

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики,
информационных технологий и управ-
ляющих систем

к.т.н., доц. Белоусов А.В.

« 26 » июня 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)

Высокотемпературные
теплотехнические процессы и установки

Направление подготовки (специальность):

13.03.01 – ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

Направленность программы (профиль, специализация):

Энергетика теплотехнологии

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

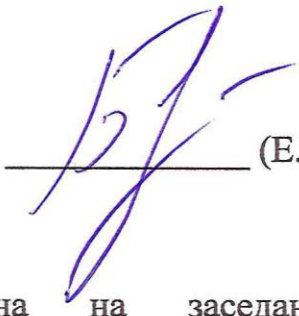
Институт: **Энергетики, информационных технологий и управляющих систем**

Кафедра: **Энергетики теплотехнологии**

Белгород 2022

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, утв. приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 февраля 2018 г. № 143;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2022 году.

Составители: старший преподаватель  (Е.А. Беловодский)

Рабочая программа обсуждена на заседании энергетики
теплотехнологии

« 12 » мая 20 22 г., протокол № 10

Заведующий кафедрой

Энергетики теплотехнологии

канд. техн. наук, доцент

 (Ю.В. Васильченко)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 26 » мая 20 22 г., протокол № 9

Председатель

канд. техн. наук, доцент

 (А.Н. Семернин)

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
Профессиональные	ПК-4. Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства	ПК-4.2. Разрабатывает схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства	Знания: теплотехнических и энергетические основы высокотемпературной технологии; схемы размещения теплотехнологического оборудования высокотемпературных производств, процессы генерации теплоты в ВТУ; особенности теплообмена при теплотехнологической обработке материалов; способы регенерации теплоты в ВТУ; использование вторичных энергетических ресурсов; влияние параметров протекающих процессов на основные показатели работы установок Умения: выполнять отбор тепловых энергосберегающих схем ВТУ, осуществлять инженерную реализацию эффективных теплотехнических принципов организации технологических процессов. Навыки: чтения тепловых схем, методиками теплотехнических расчетов, экспериментального и численного исследования высокотемпературных теплотехнологических процессов

МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-4. Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1.	История развития энергетики
2.	Теплофизические основы и организация технологических процессов
3.	Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки
4.	Паротеплогенерирующие установки промышленных предприятий
5.	Нагнетатели и тепловые двигатели
6.	Организация безопасной эксплуатации тепломеханического оборудования объектов энергетики
7.	Термовлажностные и низкотемпературные теплотехнологические процессы и
8.	Проектирование и эксплуатация высокотемпературных установок
9.	Энергетический комплекс промышленных предприятий
10.	Основы трансформации тепла и процессов охлаждения
11.	Теплонасосные установки в энергетике
12.	Производственная технологическая практика
13.	Производственная преддипломная практика
14.	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки: 5 зач. единиц

Форма промежуточной аттестации экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 5
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	180
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	73	73
лекции	34	34
лабораторные	17	17
практические	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	107	107
Курсовой проект	–	–
Курсовая работа	–	–
Расчетно-графическое задание	–	–
Индивидуальное домашнее задание	18	18
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	53	53
Экзамен	36	36

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 3 Семестр 5

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час		
		Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа
1	2	3	4	5
Введение в энергетику теплотехнологии				
	<p>Вводные понятия и термины. Теплотехническая классификация высокотемпературных теплотехнологических процессов. Технологические, энергетические и экологические проблемы теплотехнологии. Теплотехнические принципы организации технологических процессов.</p> <p>Примеры осуществления высокотемпературных теплотехнологических процессов в черной и цветной металлургии, в химических производствах и в промышленности строительных материалов.</p> <p>Тепловые схемы и конструкции установок.</p>	8	4	6
2	Генерация теплоты в высокотемпературных теплотехнологических реакторах			
	<p>Основные требования, предъявляемые к организации процесса генерации теплоты в теплотехнологических реакторах. Выбор источника энергии. Способы преобразования электрической энергии и области их применения в высокотемпературных теплотехнологических установках. Способы обеспечения требуемых состава и температуры продуктов горения, повышения светимости факела. Способы сжигания топлива в плотном фильтруемом и в кипящем слое.</p> <p>Аналитическая теория диффузионного прямооточного факела. Транспортирующая способность осесимметричной турбулентной струи. Структура и длина диффузионного факела. Изменение расхода несгоревшего топлива по длине факела. Температура и радиационная теплоотдача факела.</p> <p>Классификация газогорелочных устройств и форсунок, их основные характеристики, область применения. Связь генерации теплоты с режимами теплообмена. Использование электрической энергии. Способы превращения электрической энергии в тепловую.</p>	9	4	10
3.	Материальные, тепловые и энергетические балансы ВТУ			
	<p>Структура уравнений материального баланса.</p> <p>Материальные расчеты идеальных, неравновесных и равновес-</p>	5	3	5

	ных теплотехнологических процессов. Тепловой и энергетический баланс высокотемпературной теплотехнологической установки в целом. Видимый, суммарный и приведенный удельные расходы топлива. Алгоритмы расчета видимого удельного расхода топлива.			
4.	Внутренний и внешний теплообмен в теплотехнологическом реакторе			
	Внутренний теплообмен. Продолжительность тепловой обработки технологического материала, нагрева и плавления термически тонких и массивных тел. Внешний теплообмен. Основные закономерности и пути интенсификации конвективного и радиационного теплообмена в теплотехнологических реакторах. Зональный метод расчета.	4	2	3
5.	Энергетическая эффективность высокотемпературной теплотехнологии			
	Снижение энергозатрат на высокотемпературный теплотехнологический процесс путем регенерации энергетических отходов; схемы регенеративного теплоиспользования; энергетический эффект регенерации; предпосылки реализации глубокой регенерации; регенеративные устройства. Снижение энергозатрат на высокотемпературный теплотехнологический процесс путем внешнего использования тепловых и горючих отходов. Системы испарительного охлаждения печей, энерготехнологические котлы и котлы-утилизаторы. Основные направления технического прогресса энергетики высокотемпературной теплотехнологии.	8	4	12
	ВСЕГО за 6 семестр	34	17	36

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий – 6 семестр

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 6				
1.	Введение в энергетику теплотехнологии	Размерности физических величин, применяемых в дисциплине, их соотношения	4	4
2.	Генерация теплоты в высокотемпературных теплотехнологических реакторах	Расчет объемов, состава и температуры продуктов сгорания топлива. Расчет прихода и расхода тепла с воздухом и дымовыми газами	2	2
		Расчет горелок и форсунок	2	2
3.	Материальные, тепловые и энергетические балансы ВТУ	Материальный баланс ВТУ	2	2
		Тепловой баланс высокотемпературной теплотехнологической установки	1	1
4	Внутренний и внеш-	Внутренний теплообмен в реакторе ВТУ	1	1

	ний теплообмен в теплотехнологическом реакторе	Внешний теплообмен в реакторе ВТУ	1	1
5.	Энергетическая эффективность высоко-температурной теплотехнологии	Расчет тепловых потерь реакторов ВТУ в окружающую среду	2	2
		Регенерация тепловых и горючих отходов ВТУ	1	1
		Тепловой расчет регенераторов ВТУ	1	1
ИТОГО			17	17
ВСЕГО			34	

4.3. Содержание лабораторных занятий – 5 семестр

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1.	Введение в энергетику теплотехнологии	Вводное занятие	1	
2.	Генерация теплоты в высокотемпературных теплотехнологических реакторах	Параметры диффузионного факела	2	2
		Факел во вращающейся печи	2	2
3.	Материальные, тепловые и энергетические балансы ВТУ	Материальный баланс производства цементного клинкера	2	2
		Тепловой баланс цементной вращающейся печи	2	3
		Тепловой баланс колосникового холодильника	2	2
4.	Внутренний и внешний теплообмен в теплотехнологическом реакторе	Радиационный нагрев пластины	2	2
		Отжиг листового стекла	2	2
5.	Энергетическая эффективность высокотемпературной теплотехнологии	Регенерация теплоты клинкера	2	2
ИТОГО			17	17
ВСЕГО				34

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Учебным планом предусмотрено выполнение двух индивидуальных домашних заданий.

Целью выполнения индивидуального домашнего задания ставится углубление знаний о различных методах преобразования химической энергии топлива в тепловую, процессах при преобразовании исходных сырьевых материалов в готовый продукт, а также о применяемых для этого схемах, технологических процессах и оборудовании.

В качестве индивидуального домашнего задания студенту предлагается самостоятельно осуществить литературный поиск и написать реферат на тему, соответствующую целям и задачам изучения курса. Студент может самостоятельно произвести выбор темы и согласовать ее с ведущим преподавателем.

Также студенту для написания реферата может быть предложена тема из представленного ниже перечня.

5 семестр

1. Выбор источника энергии в высокотемпературной технологии. Обоснование, современные тенденции.
2. Современные способы преобразования электрической энергии и области их применения в высокотемпературных теплотехнологических установках.
3. Электрические стекловаренные печи. Устройство, принцип действия, технические характеристики.
4. . Современные циклонные печи. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики.
5. . Современные печи «кипящего» слоя. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики.
6. . Современные нагревательные печи. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики.
7. Современные способы сжигания топлива в плотном фильтруемом и в кипящем слое
8. Способы превращения электрической энергии в тепловую.
9. Бездутьевые газовые горелки. Современные конструкции, принцип действия, основные характеристики, область применения
10. Инжекционные газовые горелки. Современные конструкции, принцип действия, основные характеристики, область применения
11. Горелки с принудительной подачей воздуха. Современные конструкции, принцип действия, основные характеристики, область применения
12. Современные конструкции паровых форсунок высокого давления для сжигания жидкого топлива. Устройство, принцип действия, основные характеристики, область применения.
13. Современные конструкции пневматических форсунок высокого давления для сжигания жидкого топлива. Устройство, принцип действия, основные характеристики, область применения.
14. Современные типы топок для твердого топлива. Устройство, принцип действия, технические характеристики.
15. Характеристики твердого топлива. Расчет горения твердого топлива заданного состава.
16. Характеристики жидкого топлива. Расчет горения жидкого топлива заданного состава.
17. Характеристики газообразного топлива. Расчет горения природного газа заданного состава.
18. Расчет горения смеси природного и ферросплавного газа заданного состава.
19. Расчет горения смеси природного и доменного газов заданных составов.
20. Расчет горения смеси природного и коксового газов заданных составов.

6 семестр

1. Классификация газовых горелок. Инжекционные горелки. Применение, устройство, принцип действия, основные характеристики.
2. Современные керамические рекуператоры. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики.
3. . Современные металлические рекуператоры. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики.
4. Вращающаяся печь для получения извести. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики.
5. Вращающаяся печь для получения цемента. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики.
6. Ванная стекловаренная печь. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики.
7. Горшковая стекловаренная печь. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики.

8. Шахтная газифицированная печь. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики.
9. Печь «кипящего» слоя. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики.
10. Камерные нагревательные печи. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики.
11. Конвейерная нагревательная печь. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики.
12. Кольцевые печи. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики.
13. Туннельные печи. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики.
14. Колосниковый холодильник. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики.
15. Рекуператорный холодильник. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики.
16. Регенераторы с неподвижной насадкой. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики.
17. Регенераторы с вращающейся насадкой. Назначение, устройство, принцип действия, технические характеристики.
18. Газотрубные котлы-утилизаторы. Назначение, устройство (пример), принцип действия, технические характеристики.
19. Водотрубные котлы-утилизаторы. Назначение, устройство (пример), принцип действия, технические характеристики.
20. Способы преобразования электрической энергии в теплоту. Характеристика и области их применения

Объем реферата составляет 8...12 страниц текста с иллюстрациями и таблицами (при необходимости), набранного с одной стороны листа. Ссылки на используемую при написании реферата литературу обязательны. Список используемой литературы приводится в конце реферата.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

Компетенция ПК-4. Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-4.2. Разрабатывает схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства	Экзамен, зачет, защита лабораторных работ, защита ИДЗ; выполнение разноуровневых заданий на практических занятиях; защита ИДЗ

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

Зачет включает в себя защиту лабораторных работ по контрольным вопросам, приведенным в методических указаниях к лабораторным работам. Контрольные вопросы студенту озвучивает преподаватель, выбирая их случайным образом из перечня вопросов к данной лабораторной работе. После получения ответа студента на вопросы преподаватель при необходимости задает дополнительные вопросы.

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Введение в энергетику теплотехнологии (ПК-4.2)	<ul style="list-style-type: none">– Термины и понятия теплотехнологии.– Классификация высокотемпературных теплотехнологических процессов по содержанию основных физических превращений.– Температурный и тепловой графики технологического процесса и теплотехнологического реактора.– Виды и температурные графики процессов обжига.– Принципы рационального выбора источника энергии для ВТУ.– Особенности пускового и наладочного режимов нагрева.– Особенности энергоэкономичного, форсированного и оптимального режимов нагрева.– Структурная схема высокотемпературной теплотехнологической установки.– Устройства подготовки компонентов горения как элементы структурной схемы высокотемпературной теплотехнологической установки.– Теплотехнологический реактор как элемент структурной схемы высокотемпературной теплотехнологической установки.

2	Генерация теплоты в высокотемпературных теплотехнологических реакторах (ПК-4.2)	<ul style="list-style-type: none"> – Какой факел и почему называют диффузионным? – Какую структуру имеет диффузионный факел? – Как длина прямоточного диффузионного факела зависит от скорости истечения газообразного топлива при постоянном и переменном расходе топлива? – Как длина диффузионного факела зависит от скорости истечения топлива при сильной закрутке потока воздуха? – Почему теоретическая температура горения отличается от действительной? – В каких топливных ВТУ используется также и электрический источник энергии? – Какие форсунки используют для сжигания жидкого топлива в ВТУ? – Какие газовые горелки используют в ВТУ. Особенности конструкции и принципа работы инжекционных горелок
3	Материальные, тепловые и энергетические балансы ВТУ (ПК-4.2)	<ul style="list-style-type: none"> – С какой целью составляют материальные и тепловые балансы ВТУ? – Какие основные статьи прихода и расхода тепла учитываются в тепловом балансе? – Как выбрать рациональный теплотехнический принцип организации технологического процесса? – Каков физический смысл коэффициента отъема тепла топлива в ВТУ?
4	Внутренний и внешний теплообмен в теплотехнологическом реакторе (ПК-4.2)	<ul style="list-style-type: none"> – Чем определяется внешний теплообмен в реакторе ВТУ и из каких видов теплообмена складывается? Уравнения, описывающие эти процессы. – Понятия эффективного и результирующего излучения. – Пути интенсификации лучистого теплообмена – Прямой направленный и косвенный направленный теплообмен – Конвективный теплообмен в условиях газового теплоносителя. Уравнения, применяемые для его расчета – Смешанный теплообмен. Уравнения, применяемые для его расчета – Понятия топливного и энергетического КПД теплотехнологической установки без внешнего теплоиспользования – Как и почему интенсивность конвективной теплоотдачи зависит от размера твердых частиц? – Как и почему интенсивность конвективной теплоотдачи зависит от скорости среды? – Что является показателем степени термической массивности нагреваемых тел? – Как выглядят черный, серый и антисерый спектры излучения? – Как формулируется закон излучения Стефана–Больцмана? – Какими особенностями характеризуется излучение трехатомных газов? – Что понимается под интенсивностью излучения? <p>Как применить закон Бугера к оценке поглотительной способности слоя газов?</p>

5	Энергетическая эффективность высокотемпературной теплотехнологии (ПК-4.2)	<ul style="list-style-type: none"> – Каковы назначение и преимущества испарительного охлаждения в теплотехнологических установках? – В чем состоят назначение и преимущества энерготехнологических комбинированных установок? – Почему усиление тепловой изоляции обычно более выгодно в горячей части ВТУ? – В чем состоит отличие между регенеративной и энергопотребляющей частями ВТУ? – В чем различие коэффициента и степени регенерации теплоты?
---	---	--

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

Не предусмотрено учебным планом.

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

Защита индивидуального домашнего задания

Отметка о допуске работы к защите ИДЗ получается при предъявлении преподавателю оформленного реферата или расчета (согласно выбранной теме).

Защита работы происходит в форме публичного тезисного доклада материала, содержащегося в реферате аудитории, состоящей из студентов учебной группы, в которой обучается докладчик. Преподаватель, а также слушатели из числа студентов вправе задавать уточняющие вопросы докладчику после завершения доклада.

Лабораторные занятия

В методических указаниях к выполнению лабораторных работ по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, для каждой работы указана цель, имеются необходимые теоретические сведения (разобраны основные понятия по теме работы и произведено описание лабораторной установки) и методические указания к порядку выполнения и обработке результатов, приведен перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после допуска к выполнению, выполнения (снятия показаний приборов), обработки результатов, оформления отчета, проверки правильности выполнения задания. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ представлен в таблице.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1.	№1. Параметры диффузионного факела (ПК-4.2)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Почему называют диффузионным факел, образующийся при раздельной подаче топлива и воздуха в печь? 2. Какую структуру имеет диффузионный факел? 3. Как длина прямогоочного диффузионного факела зависит от скорости вылета природного газа из сопла горелки при постоянном расходе топлива? 4. Как длина прямогоочного диффузионного факела зависит от скорости вылета природного газа из сопла горелки при постоянном диаметре топливного сопла? 5. Как локальная величина избытка воздуха изменяется по длине диффузионного факела?

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		6. Почему и как температура газообразной среды изменяется по длине диффузионного факела?
2.	№2. Факел во вращающейся печи (ПК-4.2)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Почему диффузионный факел во вращающейся печи следует разделить по длине на два участка? 2. Какую структуру имеет диффузионный факел на каждом из двух участков в рабочем пространстве вращающейся печи? 3. Как изменяется по длине диффузионного факела количество воздуха, вовлеченного в струйное движение? 4. Почему средняя температура газообразной среды в поперечных сечениях диффузионного факела сохраняет достаточно высокие значения по длине вращающейся печи? 5. Как температура горячего воздуха влияет на температуру и радиационную теплоотдачу диффузионного факела? 6. Как объяснить, что температура и интенсивность радиационной теплоотдачи диффузионного факела зависят от скорости истечения природного газа из горелки?
3.	№7. Материальный баланс производства цементного клинкера (ПК-4.2)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какие сырьевые компоненты и в каком соотношении используются при производстве цемента? 2. Зачем при приготовлении сырьевой смеси используются корректирующие добавки? 3. Какие минералы входят в состав портландцементного клинкера и какие свойства клинкера они определяют? 4. Чем отличаются химические составы сырьевой смеси и клинкера? 5. Как величина потери при прокаливании (ППП) сырьевой смеси связана с расходом сырьевых компонентов и топлива на обжиг? 6. Дайте определение основных модульных характеристик клинкера, укажите их назначение и предельные значения.
4.	№8. Тепловой баланс цементной вращающейся печи (ПК-4.2)	<ol style="list-style-type: none"> 1. С какой целью составляют тепловой баланс печей? 2. Какие статьи в общем случае входят в тепловой баланс, а какие в него не включаются? 3. Как рассчитать теплосодержание сырьевой смеси или воздуха, поступающих в печь, и клинкера или газов, выходящих из нее? 4. Чем отличаются печные установки для "мокрого" и "сухого" способов обжига клинкера? 5. Назовите основные конструктивные и эксплуатационные отличия колосникового
5.	№10. Тепловой баланс колосникового холодильника (ПК-4.2)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Как скорость охлаждения цементного клинкера влияет на показатели качества конечного продукта? 2. Каким образом достигается быстрое охлаждение клинкера в колосниковом холодильнике? 3. Как устроен колосниковый клинкерный холодильник? 4. Как составить тепловой баланс колосникового клинкерного холодильника? 5. Перечислите основные статьи теплового баланса колосникового клинкерного холодильника? 6. Как увеличение избытка воздуха влияет на тепловой КПД колосникового клинкерного холодильника и на расход аспирационного воздуха?
6.	№5. Радиационный нагрев пластины (ПК-4.2)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какой теплообмен называют радиационно-кондуктивным? 2. По какому закону происходит поглощение энергии теплового излучения? 3. Чем отличаются механизмы переноса энергии в непрозрачной и полупрозрачной пластинах? 4. Как влияет поглощение лучистой энергии в полупрозрачной пластине на температуру ее внутренних и наружных слоев? 5. Как интенсивность нагрева внутренних слоев пластины

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
		зависит от ее толщины и степени прозрачности? 6. В каких единицах измеряется плотность результирующего потока излучения?
7.	№6. Отжиг листового стекла (ПК-4.2)	1. С какой целью выполняют промышленный отжиг стеклоизделий? 2. Какая роль в процессе отжига стекла отводится стадии ответственного охлаждения? 3. По каким соображениям выбираются верхняя и нижняя температуры отжига? 4. Какое влияние на качество отжига оказывает перепад температуры по толщине стекла в период ответственного охлаждения? 5. Почему качество отжига не зависит от температурного перепада по толщине стекла вне температурного интервала ответственного охлаждения? 6. Как перепад температуры по толщине листового стекла зависит от интенсивности радиационной и конвективной теплоотдачи?
8.	№12. Регенерация теплоты клинкера (ПК-4.2)	1. За счет какой теплоты подогревается воздух, идущий на горение в печь? 2. Как рассчитать коэффициент регенерации теплоты клинкера за цементной вращающейся печью? 3. В каком теплообменном устройстве происходит нагрев воздуха, идущего на горение в печь? 4. Как температура газообразной среды в факеле зависит от нагрева воздуха, подаваемого на горение? 5. Как нагрев воздуха влияет на теплообменные процессы и производительность вращающейся печи? 6. Объясните, как повышение температуры

Практические занятия

На практических занятиях производится разбор методик расчета высокотемпературных процессов и установок, а также решение разноуровневых задач.

Типовые разноуровневые задачи и задания

Индикатор ПК-4.2

Задача

В топке сжигается природный газ следующего состава:

$\text{CH}_4^p=89,9\%$; $\text{C}_2\text{H}_6^p=3,1\%$; $\text{C}_3\text{H}_8^p=0,9\%$; $\text{C}_4\text{H}_{10}^p=0,4\%$; $\text{CO}_2^p=0,3\%$; $\text{O}_2^p=0,2\%$; $\text{N}_2^p=5,2\%$.

Температура воздуха, поступающего на горение $t_b=400\text{ }^\circ\text{C}$, газ сжигается с коэффициентом избытка воздуха $\alpha=1,1$.

Определить действительный объем дымовых газов на выходе из топки

Задача

Определить низшую теплоту сгорания и действительное количество атмосферного воздуха для сгорания антрацита следующего элементарного состава:

$\text{C}^p=85,8\%$; $\text{H}^p=9,6\%$; $\text{O}^p=0,4\%$; $\text{N}^p=0,5\%$; $\text{S}^p=0,5\%$; зольность $\text{A}^p=0,3$; влажность

$\text{W}^p=2,9\%$;

Коэффициентом избытка воздуха в топочной камере принять $\alpha=1,3$. Влажосодержание воздуха (среднее влажосодержание атмосферного воздуха на расчетный период) $d = 10$ г/кг

Задача

Площадь тепловоспринимающей поверхности нагреваемого материала $F_M = 1 \text{ м}^2$, а площадь теплоотдающей поверхности $F_H = 4,7 \text{ м}^2$. Степень черноты поверхности материала и футеровки $\epsilon_M = 0,82$ и $\epsilon_\Phi = 0,82$. Определить приведенный коэффициент излучения

Задача

На разгрузочном участке цементной вращающейся печи установлены свободно висящие цепи. Средняя скорость газов в печи $\bar{v} = 9,5$ м/с, кинематическая вязкость газов $\nu = 98 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Овальные цепи имеют диаметр $d = 0,25$ м. Теплопроводность газов $\lambda = 0,07$ Вт/(м · °С). Определить коэффициент теплоотдачи конвекцией от дымовых газов к свободно висящим цепям.

Задача

Внутри печи диаметром 4х150м движутся дымовые газы с температурой $t_r = 800$ °С. Скорость газов $v = 2,2$ м/с, кинематический коэффициент вязкости $\nu = 91 \cdot 10^{-6}$ м²/с, общая степень черноты газа $\epsilon_r = 0,35$. Температура стенки $t_{ст} = 550$ °С, степень черноты стенки $\epsilon_{ст} = 0,75$. Определить общий коэффициент теплоотдачи (т.е. суммарный α_Σ $\alpha_{л+к}$).

Задача

Рассчитать общее количество теплоты, поступающее в колосниково-переталкивающий холодильник типа «Волга» по следующим данным: энтальпия клинкера, поступающего в холодильник $I'_{кл} = 1236 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг кл}} \right)$; удельная теплоёмкость клинкера $c_{кл} = 0,78 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$; количество вторичного воздуха $V = 1,525$ м³ на кг клинкера; удельная объёмная теплоёмкость воздуха при $t_B = 10$ °С $c_B = 1,253 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{°С}}$; количество избыточного воздуха $V_{в.изб.} = 1,961$ м³ на кг клинкера

Задача

Определить общее количество теплоты, отводимой из холодильника по следующим данным: количество теплоты, теряемой в окружающую среду $Q_{п.х.} = 29 \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг кл}} \right)$; температура клинкера на выходе из холодильника $t''_{кл} = 100$ °С; удельная теплоёмкость клинкера $c_{кл} = 0,78 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{°С}}$ при температуре $t''_{кл} = 100$ °С; количество вторичного воздуха $V_{в.вт.} = 1,525$ м³ на кг клинкера; удельная объёмная теплоёмкость воздуха при температуре $t_B = 10$ °С $c_B = 1,253 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{°С}}$; количество избыточного воздуха на кг клинкера $V_{в.изб.} = 1,961 \text{ м}^3$; температура вторичного воздуха $t_{вт.в.} = 390$ °С.

Задача

Расход природного газа во вращающейся печи производительностью 45 т/ч извести, составляет $V = 3$ м³/с. Состав газообразного топлива: $\text{CH}_4^P = 89,9\%$; $\text{C}_2\text{H}_6^P = 3,1\%$; $\text{C}_3\text{H}_8^P = 0,9\%$; $\text{C}_4\text{H}_{10}^P = 0,4\%$; $\text{CO}^P = 0,3\%$; $\text{O}_2^P = 0,2\%$; $\text{N}_2^P = 5,2\%$. Температурный уровень процесса $t_{т.п}^{\text{макс}} = 1200$ °С. Температура отходящих газов 750 °С.

Газ сжигается с коэффициентом избытка воздуха $\alpha=1,1$. Печь не имеет установок внешнего теплоиспользования. Определить удельный расход условного топлива в печи $b_{y.t.}$ и топливный КПД η^T .

Задача

Рассчитать удельный расхода топлива b° на примере **идеальной установки** с топливно-воздушным источником энергии производительностью 15 т/ч (рис. 1), приняв температуры топлива, воздуха и нагреваемого материала на входе в установку

$$t_T^H = t_B^H = t_M^H = 0 \text{ }^\circ\text{C. Температурный уровень процесса } t_{T.п}^{\text{макс}} = 1200^\circ \text{C, средняя}$$

удельная теплоемкость материала $c_m = 0,88 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$. Топливо – природный газ состава:

$\text{CH}_4^p=91,3\%$; $\text{C}_2\text{H}_6^p=2,9\%$; $\text{C}_3\text{H}_8^p=0,8\%$; $\text{C}_4\text{H}_{10}^p=0,7\%$; $\text{O}_2^p=0,2\%$; $\text{N}_2^p=4,1\%$.

Задача

Определить количество использованной в котле утилизаторе теплоты ВЭР Q_{omx} , если температура газов на выходе из печи $\Theta=700^\circ\text{C}$, температура газов на выходе из котла-утилизатора $\Theta'=180^\circ\text{C}$, расчетный расход топлива $V_p=0,05\text{ м}^3/\text{с}$, объем отходящих газов $V_{omx}=25,25\text{ м}^3/\text{м}^3_{\text{топл}}$ коэффициент потерь теплоты котла-утилизатора в окружающую среду $\xi=0,1$, коэффициент утилизации ВЭР котла-утилизатора $\beta=0,75$. Печь работает на природном газе Ставропольского месторождения

Задача

Определить коэффициент утилизации ВЭР котла-утилизатора β при использовании выработанной теплоты в виде пара в нем за счет теплоты уходящих газов печи, если количество использованной теплоты ВЭР $Q_{ВЭР}=108 \text{ кВт}$, энтальпия газов на выходе из печи $I_r=9800 \text{ кДж/м}^3$, температура газов на выходе из котла-утилизатора $\Theta'=200^\circ\text{C}$, расчетный расход топлива $V_p=0,025\text{ м}^3/\text{с}$, объем отходящих газов $V_{omx}=22,15\text{ м}^3/\text{м}^3_{\text{топл}}$ коэффициент потерь теплоты котла-утилизатора в окружающую среду $\xi=0,1$. Печь работает на природном газе *Саратовского месторождения* состава:

Компонент газа	CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4H_{10}	C_5H_{12}	CO_2	N_2
Объемное содержание данного компонента y_i . %	84,5	3,8	1,9	0,9	0,3	0,8	7,8

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра после завершения изучения дисциплины в форме экзамена.

Экзамен включает теоретическую часть (4 вопроса). Для подготовки к ответу на вопросы и задания билета, который студент вытаскивает случайным образом,

отводится время в пределах 90 минут. После получения ответа студента на вопросы билета преподаватель при необходимости задает дополнительные вопросы.

Распределение вопросов по билетам находится в закрытом для студентов доступе. Ежегодно по дисциплине на заседании кафедры утверждается комплект билетов для проведения экзамена по дисциплине. Экзамен является наиболее значимым оценочным средством и решающим в итоговой отметке учебных достижений студента.

Кроме экзамена, значимым оценочным средством текущего контроля знаний является тестирование по материалам курса.

1. Чем выше температурный уровень теплотехнологического процесса, тем

- 1) сложнее задачи генерации и передачи теплоты,
- 2) сложнее решается проблема создания материало- и энергосберегающей технологии,
- 3) сложнее решается проблема создания эксплуатационно надежного и эффективного оборудования непрерывного действия,
- 4) все вышеперечисленное.

2. Какие высокотемпературные установки используют при температуре теплоносителя выше 2000°C

- 1) топливные,
- 2) электрические,
- 3) топливно-электрические,
- 4) автотермические.

3. Температурный режим нагрева определяется требованиями

- 1) технологического процесса,
- 2) условиями и возможностями процесса генерации теплоты
- 3) всеми вышеперечисленными,
- 4) нет правильного ответа.

4. Стационарный нагрев осуществляется при

- 1) постоянной во времени лучистой температуре реактора T_i ,
- 2) постоянном расходе топлива B ,
- 3) постоянном давлении P ,
- 4) при $T_i, B, P_i = const$.

5. Нестационарный нагрев, осуществляется при

- 1) постоянной лучистой температуре, но изменяющихся расходах топлива, а нередко и давлении,
- 2) при неизменных расходах топлива и изменяющихся лучистой температуре и нередко – давлении,
- 3) при одновременном изменении всех режимных параметров,
- 4) все вышеперечисленное.

6. При энергоэкономичном режиме работы установки производительность достигается

- 1) при минимальном удельном расходе топлива и при обеспечении требуемого качества нагрева,
- 2) при минимальной продолжительности нагрева и минимальном расходе топлива,
- 3) все вышеперечисленное,
- 4) нет правильного ответа.

7. Форсированный режим позволяет получить

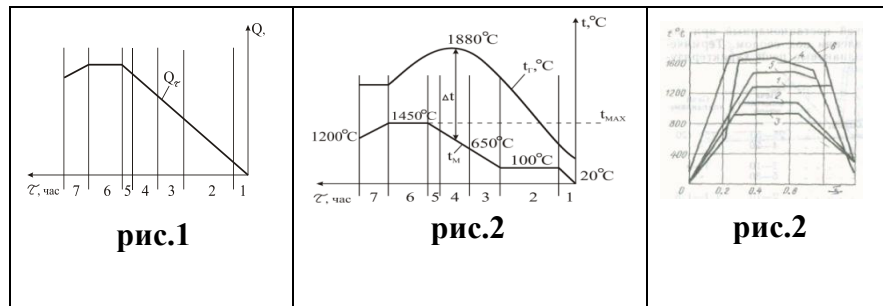
- 1) минимальную продолжительность нагрева при минимальных расходах топлива и энергоносителей,
- 2) максимальную производительность установки и минимальную продолжительность нагрева при располагаемых расходах топлива и энергоносителей,
- 3) минимальную продолжительность нагрева при минимальных расходах топлива и энергоносителей,
- 4) нет правильного ответа.

8. Что является целью расчета горения топлива в топливных печах?

- 1) определение состава и объема отходящих газов,
- 2) определение низшей теплота сгорания топлива,
- 3) определение действительной температуры горения топлива,
- 4) все вышеперечисленное.

9. На каком рисунке изображен температурный график обжиговой печи)

- 1) рис.1,
- 2) рис.2,
- 3) рис.3,
- 4) нет правильного ответа.

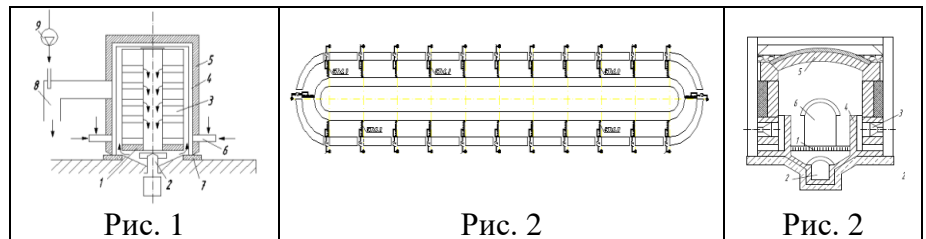


10. По каким признакам классифицируются камерные печи

- 1) - по температурному режиму,
- 2) - по конструкции реактора,
- 3) по подвижности и конструкции пода,
- 4) по всем перечисленным признакам.

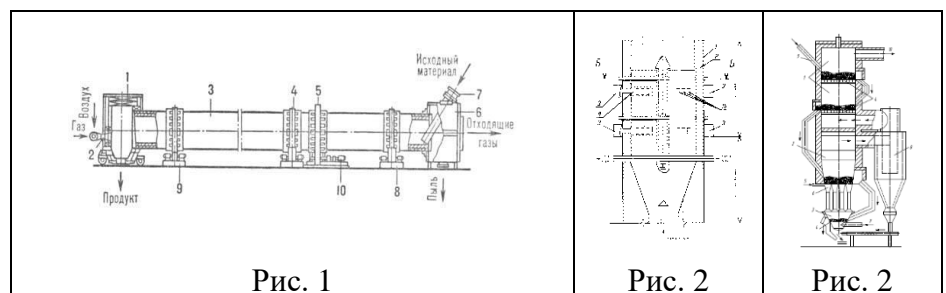
11. На каком из рисунков изображена колпаковая печь ?

- 1) рис.1,
- 2) рис.2,
- 3) рис.3,
- 4) нет правильного ответа.



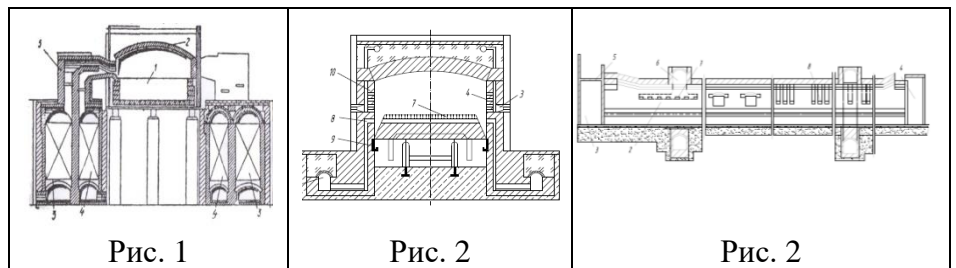
12. На каком из рисунков изображена обжиговая печь «кипящего слоя»?

- 1) рис.1,
- 2) рис.2,
- 3) рис.3,
- 4) нет правильного ответа.



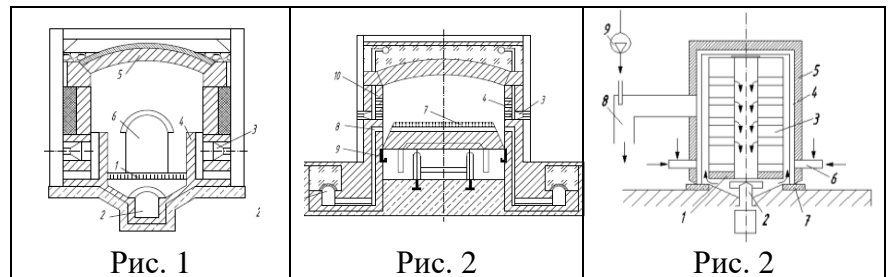
13. На каком из рисунков изображена ванная стекловаренная печь?

- 1) рис.1,
- 2) рис.2,
- 3) рис.3,
- 4) нет правильного ответа.



14. На каком из рисунков изображена камерная печь с выкатным подом печь?

- 1) рис.1,
- 2) рис.2,
- 3) рис.3,
- 4) нет правильного ответа.



15. Какие факторы влияют на выбор источника теплоты?

- 1) температурный уровень процесса,
- 2) процесс проходит с выделением особо вредных веществ,
- 3) минимум приведенных затрат.
- 4) все вышеперечисленные

16. Какой факел и почему называют диффузионным?

- 1) факел, который образуется при отдельной подаче топлива и воздуха в промышленную печь или топку,
- 2) факел, который образуется при подаче в промышленную печь или топку готовой смеси топлива и воздуха,
- 3) факел, который образуется при подаче в промышленную печь или топку топлива с неполным предварительным смешением топлива и воздуха,
- 4) нет правильного ответа.

17. Как длина прямого диффузионного факела зависит от скорости вылета природного газа из сопла горелки при постоянном диаметре топливного сопла?

- 1) увеличение скорости вылета природного газа из сопла горелки приводит к образованию более короткого факела,
- 2) с увеличением скорости вылета природного газа из сопла горелки факел несколько удлиняется
- 3) скорость вылета природного газа из сопла горелки не влияет на длину факела,
- 4) нет правильного ответа.

18. На какие группы разделяются горелки по способу подачи в топочную камеру газа и воздуха и условий их смешения

- 1) горелки без предварительного смешения (*диффузионные*),
- 2) горелки с полным предварительным смешением (*кинетические*),
- 3) горелки с неполным предварительным смешением (*диффузионно-кинетические*),
- 4) нет правильного ответа.

19. На какие группы разделяются горелки по принципу смешения газа с воздухом?

- 1) бездутьевые (воздух поступает в топку за счет разряжения в ней),
- 2) инжекционные (воздух засасывается за счет энергии газовой струи),
- 3) с принудительной подачей воздуха (воздух подается в горелку или в топку с помощью дутьевого вентилятора).
- 4) нет правильного ответа.

20. В каких случаях целесообразно применять диффузионные горелки?

- 1) необходимость создания длинного и светящегося факела,
- 2) в случае необходимости изменения тепловой мощности горелок в широких пределах ее регулирования,
- 3) возможность работы при низких давлениях газа и воздуха,
- 4) все вышеперечисленное.

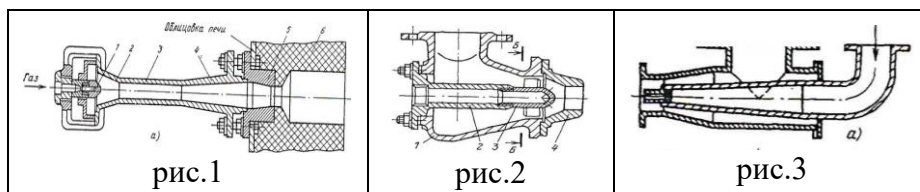
21. В чем отличие горелок с полным предварительным смешением радиационного типа от других инжекционных горелок?

- 1) Горелки этого типа обеспечивают равномерный нагрев больших участков кладки благодаря факелу с углом раскрытия 180° , растекающемуся по поверхности кладки,
- 2) В этих горелочных устройствах сжигание газозвоздушной смеси осуществляется или вблизи кладки, или в ее толще,
- 3) В этих горелочных устройствах выдача газа осуществляется системой мелких струй под углом к потоку воздуха, закрутка потока воздуха,
- 4) нет правильного ответа.

22. На каком рисунке изображена прямоточная газовая горелка типа «труба в трубе»

- 1) рис.1
- 2) рис.2
- 3) рис.3
- 4) нет правильного

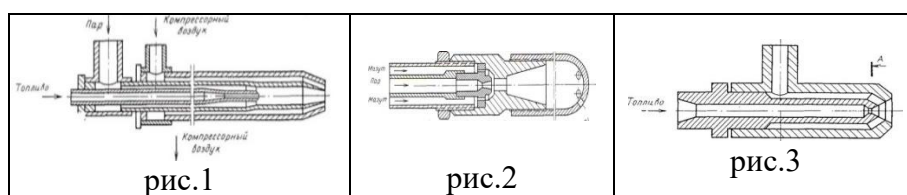
ответа.



23. На каком рисунке изображена паровая прямоточная форсунка с двухступенчатым распыливанием паром

- 1) рис.1
- 2) рис.2
- 3) рис.3
- 4) нет правильного

ответа.



24. Виды материальных балансов при проектировании печей

- 1) материальный баланс компонентов,
- 2) материальный баланс веществ,
- 3) материальный баланс химических элементов,
- 4) все вышеперечисленное.

25. Цель составления тепловых балансов при проектировании печей

- 1) определение теплового КПД печи,
- 2) определение технологического КПД печи,
- 3) определение расхода топлива по заданной производительности печи и с учетом всех потерь теплоты,
- 4) нет правильного ответа

26. Какая связь между коэффициентом использования теплоты топлива в рабочем пространстве печи (КИТ) и удельным расходом топлива?

- 1) чем больше КИТ, тем меньше удельный расход топлива,
- 2) чем больше КИТ, тем больше удельный расход топлива,
- 3) удельный расход топлива не зависит от величины КИТ,
- 4) нет правильного ответа

27. Назовите виды тепловых балансов при проектировании печей.

- 1) зональные тепловые балансы теплотехнологического реактора,
- 2) тепловые балансы автономного подогревателя окислителя и регенеративного подогревателя компонентов горения,
- 3) тепловые балансы устройства внешнего использования теплоты отходящих газов (УВТ),
- 4) все вышеперечисленное.

28. Какое из уравнений является общим уравнением теплового баланса печи

- 1) $Q_{x.t}^{a.п} + Q_{ф.т}^{a.п} + Q_{ок}^{a.п} + Q_{ок}' = Q_{ок}'' + Q_{o.г}^{a.п} + Q_{н.г}^{a.п} + Q_{ш.o}^{a.п} + Q_{ун}^{a.п} + Q_{o.c}^{a.п}$
- 2) $Q_{o.г}' + Q_{ун}' + Q_{н.г}' + Q_{ф.т}' + Q_{ок}' + Q_{рпкг_{экз}} = Q_{ф.т}'' + Q_{ок}'' + Q_{рпкг_{энд}} + Q_{ог}'' + Q_{ун}'' + Q_{н.г}'' + Q_{рпкг_{o.c}}$
- 3) $Q_{эл} + Q_{x.t} + Q_{ф.т} + Q_{ок} + Q_{т.м} + Q_{в} + Q_{экз} = Q_{т.п} + Q_{энд} + Q_{ш.o} + Q_{ун} + Q_{o.г} + Q_{в.г} + Q_{н.г} + Q_{o.c} + Q_{ак}$
- 4) $Q_{o.г}' + Q_{ун}' + Q_{н.г}' + Q_{дм}^{УВТ} + Q_{экз}^{УВТ} = Q_{дп}^{УВТ} + Q_{энд}^{УВТ} + Q_{до}^{УВТ} + Q_{o.c}^{УВТ} + Q_{ог}'' + Q_{ун}'' + Q_{н.г}''$

29. На какие группы делятся статьи теплового баланса в зависимости от видимого удельного расхода топлива b ?

- 1) слагаемые этой группы пропорциональны *видимому удельному расходу топлива b* ,
- 2) сумма слагаемых этой группы в общем случае выражается как сумма двух слагаемых, одно из которых пропорционально b , а второе от b не зависит,
- 3) слагаемые этой группы не зависят от b ,
- 4) все вышеизложенное

30. Из какого из приведенных уравнений определяют удельную производительность устройства внешнего теплоиспользования в килограммах дополнительного продукта на килограмм технологического продукта, получаемого в теплотехнологическом реакторе.

- 1) $Q_{эл} + Q_{x.t} + Q_{ф.т} + Q_{ок} + Q_{т.м} + Q_{в} + Q_{экз} = Q_{т.п} + Q_{энд} + Q_{ш.o} + Q_{ун} + Q_{o.г} + Q_{в.г} + Q_{н.г} + Q_{o.c} + Q_{ак}$
- 2) $Q_{o.г}' + Q_{ун}' + Q_{н.г}' + Q_{дм}^{УВТ} + Q_{экз}^{УВТ} = Q_{дп}^{УВТ} + Q_{энд}^{УВТ} + Q_{до}^{УВТ} + Q_{o.c}^{УВТ} + Q_{ог}'' + Q_{ун}'' + Q_{н.г}''$
- 3) $Q_{x.t}^{a.п} + Q_{ф.т}^{a.п} + Q_{ок}^{a.п} + Q_{ок}' = Q_{ок}'' + Q_{o.г}^{a.п} + Q_{н.г}^{a.п} + Q_{ш.o}^{a.п} + Q_{ун}^{a.п} + Q_{o.c}^{a.п}$
- 4) $Q_{o.г}' + Q_{ун}' + Q_{н.г}' + Q_{ф.т}' + Q_{ок}' + Q_{рпкг_{экз}} = Q_{ф.т}'' + Q_{ок}'' + Q_{рпкг_{энд}} + Q_{ог}'' + Q_{ун}'' + Q_{н.г}'' + Q_{рпкг_{o.c}}$

31. Из каких видов теплообмена складывается внешний теплообмен в реакторе ВТУ?

- 1) лучистый теплообмен,
- 2) конвективный теплообмен,
- 3) смешанный (лучисто-конвективный) теплообмен,
- 4) все перечисленные виды

32. Какое уравнение описывает лучистый теплообмен?

- 1) $Q_M = \alpha_k F_M (t_{г} - t_{м}),$

2) $M_c = - (D_m - D_r) F \partial C / \partial n$,

3) $Q_M = \sigma_{пр} F_M (T_{и}^4 - T_M^4)$,

4) нет правильного ответа

33. Что обеспечивает равномерно-распределенный режим лучистого теплообмена в рабочем пространстве печи?

- 1) применение горелок типа "труба в трубе",
- 2) применение высокоскоростных горелок,
- 3) это обеспечивается установкой большого числа горелочных устройств,
- 4) применение плоскопламенных горелок.

34. Какими условиями определяется распределение температур в поперечном сечении газового потока в печи?

- 1) условиями сжигания топлива и газодинамикой потока,
- 2) типом и количеством газогорелочных устройств,
- 3) расположением газогорелочных устройств по отношению к нагреваемому материалу и дымоотводящим каналам,
- 4) всеми вышеперечисленными

35. Какие условия должны обеспечить равномерно распределенный режим лучистого теплообмена?

- 1) загрузка материала в объеме рабочего пространства,
- 2) интенсивное перемешивание газов,
- 3) установка большого числа горелочных устройств или формирование мощного факела, создающего энергичную рециркуляцию газа,
- 4) все вышеперечисленное.

36. Преимущество прямого направленного теплообмена

- 1) рост передачи теплоты своду и усиление его излучения на материал,
- 2) возможность уменьшения высоты рабочего пространства,
- 3) облегчает работу свода рабочего пространства,
- 4) нет правильного ответа.

37. Каким уравнением описывается конвективный теплообмен?

1) $Q = - \lambda \delta \cdot F \partial t / \partial n$,

2) $Q_M = \alpha_k F_M (t_r - t_M)$,

3) $Q_M = \sigma_{пр} F_M (T_{и}^4 - T_M^4)$,

4) нет правильного ответа

38. Пути интенсификации конвективного теплообмена в условиях вынужденной конвекции в ВТУ

- 1) увеличение скорости потока теплоносителя до оптимальной,
- 2) правильная ориентация потока теплоносителя относительно поверхности нагрева,
- 3) увеличение угла встречи газового потока с поверхностью нагрева (до 90 °С),
- 4) все вышеперечисленное.

39. Какими путями можно достичь повышения эффективности использования топлива в ВТУ?

- 1) за счет уменьшения тепловых отходов ВТУ,
- 2) за счет регенерации тепловых отходов ВТУ,
- 3) внешнее использование тепловых отходов ВТУ в энергетических или технологических целях,

4) все вышеперечисленное.

40. При заданной производительности от каких величин зависит удельный расход топлива в печи?

- 1) от доли химической теплоты топлива используемой в рабочем пространстве установки $Q_{\text{техн}}$,
- 2) от доли тепловых потерь через ограждения с охлаждением $Q_{\text{о.с.}}$,
- 3) коэффициента использования теплоты топлива в рабочем пространстве η_o ,
- 4) все вышеперечисленное.

41. Пути повышения эффективности использования топлива в ВТУ

- 1) уменьшение тепловых отходов ВТУ,
- 2) регенерация тепловых отходов ВТУ,
- 3) внешнее использование тепловых отходов ВТУ в энергетических или технологических целях,
- 4) все вышеизложенные.

42. Полнота регенерации энергетических отходов характеризуется

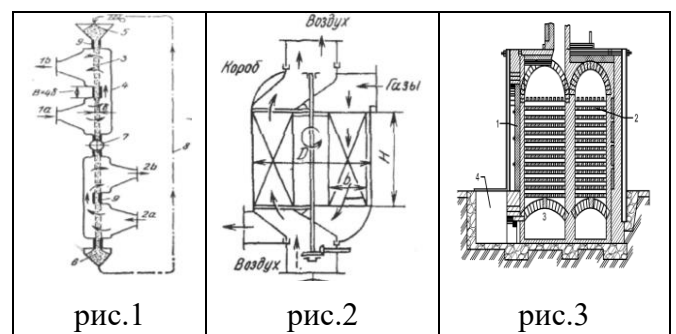
- 1) топливным КПД теплотехнологической установки η^T ,
- 2) коэффициентом комплексной регенерации η_p ,
- 3) энергетическим КПД теплотехнологической установки $\eta^Э$,
- 4) нет правильного ответа

43. Какие рекуператоры используются для подогрева компонентов горения?

- 1) керамические рекуператоры,
- 2) стальные рекуператоры,
- 3) чугунно-стальные типа «термоблок»,
- 4) все вышеперечисленные.

44. На каком из приведенных рисунков изображен регенеративный теплообменник с пересыпной насадкой?

- 1) рис. 1,
- 2) рис. 2,
- 3) рис. 3,
- 4) на всех трех рисунках.



45. Недостатки регенераторов с неподвижной огнеупорной насадкой.

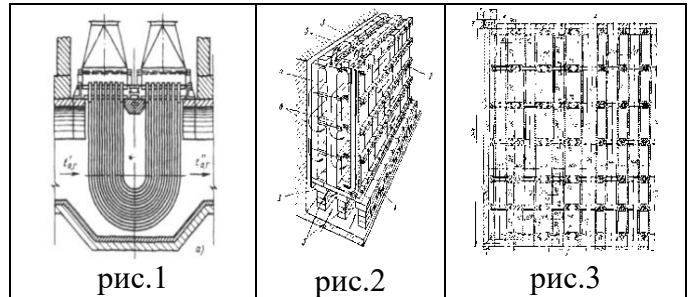
- 1) меняются во времени температуры уходящих газов и нагретых компонентов горения, а также тепловая мощность регенератора,
- 2) дополнительные тепловые потери при переключениях камер с одного теплоносителя на другой,
- 3) дополнительные затраты на создание и обслуживание сложных и дорогостоящих переключающих устройств,
- 4) все вышеперечисленные.

46. Какие рекуператоры используются для подогрева компонентов горения?

- 1) керамические рекуператоры,
- 2) стальные рекуператоры,
- 3) чугунно-стальные типа «термоблок»,
- 4) все вышеперечисленные,

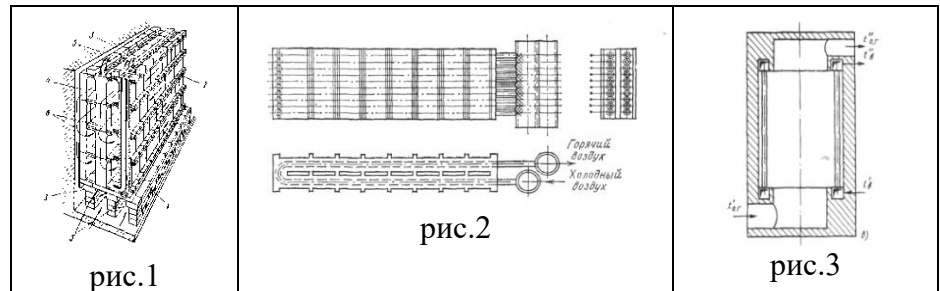
47. На каком из приведенных рисунков изображен керамический блочный рекуператор из камней с четырьмя каналами?

- 1) рис. 1,
- 2) рис. 2,
- 3) рис. 3,
- 4) нет правильного ответа.



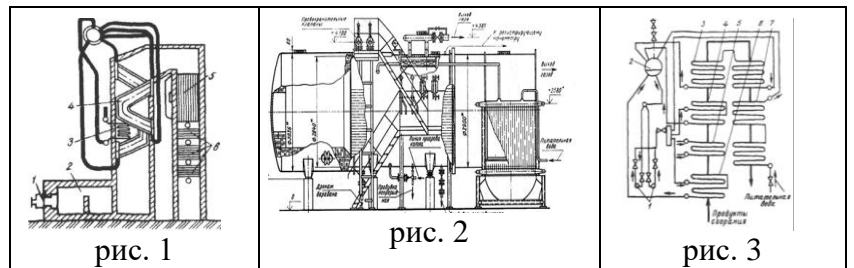
48. На каком из приведенных рисунков изображена схема чугунно-стального рекуператора?

- 1) рис. 1
- 2) рис. 2
- 3) рис. 3
- 4) нет правильного
- 5) ответа.



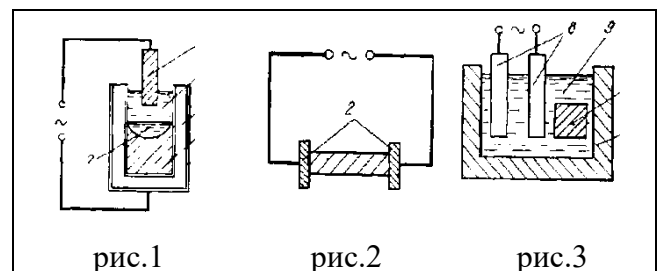
49. На каком из приведенных рисунков изображена схема водотрубного котла-утилизатора конвективного типа?

- 1) рис. 1,
- 2) рис. 2,
- 3) рис. 3,
- 4) нет правильного ответа.



50. На каком из приведенных рисунков изображена принципиальная схема организации электронагрева сопротивлением с выделением теплоты в расплаве промежуточного теплоносителя?

- 1) рис. 1,
- 2) рис. 2,
- 3) рис. 3,
- 4) нет правильного ответа.



5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

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

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
ПК-4. Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства	
ПК-4.2. Разрабатывает схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства	
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Полнота выполненного задания
	Качество выполненного задания
	Самостоятельность выполнения задания
	Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы
	Качество оформления задания
	Правильность применения теоретического материала
Навыки	Выбор методики выполнения задания
	Анализ результатов решения задач
	Обоснование полученных результатов

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

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основных закономерностей, соотношений, принципов организации высокотемпературной теплотехнологии	Знает основные закономерности, соотношения, принципы организации высокотемпературной теплотехнологии	Знает основные закономерности, соотношения, принципы организации высокотемпературной теплотехнологии; их интерпретирует и использует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы организации высокотемпературной теплотехнологии и может самостоятельно их объяснить и использовать

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

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Полнота выполненного задания	Задание не выполнено	Задание выполнено не в полном объеме	Задание выполнено полностью	Задание выполнено полностью, рациональным способом
Качество выполненного задания	Имеются существенные ошибки при использовании общей методики выполнения задания	Задание выполнено с существенными неточностями, не носящими принципиальный характер	Задание выполнено с небольшими неточностями	Задание выполнено без ошибок. Грамотно использует математический аппарат и основные методики расчета высокотемпературных процессов и установок.
Самостоятельность выполнения задания	Не может выполнить задание, в том числе и с дополнительной помощью	Может выполнить задание только с дополнительной помощью	Выполняет задание в основном самостоятельно	Самостоятельно выполняет задание
Умение сравнивать, сопоставлять и обобщать и делать выводы	Не умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делать выводы	Допускает ошибки при сопоставлении, обобщении и при формулировании выводов	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, но допускает небольшие неточности при формулировании выводов	Умеет сравнивать, сопоставлять и обобщать, а также делает верные выводы
Качество оформления задания	Задание оформлено настолько неряшливо, что не поддается проверке	Задание оформлено неаккуратно, отсутствуют необходимые пояснения и ссылки на используемые источники	Задание оформлено аккуратно, с ссылками на используемые источники	Задание оформлено аккуратно, с необходимыми пояснениями и ссылками на используемые источники
Правильность	При применении	При применении	Теоретический ма-	Теоретический матери-

применения теоретического материала	теоретического материала допущены ошибки, относящиеся к методике выполнения задания	теоретического материала допущены ошибки, носящие принципиальный характер	материал применен и интерпретирован в целом правильно, но с несущественными неточностями	ал применен и интерпретирован правильно
-------------------------------------	---	---	--	---

Оценка сформированности компетенций по показателю *Навыки*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор методики выполнения задания	Неверно выбрана методика выполнения задания	Методика выполнения задания выбрана в целом верно, но имеются незначительные неточности при описании основных расчетных зависимостей	Методика выполнения задания выбрана в целом верно, но имеются недочеты, не относящиеся к основным расчетным зависимостям	Выбрана верная или наиболее рациональная методика выполнения задания
Анализ результатов решения задач	Не произведен анализ результатов решения задачи при необходимости такого анализа	Анализ результатов, полученных при решении задачи проводится только при помощи преподавателя	Допускаются незначительные неточности в ходе анализа результатов решения задачи	Произведен анализ результатов решения задачи и сделаны исчерпывающие выводы
Обоснование полученных результатов	Представляемые результаты не обоснованы	Имеются замечания к полученным результатам, отсутствует в достаточной степени их обоснование	Представляемые результаты обоснованы и в целом аргументированы, имеются ссылки на нормативные, справочные и учебно-методические источники	Представляемые результаты обоснованы, четко аргументированы с указанием ссылок на нормативные, справочные и учебно-методические источники

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	Учебная аудитория для проведения лекционных, практических и лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду, программы для проведения лабораторных работ
2.	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

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

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Дзюзер В.Я. Теплотехника и тепловая работа печей. Учебное пособие. / В. Я. Дзюзер. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: изд-во «Лань», 2016, 283 с. - <http://e.lanbook.com/book/71710>

2. Левченко П.В. Расчеты печей и сушил силикатной промышленности: учебное пособие. /П.В. Левченко. – 2-е изд., стереотип. – М: ООО «Изд-во Альянс», 2014.– 366 с.

3. Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки / Под ред. В.Г. Лисиенко. – Минск: Вышш. школа, 1988. – 320 с.

4. Кузнецов В.А. Стекловаренная печь: учеб. пособие / Кузнецов В.А. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. – 71 с. - <http://www.iprbookshop.ru/28367.-> ЭБС «IPRbooks»

5. Кузнецов В.А., Трубаев П.А., Трулев А.В. Высокотемпературные процессы в теплотехнологических установках: метод. указания к лаб. работам. – Белгород: Изд-во БелГТАСМ, 2012. – 68 с. <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2013040918184652566900007718>

6. Гусовский В. Л. Методики расчета нагревательных и термических печей: учебно-справочное пособие / В. Л. Гусовский, А. Е. Лифшиц – М.: Теплотехник, 2004. - <http://www.twirpx.com/file/963822/>

7. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Топливо. Рациональное сжигание, управление и технологическое использование: Справочник в 3-х книгах. – М.: Теплотехник, 2003. – 608, 832, 592 с.

8. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Вращающиеся печи: теплотехника, управление, экология Справочник в 2-х книгах. – М.: Теплотехник, 2004. – 688, 592 с.

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

1. Цифровой образовательный ресурс IPR SMART. Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>

2. Лань. Электронно-библиотечная система. Режим доступа: <https://e.lanbook.com>