодутьевых устройств;
- в) определение аэродинамического сопротивления

**41. При увеличении скорости газового потока динамический напор :**

- а) увеличивается;
- б) уменьшается;
- в) не изменяется

**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.

Показатель оценивания	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, определений, понятий характеризующих тепловые процессы получения вяжущих материалов, устройства тепловых установок для их производства, влияния режима их работы на качество выпускаемой продукции.
	Знание основных закономерностей процессов горения органического топлива и тепловых процессов, проходящих при различных видах тепловой обработки сырьевых материалов в тепловых установках
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретация знаний
Умения	Умение организовывать и управлять процессом тепловой обработки сырьевых материалов для получения качественного продукта и разрабатывать мероприятия по снижению тепловых затрат на их производство.
	Умение производить расчет расхода топлива по составу отходящих газов для обеспечения технологического процесса обжига клинкера
	Умение применять положения организации горения топлива для обеспечения рационального режима работы тепловых установок и оптимизации протекающих химико-технологических процессов
Навыки	Владеть навыками самостоятельной работы с учебной, научной и специальной технической литературой
	Владение навыками приобретенных знаний при решении задач по управлению технологическим процессом обжига клинкера, извести и получения других вяжущих материалов
	Владение навыками обработки полученных расчетов

	эффективности работы тепловых агрегатов
	Владение навыками применения физико-химических закономерностей протекания процессов сжигания топлива, оптимизации тепловых процессов при осуществлении тепловой обработки материалов для получения качественной выпускаемой продукции

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

### Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	<u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>
Знание терминов, определений, понятий	Не знает термины, определения и понятия	Имеет представление о природе основных физических явлений, причинах их возникновения и их взаимосвязи с внешними факторами воздействия при организации процессов горения топлива и работы тепловых установок по производству вяжущих материалов.	Хорошо представляет природу основных физических явлений, причины их возникновения и их взаимосвязь с внешними факторами воздействия при организации процессов горения топлива и работы тепловых установок по производству вяжущих материалов.	Разбирается в современных представлениях о природе основных физических явлений, причинах их возникновения и их взаимосвязи с внешними факторами воздействия при организации процессов горения топлива и работы тепловых установок при производстве вяжущих материалов.
Знание основных закономерностей процессов и явлений	Не знает основные закономерности процессов горения топлива и физико-химических явлений, происходящих в тепловых установках при производстве вяжущих материалов	Имеет представление об основных процессах горения топлива и работы тепловых установок при производстве вяжущих материалов	Знает основные закономерности процессов горения топлива и работы тепловых установок при производстве вяжущих материалов	Знает все основные процессы горения топлива и работы тепловых установок при производстве вяжущих материалов, физические и химические явления, происходящие в тепловых установках.

				Представляет связь рационального протекания тепловых процессов в тепловых установках с получением качественного готового продукта.
Объем освоенного материала	Материал освоен не полностью	Представляет связь протекающих процессов горения топлива и тепловых процессов в тепловых установках с технологическими аспектами получения кондиционного качественного продукта. Знает основные физические величины и некоторые физические константы, знает определение, смысл и единицы измерения физических величин	Представляет связь протекающих в тепловых установках процессов организованного сжигания топлива с технологическими аспектами получения качественного продукта. Способен повлиять на протекание технологического процесса. Хорошо знает основные физические величины и физические константы, знает их определение, смысл и единицы измерения.	Представляет связь протекающих в тепловых установках процессов организованного сжигания топлива с технологическими аспектами получения качественного продукта. Знает все основные физические величины и физические константы, уверенно дает их определение, поясняет смысл и называет единицы измерения.
Полнота ответов на вопросы	Ответы на вопросы полные	Ответы на вопросы даны в достаточном объеме, но не раскрыта их сущность	Ответы на вопросы даны в полном объеме, при дополнительных вопросах допущены неточности.	Полно и развернуто отвечает на все основные и дополнительные вопросы.
Четкость изложения и интерпретация знаний	Четкость изложения материала отсутствует.	Отсутствует структуризация изложенной информации, интерпретация основных положений	Изложенная информация имеет структуризацию, интерпретация основных положений	Изложенная информация имеет четкую структуризацию, подчеркнуты основные направления

		организации горения топлива и работы тепловых установок по производству вяжущих материалов дается поверхностно.	организации горения топлива и работы тепловых установок при проведении тепловой обработки дается полном объеме.	оптимизации протекающих тепловых установках физико-химических процессов горения топлива и превращений материалов при нагревании.
--	--	---	---	--

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение управлять процессом тепловой обработки сырьевых материалов для получения качественного продукта и разрабатывать мероприятия по снижению тепловых затрат на их производство.	Не умеет управлять процессом тепловой обработки сырьевых материалов для получения качественного продукта и разрабатывать мероприятия по снижению тепловых затрат на их производство.	Не полностью умеет управлять процессом тепловой обработки сырьевых материалов для получения качественного продукта и не умеет разрабатывать мероприятия по снижению тепловых затрат на их производство.	Умеет управлять процессом тепловой обработки сырьевых материалов для получения качественного продукта и разрабатывать мероприятия по снижению тепловых затрат на их производство.	Умеет управлять процессом тепловой обработки сырьевых материалов для получения качественного продукта и разрабатывать мероприятия по снижению тепловых затрат на их производство.
Умение проводить вычисление удельного расхода топлива по составу отходящих газов.	Не умеет проводить вычисление удельного расхода топлива по составу отходящих газов.	С трудом применяет общие методы вычислений удельного расхода топлива по составу отходящих газов.	Успешно применяет общие методы вычислений удельного расхода топлива по составу отходящих газов.	Уверенно применяет общие методы вычислений удельного расхода топлива по составу отходящих газов. Дает рекомендации по оптимизации режима работы тепловых установок.
Умение применять положения эффективного проведения технологических процессов получения	Не умеет применять положения эффективного проведения технологических процессов получения	Допускает неточности и ошибки при выборе способа реализации приемов энергосбережения с учетом	Может осуществить способ реализации эффективного проведения технологических процессов	Грамотно осуществляет способ реализации эффективного проведения технологических процессов

<p>вяжущих материалов при организованном сжигании топлива с целью обеспечения рационального режима работы тепловых установок и снижения тепловых затрат.</p>	<p>вяжущих материалов при организованном сжигании топлива с целью обеспечения рационального режима работы тепловых установок и снижения тепловых затрат.</p>	<p>особенностей процессов получения вяжущих материалов и управления их качеством.</p>	<p>получения вяжущих материалов при организованном сжигании топлива.</p>	<p>получения вяжущих материалов при организованном сжигании топлива с целью обеспечения рационального режима работы тепловых установок</p>
--	--	---	--	--

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеть навыками самостоятельной работы с учебной, научной и специальной технической литературой.	Не использует учебную, научную и специальную техническую литературу для подготовки к занятиям.	Не достаточно владеет навыками самостоятельно работы с учебной, научной и специальной технической литературой.	Достаточно владеет навыками самостоятельной работы с учебной, научной и специальной технической литературой.	Владеет навыками самостоятельной работы с учебной, научной и специальной технической литературой.
Владение навыками приобретенных знаний при решении задач по оптимизации процесса сжигания топлива и технологического процесса производства вяжущих материалов в целом.	Допущены принципиальные ошибки в вычислениях значений параметров работы тепловых установок (перепутаны формулы, нарушена последовательность вычислений, отсутствует перевод физических величин в систему СИ и т.д.).	В основном полное вычисление параметров работы тепловых установок при наличии ошибок, которые не оказывают существенного влияния на окончательный результат.	Вычисление параметров работы тепловых установок при наличии несущественных ошибок при вычислениях и построении графиков, рисунков, не влияющих на общий результат решения.	Полное вычисление параметров работы тепловых установок протекания при отсутствии ошибок в вычислениях и построениях графиков и схем, грамотное и аккуратное выполнение всех заданий, наличия вывода.
Владение навыками обработки полученных результатов вычислений	С дополнительной помощью обрабатывает и не интерпретирует результаты вычислений	С дополнительной помощью обрабатывает и интерпретирует результаты вычислений	Сформированы навыки обработки и интерпретации результатов вычислений	Сформированы устойчивые навыки обработки и интерпретации результатов вычислений
Владение навыками применения закономерностей протекания тепловых процессов при использовании тепла, полученного в результате организованного сжигания топлива.	Владеет навыками применения закономерностей протекания процессов горения топлива и физико-химических процессов в тепловых установках, но допускает ошибки в выборе методов по снижению тепловых затрат.	С дополнительной помощью может оценить взаимосвязь процессов горения топлива на режим работы тепловых агрегатов с целью получения качественного продукта.	Знает основные понятия и закономерности процесса горения топлива, методы, приемы и направления энергосбережения в тепловых установках при производстве вяжущих материалов.	Последовательно, четко и логически стройно излагает основные понятия и закономерности процесса горения топлива при организации работы тепловых установок, методы, приемы снижения тепловых затрат.

## 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.	Компьютерный класс кафедры ТЦКМ (УК 2 каб. 212)	Программы для расчета состава сырьевых смесей (Шихта2), теплового баланса печных агрегатов (Семbalance) , 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. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

№	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

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
6	Шихта2	Свободно распространяемое программное обеспечение. Разработка кафедры.
7	Cembalance	Свободно распространяемое программное обеспечение. Разработка кафедры.

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

1. Классен В.К. Технология и оптимизация производство цемента (учебное пособие). – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2012. – 308 с.
2. Марков, Б. Л. Учебно-справочное пособие по теплопередаче: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению "Металлургия" / Б. Л. Марков, И. В. Ткачук. - М. : Теплотехник, 2008. - 80 с.
3. Классен В.К., Борисов И.Н., Мануйлов В.Е. Техногенные материалы в производстве цемента.– Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г.Шухова, 2008. – 126 с.
4. Теория горения топлива и тепловые установки в производстве вяжущих материалов. Методические указания для выполнения курсового проекта / С.А. Перескок, Н.П. Кудеярова, В.М. Коновалов, Л.С. Щелокова. Белгород: Изд-во БГТУ, 2017 – 63 с.
5. Дешко, Ю.И. Наладка и теплотехнические испытания вращающихся печей на цементных заводах / Ю.И. Дешко, М.Б. Креймер. М.: Стройиздат, 1966. - 242 с.
6. Мазуров Д.Я. Теплотехническое оборудование заводов вяжущих материалов: учебник для техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. / Д.Я. Мазуров. – М.: Стройиздат, 1982. – 288 с.
7. Булавин И.А., Макаров И.А., Рапопорт А.Я., Хохлов В.К. Тепловые процессы в технологии силикатных материалов.- М.: Стройиздат. – 1982. – 243 с.
8. Роговой М.И., Кондакова М.Н., Сагановский М.Н. Расчеты и задачи по теплотехническому оборудованию предприятий промышленности строительных материалов . –М.: Стройиздат. – 1975. – 320 с.
9. Силенок С.Г., Гризак Ю.С., Лямин В.Н., Тихомиров П.Л. Андреев Н.И. Печные агрегаты цементной промышленности. – М.: Машиностроение. – 1984. – 166 с.
10. Проектирование цементных заводов. // Под ред. Зозули П.В. – Изд-во «Синтез»: С.-Петербург,. –1996. – 445 с.
11. Вращающиеся печи: теплотехника, управление и экология : справ. в 2 кн. / В. Г. Лисиенко, Я. М. Щелоков, М. Г. Ладыгичев. - М. : Теплотехник. - 2004. - 687 с.
12. Современные горелочные устройства (конструкции и технические характеристики) : справ. / А. А. Винтовкин. - М. : Машиностроение-1, 2001. - 487 с.
13. Лисиенко, В. Г. Топливо. Рациональное сжигание, управление и технологическое использование : справочник : в 3 кн. / В. Г. Лисиенко, Я. М. Щелоков, М. Г. Ладыгичев ; ред. В. Г. Лисиенко. - М. : Теплотехник, 2003 – 604 с.
14. Теплотехника : учебник / ред. В. Н. Луканин. - 4-е изд., испр. - М. :

Высш. шк., 2003. - 671 с.

15. Лисиенко, В.Г. Совершенствование и повышение эффективности энерготехнологий и производств (интегрированный энерго-экологический анализ: теория и практика): в 2-х т. : монография / В. Г. Лисиенко. - М. : Теплотехник, 2008 - ., Т. 1. - 2008. - 684 с.

16. Теплотехника и теплотехническое оборудование технологии строительных изделий [Электронный ресурс] / В. В. Губарева. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова. Ч. II : Сушка твердых дисперсных материалов. - 2006. - 1 (дискета) эл. диск.

17. Ерофеев, В. Л. Теплотехника: учеб. / В. Л. Ерофеев, П. Д. Семенов, А. С. Пряжин. - М.: Академкнига, 2006. - 488 с.

18. Техническая термодинамика и теплопередача: учебное пособие для неэнергетических специальностей вузов / В. В. Нащокин, А. В. Вавилов. - 4-е изд., стереотип. - М. : Аз-book, 2009. - 469 с.

19. Прибытков, И. А. Теоретические основы теплотехники : учеб. / И. А. Прибытков, И. А. Левицкий. - М. : АСАДЕМА, 2004. - 463 с.

20. Шарапов, Р. Р. Специальное оборудование заводов по производству цемента: учеб. пособие / Р. Р. Шарапов. - Белгород : БГТУ им. В. Г. Шухова, 2006. - 143 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

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).