

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



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
дисциплины

Теория горения топлива и тепловые установки в производстве вяжущих  
материалов

Направление подготовки:

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

Направленность программы:

Рациональное использование материальных и энергетических ресурсов в  
химической технологии вяжущих материалов

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

заочная

Институт: Химико-технологический

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: 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
Технологические задачи профессиональной деятельности	ПК-2 Способен обеспечивать технологическое сопровождение процесса производства вяжущих материалов с позиции повышения его эффективности.	ПК-2.3. Участвует в организации и совершенствовании технологического процесса получения вяжущих материалов в соответствии с требованием выпуска качественной продукции.	<p><b>Знание:</b> процесса сжигания топлива, устройства и принципа действия горелочных устройств, основного технологического оборудования для проведения тепловых процессов получения вяжущих материалов в соответствии с требованиями выпуска качественной продукции.</p> <p><b>Умение:</b> управлять процессом сжигания топлива без возникновения нарушений, реализовывать проведение технологического процесса с учетом особенностей производства, сырьевой базы, климатических условий и возможностей использования вторичных и техногенных ресурсов.</p> <p><b>Навыки:</b> основными понятиями и закономерностями тепловых процессов, методами, приемами и направлениями энерго- и ресурсосбережения в производстве вяжущих материалов. возможностью организовать сжигание топлива с позиций оптимизации проведения технологического процесса, минимизации воздействия на окружающую среду.</p>
		ПК-2.4. Обеспечивает проверку правильности работы технологического и теплотехнического оборудования, соблюдение оптимальных параметров технологического процесса производства вяжущих материалов, производит наладку режима работы технологического оборудования.	<p><b>Знание:</b> параметров работы основного технологического и теплотехнического оборудования, способов оптимизации процесса горения и ведения технологического процесса производства вяжущих материалов.</p> <p><b>Умение:</b> управлять процессом сжигания топлива в соответствии с требованиями правил техники безопасности, производить наладку режима работы технологического оборудования при проведении технологического процесса.</p> <p><b>Навыки:</b> методикой оценки эффективности горения топлива и протекания технологического</p>

			процесса по составу продуктов горения, навыками по обеспечению проверки правильности работы тепловых установок, топливно-сжигающих устройств и другого вспомогательного оборудования.
--	--	--	---

## 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	Проектное обучение
8	Основы компьютерного проектирования технологического оборудования
9	Теория горения топлива и тепловые установки в производстве вяжущих материалов
10	Химия вяжущих материалов
11	Производственная технологическая (проектно-технологическая) практика
12	Тепломассобмен во вращающихся печах
13	Технология вяжущих и композиционных материалов с использованием техногенных продуктов
14	Оптимизация технологических процессов производства цемента с применением ЭВМ
15	Термодинамика силикатных систем
16	Управление технологическим процессом производства цемента
17	Энергосбережение в производстве цемента
18	Производственная преддипломная практика

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зач. единиц, 252 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	252	2	250
<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>	234	—	234
Курсовой проект	54	—	54
Курсовая работа	—	—	—
Расчетно-графическое задание	-	—	-
Индивидуальное домашнее задание	—	—	—
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	144	—	144
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			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1. Вводная лекция					
	Использование органического топлива при проведении технологических процессов. Превращения, происходящие с сырьевыми материалами при термической обработке. Определение типа тепловых процессов по результатам дифференциально термического анализа. Современные технологические схемы производства цемента.	0,26	—	—	6
2. Основные свойства видов органического топлива					
	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. Зависимость показателей горения топлива от коэффициента избытка воздуха.	0,26	1	—	7
3. Подготовка различных видов топлива к сжиганию					
	Подготовка твердого топлива для сжигания факельным способом. Схемы помола угля. Преимущества и недостатки каждой из схем. Подготовка жидкого и газообразного топлива к сжиганию в тепловых агрегатах.	0,26	-	—	7
4. Основы теории горения органического топлива					
	Основные положения кинетики химических реакций применительно к процессам горения топлива. Понятие об основных стадиях процесса горения. Смесеобразование в гомогенных системах. Роль молекулярной и турбулентной диффузии.	0,26	-	—	6
5. Сжигание газообразного топлива					
	Воспламенение и распространение пламени в горючих смесях. Концентрационные границы воспламенения. Скорость горения, нормальная скорость распространения пламени. Турбулентное распространение пламени. Устойчивость пламени, обеспечение безаварийной работы установок. Топливо сжигающие устройства. Интенсификация сжигания газообразного топлива.	0,3	-	—	6
6. Сжигание жидкого топлива					
	Особенности использования жидкого топлива. Механизм горения жидкого топлива Воспламенение и горение одиночной капли жидкого топлива. Сжигание мазута в	026	—	—	6

	цементных вращающихся печей. Мазутные форсунки.				
<b>7. Сжигание пылеугольного топлива</b>					
	Особенности горения твердого топлива. Особенности использования твердого топлива. Механизм и кинетика горения углеродной частицы. Особенности сжигания пылеугольного топлива во вращающихся печах. Топливо сжигающие устройства пылевидного топлива.	0,26		—	6
<b>8. Использование альтернативного топлива</b>					
	Особенности сжигания топлива при использовании техногенных продуктов. Возможные схемы работы при использовании альтернативных видов топлива, подаваемого с сырьевой смесью и с основным технологическим топливом.	0,3	-	—	6
<b>9. Оценка эффективности сжигания топлива</b>					
	Газовый анализ. Принцип работы промышленных газоанализаторов. Состав отходящих газов тепловых агрегатов. Определение удельного расхода топлива по составу отходящих газов.	0,26	1	—	7
<b>10. Экология и сжигание топлива</b>					
	Неполное горение топлива. Недопустимость наличия недожога топлива. Механизм образования и способы снижения концентрации оксидов азота и оксида серы.	0,26	—	—	6
<b>11. Тепловые процессы и установки при производстве вяжущих материалов</b>					
	Общие понятия о тепловом процессе, тепловой обработке. Виды тепловой обработки. Физико-химические тепловые процессы, протекающие при обжиге цементного сырья. Теоретический расход тепла для получения портландцементного клинкера. Виды теплообмена при тепловой обработке сырьевых материалов.	0,26	1	—	6
<b>12. Печи и сушила для производства вяжущих материалов. Вращающиеся печи мокрого способа производства</b>					
	Классификация тепловых установок по виду тепловой, обработки режиму работы, устройству рабочей камеры. Основные элементы промышленной печи. Технологическая и теплотехническая характеристика вращающихся печей мокрого способа производства клинкера. Распределение печи на технологические зоны. Комплекс теплообменных устройств печей мокрого способа производства. Способы снижения расхода энергоресурсов на печах мокрого способа.	0,26	2	—	6
<b>13. Вращающиеся печи сухого и комбинированного способа производства</b>					
	Типы печей сухого способа производства цемента. Общая характеристика. Преимущества, недостатки. Печи Леполь. Печи с запечными циклонными теплообменниками. Движение газов и материала по системе циклонного теплообменника. Установки для обжига клинкера при комбинированном способе производства цемента. Устройство, работа, теплотехнические характеристики. Реакторы-декарбонизаторы. Эффективность применения.	0,26	-	—	6
<b>14. Расчет материального и теплового балансов вращающихся печей</b>					
	Структура материального баланса вращающейся печи. Характеристика расходных и приходных статей. Структура теплового баланса вращающейся печи. Цель расчета. Характеристика приходных и расходных статей.	0,26	1	—	6
<b>15. Теплообмен во вращающихся печах Оптимизация процесса обжига цементного клинкера. Зависимость Эйгена-Классена</b>					
	Способы передачи тепла. Уравнения теплопроводности, конвекции и излучения. Режимы работы тепловых агрегатов (конвективный, лучистый, слоевой). Оптимизация тепловых	0,26	—	—	6

	процессов. Зависимость Эйгена-Классена. Физическая сущность зависимости для понимания важности экономии тепла при проведении высокотемпературных тепловых процессов. Теоретические основы экономии топлива.				
<b>16. Футеровка вращающихся печей</b>					
	Защита тепловых установок от воздействия высоких температур и снижение потерь тепла в окружающую среду. Футеровка вращающихся печей мокрого и сухого способов производства. Виды огнеупоров, способы их установки. Факторы, влияющие на стойкость футеровки.	0,26	-	-	6
<b>17. Устройства для рекуперации теплоты</b>					
	Технологические и теплотехнические требования к охлаждению клинкера. Устройство, работа и теплотехнические характеристики барабанных холодильников. Устройство, работа и теплотехнические характеристики многобарабанных (рекуператорных) холодильников. Оценка эффективности работы холодильников. Клинкерный колосниковый холодильник с провальной колосниковой решеткой типа «Волга». Преимущества и недостатки. Современные виды клинкерных охладителей, особенности конструкции, принцип действия и показатели работы.	0,3	1	-	7
<b>18. Печи для производства извести</b>					
	Установки для обжига извести: шахтные и вращающиеся печи, печи кипящего слоя и параллельно поточные регенеративные печи (печи MAERZ). Устройство, работа, теплотехнические характеристики. Уровень тепловой форсировки их работы.	0,3	0,5	-	7
<b>19. Сушка материалов</b>					
	Классификация сушилок. Совмещение сушки и помола материалов. Теплотехнические расчеты сушки сыпучих материалов.	0,26	0,5	-	6
<b>20. Аэродинамика печных агрегатов</b>					
	Аэродинамическое сопротивление движению газового потока. Виды сопротивлений. Влияние потерь напора на расход электроэнергии при работе тягодутьевых устройств. Аэродинамическое сопротивление движению газового потока во вращающихся печах. Подбор тягодутьевых устройств.	0,3	1	-	7
<b>21. Производство строительного гипса</b>					
	Установки для «варки» гипса. Совмещенный помол и обжиг гипса. Теплотехнический расчет. Варочные котлы. Назначение, устройство, работа. Современные схемы получения гипса.	0,2	-	-	6
<b>22. Тепловлажностная обработка материалов</b>					
	Пропарочные камеры, конвейеры твердения. Назначение устройство, работа. Автоклавная обработка материалов. Физико-химические процессы, протекающие при автоклавной обработке.	0,2	-	-	6
<b>23. Энерго-и ресурсосбережение при производстве вяжущих материалов</b>					
	Пути снижения расхода тепловой энергии на получение вяжущих материалов. Интенсификация теплообмена, рекуперация тепла, совершенствование технологии.	0,2	1	-	6
	ВСЕГО	6	10	-	144



## 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
семестр № 6				
1	Основные свойства различных видов органического топлива	Состав топлива, пересчет состава топлива с одной массы на другую. Составление материального баланса горения. Жаропроизводительность топлива. Расчет калориметрической и действительной температуры горения топлива	1,5	10
2	Оценка эффективности организации сжигания топлива	Определение состава продуктов сгорания топлива. Определение удельного расхода топлива и подсосов воздуха по составу отходящих газов.	1,5	10
3	Печные установки для получения вяжущих материалов	Расчет производительности вращающихся печей при производстве клинкера и объема отходящих газов из вращающихся печей при обжиге клинкера	1	8
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 экономии 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 и др	1,5	8
6	Сушильные установки	Расчет объема дополнительного воздуха для получения сушильного агента заданной температуры	1	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.	1,5	10

8	Аэродинамика печных агрегатов	Расчет скорости и объема газового потока в загрузочном обресе, сопротивления печного агрегата при изменении параметров работы печи.	1	10
			10	74
			Итого:	74
			ВСЕГО:	74

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

Не предусмотрено учебным планом.

### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

В процессе изучения данной дисциплины студент должен выполнить курсовой проект на тему «Расчет теплотехнической эффективности вращающейся печи при внедрении технологических мероприятий». Предлагаемое для анализа мероприятие выбирается из следующих вариантов:

- при снижении влажности шлама;
- при замене типа клинкерного охладителя или изменении расхода воздуха на охлаждение;
- при изменении схемы утилизации пыли электрофильтров;
- при замене мокрого способа производства на сухой или комбинированный;
- при подаче части сырья с горячего конца печи в сухом виде;
- при замене вида используемого топлива;
- при изменении химического или минералогического состава сырья и выпускаемой продукции.

2. «Расчет теплотехнической эффективности от внедрения технологических мероприятий при обжиге извести во вращающихся или шахтных печах»:

- при изменении химического или минералогического состава сырья;
- при замене используемого топлива;
- при изменении активности выпускаемой извести.

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

Выполнение курсового проекта 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 курсового проекта студенты рассчитывают материальный и тепловой баланс теплового агрегата до и после внедрения мероприятий, основные теплотехнические показатели, проводят расчет расхода топлива по составу отходящих газов, знакомятся с правилами оформления пояснительной записки.

Курсовой проект выполняется в виде пояснительной записки объемом до 40 страниц и чертежа (схемы) агрегата, выполненного на листе формата А4

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	

Защита курсового проекта проводится публично в группе и включает в себя развернутый доклад (7-10 мин.) и ответы на задаваемые вопросы студентами и преподавателем.

#### 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 обеспечивать технологическое сопровождение процесса производства вяжущих материалов с позиции повышения его эффективности.

*(код и формулировка компетенции)*

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-2.3. Участвует в организации и	Экзамен.

совершенствовании технологического процесса получения вяжущих материалов в соответствии с требованием выпуска качественной продукции.	Защита курсового проекта. Выполнение задач прикладного характера. Тестовый контроль.
ПК-2.4. Обеспечивает проверку правильности работы технологического и теплотехнического оборудования, соблюдение оптимальных параметров технологического процесса производства вяжущих материалов, производит наладку режима работы технологического оборудования.	

## 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

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

	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Вводная лекция	1. Основные понятия о теплотехнологических процессах. Применение печных агрегатов для производства вяжущих материалов.
2	Основные свойства видов органического топлива	1. Основные характеристики органического топлива. Важнейшие теплотехнические характеристики органического топлива. Состав топлива. Горючие и балластные составляющие топлива. Теплота сгорания топлива. Жаропроизводительность топлива. 2. Материальный баланс процесса горения органического топлива. 3. Продукты полного и неполного сгорания. Коэффициент избытка воздуха. Зависимость показателей горения от коэффициента избытка воздуха.
3	Подготовка различных видов топлива к сжиганию	4. Подготовка топлива к сжиганию в печи. Схемы помола угля. Преимущества и недостатки каждой из схем. Модернизация отдельных узлов при помоле угля на объединенной с печью схеме. 5. Подготовка жидкого и газообразного топлива к сжиганию в тепловых установках.
4	Основы теории горения органического топлива	6. Кинетическое и диффузионное горение. Основные положения кинетики химических реакций применительно к процессам горения топлива. 7. Смесеобразование в гомогенных системах. Роль молекулярной и турбулентной диффузии. Понятие об основных стадиях процесса горения.
5	Сжигание газообразного топлива	8. Механизм цепного горения метана. Воспламенение и распространение пламени в горючих смесях. Концентрационные границы воспламенения. Скорость горения, нормальная скорость распространения пламени. Турбулентное распространение пламени 9. Устойчивость пламени, обеспечение безаварийной работы установок. Особенности сжигания

		газообразного топлива во вращающихся печах. Топливосжигающие устройства.
6	Сжигание жидкого топлива	10. Особенности использования жидкого топлива. Механизм горения жидкого топлива Воспламенение и горение одиночной капли жидкого топлива. Сжигание мазута в цементных вращающихся печах. Мазутные форсунки.
7	Сжигание пылеугольного топлива	11. Стадии горения твердого топлива. Особенности использования твердого топлива. Механизм и кинетика горения углеродной частицы. 12. Особенности сжигания пылеугольного топлива во вращающихся печах. Многоканальные горелочные устройства для сжигания твердых видов топлива.
8	Использование альтернативного топлива	13. Виды альтернативных видов топлива. Способы применения и возможные схемы работы при использовании альтернативных видов топлива. Ограничения применения альтернативных видов топлива.
9	Оценка эффективности сжигания топлива	14. Газовый анализ. Виды промышленных газоанализаторов. Определение состава продуктов сгорания топлива и отходящих газов. 15. Определение удельного расхода топлива по составу отходящих газов.
10	Экология и сжигание топлива	16. Неполное горение топлива. Недопустимость наличия недожога топлива. Механизм образования и способы снижения концентрации оксидов азота.
11	Тепловые процессы и установки при производстве вяжущих материалов	17. Общие понятия о тепловом процессе, тепловой обработке. Виды тепловой обработки. Физико-химические тепловые процессы, протекающие при тепловой обработке сырьевых материалов. 18. Теоретический расход тепла для получения портландцементного клинкера. Способы его расчета. 19. Виды теплообмена при тепловой обработке сырьевых материалов. Теплообмен теплопроводностью, конвекцией, лучистый теплообмен.
12	Печи и сушила для производства вяжущих материалов.	20. Классификация тепловых установок по виду тепловой, обработки режиму работы, устройству рабочей камеры. 21. Основные элементы промышленной печи. Общая характеристика печей для получения портландцементного клинкера.
13	Вращающиеся печи мокрого способа производства.	22. Устройство и работа вращающихся печей мокрого способа производства портландцемента. 23. Распределение вращающейся печи мокрого способа производства на технологические зоны. Изменение температуры газового и материального потоков. Физико-химические тепловые процессы, протекающие в отдельных зонах. 24. Внутренние теплообменные устройства вращающихся печей мокрого способа производства цемента. Типы устройств. Цепные завесы. Способы навески цепей. 25. Теплообменники зоны подогрева. Типы теплообменников (ячейковые, звеньевые, циклоидные и др.). Перемешивающие теплообменные устройства (лифтеры), суспензионный теплообменник пересыпного типа.

14	Вращающиеся печи и сухого комбинированного способа производства	<p>26. Типы печей сухого способа производства цемента. Общая характеристика. Преимущества, недостатки.</p> <p>27. Печи с запечными циклонными теплообменниками. Движение газов и материала по системе циклонного теплообменника. Изменение температур материала и газового потока.</p> <p>28. Реакторы-декарбонизаторы.. Назначение и типы применяемых декарбонизаторов. Эффективность применения.</p> <p>29. Установки для обжига клинкера при комбинированном способе производства цемента. Устройство, работа, теплотехнические характеристики.</p> <p>30. Печи с конвейерным кальцинатором «Леполь» с двукратным прососом газового потока. Печи с шахтно-циклонными теплообменниками. Принцип и показатели работы. Преимущества и недостатки данных печных систем.</p> <p>31. Основные нарушения работы печей сухого способа производства. Причины образования настывлей и материальных конгломератов в печи. Системы байпаса печных газов. Эффективность их применения.</p>
15	Расчет материального и теплового балансов вращающихся печей	<p>32. Структура материального баланса вращающейся печи. Цель расчета. Характеристика расходных и приходных статей.</p> <p>33. Структура теплового баланса вращающейся печи. Цель расчета. Характеристика приходных и расходных статей</p>
16	Теплообмен во вращающихся печах. Оптимизация процесса обжига цементного клинкера. Зависимость Эйгена-Классена	<p>34. Способы передачи тепла во вращающейся печи. Режимы работы тепловых агрегатов (конвективный, лучистый, слоевой). Факторы, определяющие интенсивность теплообмена.</p> <p>35. Зависимость Эйгена-Классена. Теоретические основы экономии топлива. Физическая сущность зависимостей Эйгена.</p>
17	Футеровка вращающихся печей	<p>36. Футеровка вращающихся печей. Виды огнеупорных материалов, способ укладки огнеупоров. Применение видов огнеупоров по зонам вращающейся печи. Влияние различных факторов на стойкость футеровки.</p>
18	Устройства для рекуперации теплоты	<p>37. Технологические и теплотехнические требования к охлаждению клинкера. Устройство, работа и теплотехнические характеристики барабанных холодильников.</p> <p>38. Устройство, работа и теплотехнические характеристики многобарабанных (рекуператорных) холодильников. Оценка эффективности работы холодильников.</p> <p>39. Клинкерный колосниковый холодильник типа «Волга». Преимущества и недостатки. Основные характеристики работы. Повышение эффективности работы</p>

		<p>колосникового холодильника.</p> <p>40. Современные виды клинкерных охладителей с беспровальной колосниковой решеткой. Особенности их конструкции и принцип действия. Преимущества их применения.</p>
19	Печи для производства извести	<p>41. Установки для обжига извести: шахтные пересыпные и газофицированные печи, вращающиеся печи. Устройство, работа, теплотехнические характеристики.</p> <p>42. Печи кипящего слоя и параллельно поточные регенеративные печи (печи MAERZ). Устройство, работа, теплотехнические характеристики. Уровень тепловой форсировки их работы.</p>
20	Сушка материалов	<p>43. Классификация сушилок. Типы, устройство и принцип работы сушильных барабанов, вихревых сушилок и сушилок кипящего слоя. Совмещение сушки и помола материалов.</p>
21	Аэродинамика печных агрегатов	<p>44. Аэродинамическое сопротивление движению газового потока. Виды сопротивлений. Влияние потерь напора на расход электроэнергии при работе тягодутьевых устройств.</p> <p>45. Аэродинамическое сопротивление движению газового потока во вращающихся печах. Подбор тягодутьевых устройств.</p>
22	Производство строительного гипса	<p>46. Установки для «варки» гипса. Совмещенный помол и обжиг гипса. Теплотехнический расчет.</p> <p>Варочные котлы. Назначение, устройство, работа. Современные схемы получения гипса.</p>
23	Тепловлажностная обработка материалов	<p>47. Пропарочные камеры, конвейеры твердения. Назначение устройство, работа.</p> <p>48. Автоклавная обработка материалов. Физико-химические процессы, протекающие при автоклавной обработке.</p> <p>49. Методика теплового расчета автоклава без перепуска и с перепуском пара.</p>
24	Энерго-и ресурсосбережение при производстве вяжущих материалов	<p>50. Пути снижения расхода тепловой энергии на получение вяжущих материалов. Интенсификация теплообмена, рекуперация тепла, совершенствование технологии.</p>

### 5.2.2. Перечень контрольных материалов

#### для защиты курсового проекта/ курсовой работы

Для успешной защиты курсового проекта студенту необходимо представить пояснительную записку и чертеж (схему) теплового агрегата с расчетными таблицами материального и теплового балансов печи и клинкерного охладителя. Во время публичной защиты курсового проекта студент должен сделать доклад и ответить на вопросы, касающиеся работы печи заданного способа производства и типа размера. Объяснить результаты полученных расчетов эффективности работы печного агрегата, предложить мероприятия по улучшению данных показателей.

	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Основные понятия	<p>1.Физико-химические тепловые процессы, протекающие при нагревании карбонатного и глинистого сырья. Эндотермические и экзотермические процессы, протекающие при тепловой обработке.</p> <p>2.Теоретический расход тепла. Пути снижения ТЭЖ при производстве портландцементного клинкера.</p>
2	Установки для производства портландцементного клинкера	<p>3.Способы производства портландцементного клинкера. Классификация печей для обжига клинкера. Характеристики печей (типоразмер, производительность, удельный расход топлива и т.д.).</p> <p>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.</p> <p>5.Распределение вращающихся печей мокрого способа на технологические зоны. Процессы, протекающие в отдельных зонах. Изменение температуры материального и газового потоков.</p> <p>6.Теплопотребление в отдельных зонах вращающейся печи. Перечислить основные эндотермические и экзотермические процессы, протекающие в печи. Затраты тепла на протекание данных процессов.</p> <p>7.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>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	21. Технологические и теплотехнические требования к охлаждению клинкера. Устройство, работа и теплотехнические характеристики барабанных и рекуператорных холодильников. Основной показатель эффективности работы клинкерных охладителей.
		22. Устройство, работа и теплотехнические характеристики колосниковых холодильников с провальной колосниковой решеткой. Тепловой баланс холодильника. Повышение эффективности работы клинкерных охладителей типа «Волга».
		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».
5	Аэродинамика тепловых агрегатов	24. Движение газового потока во вращающейся печи. Виды напоров и сопротивлений движению газовых потоков. Расчет местного сопротивления и сопротивления трению. Уравнение Дарси-Вейсбаха.
		25. Уравнение Бернулли. Виды сопротивлений. Аэродинамическое сопротивление движению газового потока во вращающейся печи мокрого способа производства цемента. Подбор дымососа для обеспечения работы печи.
		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.

### 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.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Компетенция	Содержание вопросов (типовых контрольных заданий)
1	Вводная лекция	ПК-2	1. Физико-химические превращения сырьевых материалов при нагреве. 2. Виды органического топлива, используемых для производства вяжущих материалов. 3. Виды тепловых процессов. Привести примеры эндотермических и экзотермических процессов 4. Виды тепловых установок для производства вяжущих материалов.
2	Основные свойства разных видов		5. Перечислите основные показатели, характеризующие свойства органического топлива.

	органического топлива	<p>6. Состав топлива, горючие и балластные оставляющие. Произвести пересчет горючей массы топлива на рабочую.</p> <p>7. Теплотворная способность топлива. В чем отличие высшей и низшей теплотворной способности?</p> <p>8. При каких условиях рассчитывается значение жаропроизводительности топлива. Что такое условное топливо?</p>
3	Подготовка различных видов топлива к сжиганию	<p>9. Основные стадии подготовки жидкого топлива к сжиганию.</p> <p>10. До какой температуры следует нагревать жидкое топливо для снижения вязкости?</p> <p>11. Основные стадии подготовки твердого топлива к сжиганию.</p> <p>12. Как зависит тонкость помола угля от содержания летучих в топливе. Какой она должна быть при <math>V^{лет} = 30\%</math> ?</p> <p>13. Преимущества и недостатки замкнутой и разомкнутой схем углеприготовления.</p>
4	Основы теории горения органического топлива	<p>14. Основные стадии горения различных видов топлива. Какую стадию следует интенсифицировать при сжигании жидкого топлива?</p> <p>15. Какую стадию следует интенсифицировать при сжигании твердого топлива?</p> <p>16. Кинетическое и диффузионное горение топлива. Приведите уравнение для вычисления константы скорости реакции и коэффициента молекулярной диффузии от изменения температуры.</p> <p>17. Полное и неполное горение топлива. Чем обусловлено появление физического и химического недожога топлива.</p>
5	Сжигание газообразного топлива	<p>18. В чем заключается цепной механизм горения газообразного топлива?</p> <p>19. Что такое нормальная скорость распространения пламени. Направление вектора нормальной скорости распространения пламени.</p> <p>20. В чем отличие диффузионных горелочных устройств от кинетических?</p> <p>21. Основные причины нарушения работы горелочных устройств для сжигания газообразного топлива. В чем отличие отрыва от «проскока» пламени? Возможен ли «проскок» пламени при работе диффузионных горелок?</p> <p>22. Рассчитать теоретический и действительный объем воздуха на горение газообразного топлива</p>

		<p><math>\text{CH}_4=100\%</math> и <math>\alpha=1,15</math>.</p> <p>23. Рассчитать концентрационные пределы воспламенения для газовой смеси, состоящей из <math>\text{CH}_4=50\%</math> и <math>\text{C}_2\text{H}_6=50\%</math>, зная пределы воспламенения метана и этана</p>
6	Сжигание жидкого топлива	<p>24. Как происходит горение жидкого топлива? Чем определяется гомогенное и гетерогенное горение одиночной капли жидкого топлива?</p> <p>25. Способ сжигания жидкого топлива во вращающихся печах. Роль первичного воздуха при организации сжигания.</p> <p>26. Осевые и тангенциальные горелочные устройства для сжигания жидкого топлива.</p>
7	Сжигание пылеугольного топлива	<p>27. Основные стадии горения твердого топлива.</p> <p>28. Напишите первичные и вторичные реакции окисления углерода и оксида углерода(II).</p> <p>29. Почему при неполном окислении углерода происходит снижение температуры горения?</p> <p>30. Чему пропорционально время выгорания сферической углеродной частицы?</p> <p>31. Многоканальные горелочные устройства для сжигания твердого топлива.</p> <p>32. Роль первичного воздуха для подачи топлива в печь и регулирования структуры факела.</p>
8	Использование альтернативного топлива	<p>33. Дайте определение понятию альтернативного топлива (АТ). Какие виды альтернативного топлива вы знаете.</p> <p>34. Какие требования существуют у производителей цемента к альтернативным видам топлива.</p> <p>35. Приведите способы использования АТ при производстве вяжущих материалов.</p> <p>36. Чем вызваны ограничения применения АТ при обжиге клинкера?</p>
9	Оценка эффективности сжигания топлива	<p>37. Что входит в состав сухих отходящих газов вращающихся печей?</p> <p>38. Что можно оценить при анализе отходящих газов?</p> <p>39. В чем заключается крайне негативная роль наличия недожога топлива (<math>\text{CO}</math>) в составе отходящих газов?</p> <p>40. Рассчитать удельный расход тепла (топлива) на обжиг клинкера по составу отходящих газов, если: содержание <math>\text{CO}_2=22\%</math>, <math>\text{O}_2=2\%</math>, <math>\text{CO}_2^{\text{макс}}=11,8\%</math>, <math>\rho=0,143\text{кг у.т./м}^3\text{спг}</math> и <math>V_{\text{CO}_2}</math> из сырья <math>=0,26\text{м}^3/\text{кг кл.}</math></p>
10	Экология и сжигание топлива	<p>41. Какие причины появления <math>\text{SO}_2</math> в составе отходящих газов.</p>

		<p>42. В чем заключается негативная роль наличия оксидов азота (<math>\text{NO}_x</math>) в промышленных выбросах.</p> <p>43. Механизм образования и способы снижения концентрации оксидов азота?</p>
11	Тепловые процессы и установки при производстве вяжущих материалов	<p>44. Что подразумевается под тепловыми процессами?</p> <p>45. Какие виды тепловой обработки протекают с изменением химического состава обрабатываемого материала?</p> <p>46. От чего зависит значение теоретического эффекта клинкерообразования, способы его снижения.</p> <p>47. При образовании какого клинкерного минерала выделяется больше всего тепла?</p> <p>48. Перечислите виды теплообмена в технологических зонах вращающихся печей.</p>
12	Печи и сушилка для производства вяжущих материалов.	<p>49. Основные признаки классификации печных установок.</p> <p>50. Наличие каких обязательных элементов свидетельствует о печной установке?</p> <p>51. Как можно классифицировать вращающуюся печь по тепловому режиму и способу выделения тепла?</p>
13	Вращающиеся печи мокрого способа производства.	<p>52. Устройство и работа вращающейся печи мокрого способа производства. Движение материального и газового потоков.</p> <p>53. Распределение вращающихся печей мокрого способа на технологические зоны. Процессы, протекающие в отдельных зонах. Изменение температуры материального и газового потоков.</p> <p>54. Перечислить основные эндотермические и экзотермические процессы, протекающие в печи. Затраты тепла на протекание данных процессов. Причины образования клинкерной пыли.</p> <p>55. Рычаги для управления печью мокрого способа.</p>
14	Вращающиеся печи сухого и комбинированного способа производства	<p>56. Изобразите схему движения газового потока и материала по запечному тракту печи сухого способа.</p> <p>57. Распределение температуры газового потока циклоном. Как отразится на изменении температуры газового потока появление «провалов» материала.</p> <p>58. Распределение печи с запечными циклонными теплообменниками на технологические зоны.</p> <p>59. Перечислите основные требования для эффективной работы циклонов</p>

			<p>60. В чем заключается отличие декарбонизаторов циклонно-вихревого типа от вертикально-проходных.</p> <p>61. Почему не добиваются 100% декарбонизации материала в печах с декарбонизаторами.</p>
15	Расчет материального и теплового балансов вращающихся печей		<p>62. Материальный баланс вращающейся печи мокрого способа производства цемента. Характеристика приходных и расходных статей.</p> <p>63. Тепловой баланс вращающейся печи мокрого способа производства цемента. Характеристика приходных и расходных статей теплового баланса.</p> <p>64. Чем отличается расчет показателя теплового КПД от технологического.</p> <p>65. Рассчитайте расход условного топлива при работе печи: расход газа <math>V=12300\text{ м}^3/\text{час}</math>, калорийностью <math>8000\text{ ккал/м}^3</math>, производительностью <math>72\text{ т/час}</math>.</p>
16	Теплообмен во вращающихся печах. Оптимизация процесса обжига цементного клинкера. Зависимость Эйгена-Классена		<p>66. Перечислите виды теплообмена. Какой вид теплообмена преобладает в низкотемпературной части вращающейся печи?</p> <p>67. Какой вид теплообмена преобладает в высокотемпературной части печи?</p> <p>68. Напишите уравнения передачи тепла теплопроводностью, конвекцией.</p> <p>69. В чем заключается закон Бугера?</p> <p>70. Приведите формулу Стефана-Больцмана с дополнениями Блоха для вычисления лучистой энергии в факельном пространстве вращающейся печи.</p> <p>71. Физическая сущность зависимости Эйгена-Классена для важности экономии тепла при проведении высокотемпературных тепловых процессов.</p>
17	Футеровка вращающихся печей		<p>72. Вид огнеупора, применяемого для футеровки отдельных зон вращающейся печи.</p> <p>73. Почему нельзя футеровать зону спекания кислым огнеупором?</p> <p>74. Способы укладки огнеупоров по технологическим зонам печей.</p> <p>75. Влияние различных факторов на стойкость футеровки.</p>
18	Устройства для рекуперации теплоты		<p>76. Критерии оценки эффективности работы клинкерных охладителей.</p> <p>77. Какие виды теплообмена имеют место при охлаждении клинкера.</p> <p>78. Как меняются физические характеристики воздуха при повышении температуры.</p> <p>79. Преимущества и недостатки охладителей</p>

		<p>клинкера барабанного типа.</p> <p>80. Преимущества и недостатки рекуператорных (многобарабанных) охладителей клинкера.</p> <p>81. Клинкерный колосниковый холодильник типа «Волга». Преимущества и недостатки.</p> <p>82. Современные виды клинкерных охладителей с беспровальной колосниковой решеткой.</p> <p>Преимущества их применения.</p> <p>83. Рассчитать тепловой КПД охладителя, если приход тепла составляет 1350 кДж/кг кл, а теплопотери - 260 кДж/кг кл</p>
19	Печи для производства извести	<p>84. Что такое активность извести.</p> <p>85. На разложение какой карбонатной породы (<math>\text{CaCO}_3</math>, <math>\text{MgCO}_3</math> или <math>\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3</math>) требуется затратить больше тепла?</p> <p>86. Устройство и показатели работы шахтных пересыпных и газифицированных печей.</p> <p>87. Устройство, работа печей кипящего слоя и параллельно поточных регенеративных печей (печи MAERZ).</p>
20	Сушка материалов	<p>88. Какие материалы и на каких переделах при производстве цемента подвергаются сушке.</p> <p>89. Виды удаляемой влаги из высушиваемых материалов.</p> <p>90. Преимущества и недостатки прямоточных и противоточных барабанных сушильных установок.</p> <p>91. Устройство и работа вихревых сушилок и сушилок кипящего слоя. Ограничения в их применении.</p> <p>92. Рассчитайте затраты тепла на испарение воды, если начальная влажность составляет 40%, конечная – 3%.</p>
21	Аэродинамика печных агрегатов	<p>93. Напишите формулы уравнения неразрывности газового потока и уравнения Бернулли для технических расчетов.</p> <p>94. Виды сопротивлений. Влияние потерь напора на расход электроэнергии при работе тягодутьевых устройств.</p> <p>95. Напишите уравнение Дарси- Вейсбаха для расчета потерь на трение.</p> <p>96. Рассчитайте сопротивление циклона при коэффициенте сопротивления равном 15, скорости воздуха 15 м/сек и его температуре 100°C.</p>
22	Производство строительного гипса	<p>97. При каких температурах нагрева происходят тепловые превращения гипсового камня.</p> <p>98. Из каких периодов складывается процесс варки строительного гипса.</p>

			99. Устройство и работа гипсоварочных котлов. 100. Совмещенный помол и обжиг гипса.
23	Тепловлажностная обработка материалов		101. В каком случае и в каких условиях осуществляется пропаривание изделий. 102. В каком случае и при каких условиях осуществляется автоклавная обработка материалов. 103. Физико-химические процессы, протекающие при автоклавной обработке. 104. Устройство и принцип работы автоклава с перепуском пара. 105. Основные этапы и их продолжительность автоклавной обработки.
24	Энерго-и ресурсосбережение при производстве вяжущих материалов		106. Пути снижения расхода тепловой энергии на получение вяжущих материалов. 107. В чем заключается эффективность применения техногенных отходов. 108. Способы использования альтернативного топлива и сырьевых материалов с выгорающей составляющей. 109. Повышение рекуперации тепла как основной способ интенсификации теплообмена в тепловых агрегатах. 110. 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 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 ;
- б) теплота клинкера на выходе  
теплота клинкера на входе ;
- в) теплота теряемая в окружающую среду  
теплота клинкера на входе

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.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Показатель оценивания	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, определений, понятий теории горения топлива и тепловых установок для производства вяжущих материалов
	Знание основных закономерностей процессов горения органического топлива тепло и 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 пользоваться приборами для определения состава продуктов горения, аэродинамическими замерами расхода газообразных продуктов
	Умение производить расчет расхода топлива по составу отходящих газов для обеспечения технологического процесса обжига клинкера
	Умение применять положения теории горения топлива для обеспечения рационального режима работы тепловых установок и оптимизации протекающих химико-технологических процессов
Навыки	Владеть навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой
	Владение навыками приобретенных знаний при решении задач по оптимизации технологического процесса обжига клинкера
	Владение навыками обработки полученных результатов вычислений
	Владение навыками применения физико-химических закономерностей протекания процессов сжигания топлива оптимизации тепловых процессов при осуществлении тепловой обработки материалов

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 протекании процессов горения топлива и работы тепловых установок при производстве вяжущих материалов.	Хорошо представляет природу основных физических явлений, причины их возникновения и их взаимосвязь с внешними факторами воздействия при протекании процессов горения топлива и работы тепловых установок при производстве вяжущих материалов.	Разбирается в современных представлениях о природе основных физических явлений, причинах их возникновения и их взаимосвязи с внешними факторами воздействия при протекании 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 кондиционного качественного готового продукта.
Объем освоенного материала	Материал освоен не полностью	Представляет связь протекающих процессов горения топлива и тепловых процессов в тепловых установках технологически 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 кондиционного 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 технологически аспектами получения кондиционного 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 не 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 теории горения	Изложенная информация имеет структуризацию, интерпретация основных положений теории горения топлива	Изложенная информация имеет четкую структуризацию, подчеркнуты основные направления оптимизации

		топлива и работы тепловых установок по производству вяжущих материалов дается поверхностно.	и работы тепловых установок при проведении тепловой обработки дается полном объеме.	протекающих в тепловых установках печей 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 пользоваться приборами и оборудованием для определения состава отходящих газов для оценки процесса горения топлива и ведения технологического процесса обжига клинкера.	Не умеет пользоваться приборами и оборудованием для обеспечения технологического процесса обжига клинкера.	Работает на приборах и оборудовании для обеспечения технологического процесса обжига клинкера при значительной сторонней помощи.	Самостоятельно работает на приборах и оборудовании для обеспечения технологического процесса обжига клинкера при незначительной сторонней помощи.	Самостоятельно работает на приборах и оборудовании для обеспечения технологического процесса обжига клинкера.
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 теории горения топлива для организованного сжигания с целью обеспечения рационального режима работы тепловых	Не умеет применять законы для решения задач профессиональной деятельности	Допускает неточности и ошибки при выборе способа реализации приемов энергосбережения с учетом особенностей вида выпускаемых вяжущих	Может осуществить выбор способа реализации приемов энергосбережения с учетом особенностей производства вяжущих материалов, возможностей	Грамотно осуществляет выбор способа реализации приемов энергосбережения с учетом особенностей производства вяжущих материалов, возможностей



установок для получения вяжущих материалов.		материалов, возможностей использования вторичных и техногенных ресурсов.	использования вторичных и техногенных ресурсов.	использования вторичных и техногенных ресурсов.
---	--	--	---	---

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеть навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой	Не использует учебную и научную литературу для подготовки к занятиям.	Не достаточно владеет навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.	Достаточно владеет навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой.	Владеет навыками самостоятельной работы с учебной и научной 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 решения по уменьшению отрицательного воздействия на окружающую среду.	С дополнительной помощью может оценить взаимосвязь процессов горения топлива на режим работы тепловых агрегатов с целью получения кондиционного качественного продукта.	Знает основные понятия и закономерности процесса горения топлива, методы, приемы и направления энерго- и ресурсосбережения в тепловых установках при производстве вяжущих материалов.	Исчерпывающе, последовательно, четко и логично излагает основные понятия и закономерности процесса горения топлива и работы тепловых установок, методы, приемы и направления энерго- и ресурсосбережения в производстве вяжущих материалов.

## 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.

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения.
6	Шихта2	Свободно распространяемое программное обеспечение. Разработка кафедры.
7	Sembalance	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. Кудярова, 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. Пряхин. - 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).