

**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 управляющих систем

к.т.н., доц.

Белоусов А.В.

2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
дисциплины (модуля)**

**Проектирование и эксплуатация  
высокотемпературных установок**

Направление подготовки (специальность):

**13.03.01 – ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Направленность программы (профиль, специализация):

**Энергетика теплотехнологии**

Квалификация

**бакалавр**

Форма обучения

**очная**

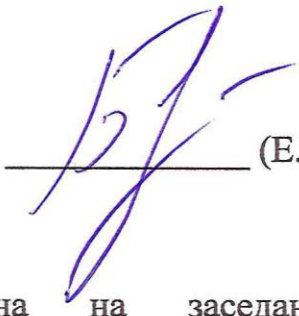
Институт: **Энергетики, информационных технологий и управляющих систем**

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 компетенции по типам задач в профессиональной деятельности проектно-конструкторской	ПК-1 Способен к участию в подготовке проектной документации по отдельным узлам и элементам тепломеханической части	ПК-1.2 Оформляет проектную документацию на тепломеханическое оборудование, его узлы и элементы в соответствии с требованиями правил и стандартов по проектированию объектов профессиональной деятельности	<p>Знания: Задач проектирования, экологическую обстановку и требования к ВТУ. Основные технико-экономические и эксплуатационные показатели ВТУ, средства их выражения и способы достижения оптимальных значений. Основные принципы составления технического задания на проектирование ВТУ.</p> <p>Умения: Осуществить подбор конструктивных элементов ВТУ, их материала, выбор варианта компоновки, конструкции оборудования в целом, в наибольшей степени отвечающих условиям и целям осуществления тепловых процессов и удовлетворяющих требованиям нормативных документов</p> <p>Навыки: сбора и анализа исходных данных для проектирования ВТУ, определения конструкций, компоновки и материалов элементов оборудования и оборудования в целом, обеспечивающих наиболее безопасные условия работы и наиболее эффективные показатели процессов</p>
Профессиональные компетенции по типам задач профессиональной деятельности (производственно-технологический)	ПК-4 Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства	ПК-4.3 Соблюдает правила технологической дисциплины при эксплуатации объектов профессиональной деятельности	<p>Знания: Основные производственные инструкции в плане безопасной эксплуатации и соблюдение основных технологических показателей ВТУ</p> <p>Умения: осуществлять безопасную эксплуатацию ВТУ с соблюдением требуемых показателей технологического процесса.</p> <p>Навыки: применения полученной информации при проектировании элементов ВТУ, методами разработки конструкций отдельных элементов и всей установки в целом и поиска оптимальной конструкции, способностью к профессиональной безопасной</p>

			эксплуатации современного оборудования ВТУ
--	--	--	--------------------------------------------

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ПК-1** Способен к участию в подготовке проектной документации по отдельным узлам и элементам тепломеханической части

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименование дисциплины
1	Гидрогазодинамика
2	Техническая термодинамика
3	Тепломассобмен
4	Математическое моделирование в теплоэнергетике
5	Компьютерные технологии в теплоэнергетике
6	Источники энергии теплоэнергетики
7	Основы конструирования теплотехнического оборудования

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

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

	Наименования дисциплины
1	Источники энергии теплоэнергетики
2	Топливо и его сжигание
3	Гидрогазодинамика
4	Основы конструирования теплотехнического оборудования
5	Системы автоматизированного проектирования теплоэнергетического оборудования
6	Автоматизированные базы данных в теплоэнергетике
7	Тепломеханическое оборудование промышленных предприятий
8	Компьютерные технологии в теплоэнергетике
9	Паротеплогенерирующие установки промышленных предприятий
10	Проектирование и эксплуатация высокотемпературных установок

### 3. ОБЪЁМ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7	Семестр №8
Общая трудоёмкость дисциплины, час	288	72	216
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	107	36	71
лекции	50	17	33
лабораторные	11	-	11
практические	39	17	22
консультации	7	2	5
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	181	36	145
Курсовой проект	54	–	54
Курсовая работа	–	–	–
Расчетно-графическое задание	–	–	–
Индивидуальное домашнее задание	9	9	–
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	82	27	55
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	36	–	36

### 4.СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

#### Курс 4 Семестр 7,8

№ 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
1.	Основные понятия и определения				
	Значение производственных теплотехнологических объектов в промышленности, оценка их производственных, энергетических, экологических и технико-экономических показателей. Необходимость их повышения. Принципы эффективной работы ВТУ. Этапы создания ВТУ от идеи до промышленного	4	5	0	8

	объекта Термины и определения. Задачи и структура дисциплины.				
2.	Общие основы и организация проектирования ВТУ				
	Использование единой системы проектно-конструкторской документации (ЕСКД) при проектировании ВТУ. Патентный поиск. Стадии проектирования. Выбор и расчет оборудования. Экологические требования к ВТУ. Направления совершенствования проектных работ	4	6	1	8
3.	Конструкции основных элементов ВТУ				
	Конструкции ограждений рабочих камер ВТУ. Особенности применения принудительно охлаждаемой гарниссажной футеровки в конструктивных элементах ВТУ. Новые технические решения конструкций ВТУ.	4	4	1	8
4.	Конструкция высокотемпературных теплообменников				
	Классификация и общая характеристика. Металлические рекуператоры, керамические рекуператоры, регенераторы, рекомендации по выбору рационального регенеративного устройства.	6	2	1	8
5.	Расчет и оптимизация надежности ВТУ				
	Надежность ВТУ, ее расчет и оптимизация. Основные понятия и характеристики надежности. Расчет надежности ВТУ как системы элементов. Основные причины повреждений и аварий. Пути повышения надежности: резервирование элементов ВТУ, использование более качественных конструкционных материалов. Расчет оптимальной надежности ВТУ, возможные варианты. Анализ надежности типовых теплотехнических элементов ВТУ и способы ее повышения.	8	6	1	12
6.	Компоновка конструктивных элементов и размещение ВТУ в цехе				
	Компоновка ВТУ и размещение оборудования в цехе. Характеристика производственных зданий. Критерии оценки качества компоновки ВТУ. Принципы эффективной компоновки ВТУ.	6	4	2	8
7.	Пуск и наладка ВТУ				
	. Организация и задачи авторского надзора. Проведение пуско-наладочных работ. Сушка и разогрев ВТУ из холодного состояния. График разогрева. Приемочные и приемосдаточные испытания ВТУ.	8	6	2	10
8.	Эксплуатация ВТУ				
	Задачи и организация эксплуатации ВТУ. Служба футеровок, механизм ее износа. Задачи и особенности эксплуатационных испытаний ВТУ. Ремонты ВТУ. Классификация и общий характер ремонтов. Организация и проведение ремонтов. Прогнозная оценка длительности межремонтной рабочей кампании ВТУ	5	4	2	10
9.	Организация и проведение ремонтов ВТУ				
	Классификация и общая характеристика ремонтов ВТУ. Организация ремонтов. Проведение холодных ремонтов ВТУ. Значение ремонтов в хозяйственной деятельности предприятия. Прогнозная оценка	5	2	1	10

	длительности межремонтной кампании ВТУ				
	ВСЕГО	50	39	11	82

#### 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 <sup>1</sup>
семестр № 7,8				
1	Эксплуатация ВТУ	Тепловой расчет ограждений при разогреве ВТУ из холодного состояния	6	6
2	Конструкции основных элементов ВТУ	Теплопоглощение ограждений при циклической работе ВТУ	6	6
3	Эффективность дополнительной тепловой изоляции конструктивных элементов ВТУ	Эффективность дополнительной тепловой изоляции конструктивных элементов ВТУ	6	6
4	Конструкции основных элементов ВТУ	Подбор стойкого огнеупора для заданных условий эксплуатации ВТУ	6	6
5	Расчет и оптимизация ограждений ВТУ	Расчет и оптимизация надежности ВТУ	6	6
6	Расчет и оптимизация ограждений ВТУ	Тепловой расчет и обеспечение надежной работы принудительно охлаждаемой гарниссажной футеровки	5	5
7	Компоновка конструктивных элементов и размещение ВТУ в цехе	Компоновка ВТУ из элементов и размещение оборудования в цехе	4	4
ИТОГО:			39	39
ВСЕГО:				78

#### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№	Наименование	Тема лабораторного занятия	К-во	Самостоятельная
---	--------------	----------------------------	------	-----------------

<sup>1</sup> Количество часов самостоятельной работы для подготовки к практическим занятиям

п/п	раздела дисциплины		часов	работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 8				
1	Конструкции основных элементов ВТУ	Исследование влияния теплофизических свойств нагреваемого материала на тепловую нагрузку теплового аппарата	3	3
2	Конструкции основных элементов ВТУ	Исследование влияния вида материала, толщины стенок греющих трубок, тепловой проводимости на поверхность теплообмена	2	2
3	Эксплуатация ВТУ	Расчеты образования оксидов азота в ВТУ	2	2
5	Организация проектирования ВТУ	Организация базы данных проекта	2	2
6	Организация проектирования ВТУ	Создание схемы компоновки оборудования в подсистеме RAPLANT	2	2
		ИТОГО:	11	11
			ВСЕГО:	22

#### **4.4. Содержание курсового проекта/работы**

– учебным планом не предусмотрены

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

При выполнении индивидуального домашнего задания студенты приобретают навыки проектирования различных ВТУ (обжиговые печи для производства извести, цементного клинкера, стекловаренные печи и печи для получения керамических материалов, металлургические печи). Темой индивидуального домашнего задания является : «Проектирование (модернизация, реконструкция) ВТУ(цементная, керамическая, стекловаренная, известковая, металлургическая печь) на заданную производительность, с использованием определенного вида(твердого, жидкого, газообразного органического топлива) ». В процессе выполнения индивидуального домашнего задания студенты производят расчет горения топлива, материальный баланс установки, тепловой баланс установки, аэродинамический расчет ВТУ, основных теплотехнических показателей ВТУ, изучают правила безопасной эксплуатации и ремонтов конкретной установки. Объем работы: расчетно-пояснительная записка ( тепловые и аэродинамические расчеты ) на 25-35 страницах и 1-2 листа графической части формата А1 (общий вид, продольный или поперечный разрез ВТУ).



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

### 5.1. Реализация компетенций

- 1. Компетенция ПК-1** Способен к участию в подготовке проектной документации по отдельным узлам и элементам тепломеханической части
- 2. Компетенция ПК-4** Способен разрабатывать схемы размещения объектов профессиональной деятельности в соответствии с технологией производства

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-1.2 Способен к участию в подготовке проектной документации по отдельным узлам и элементам тепломеханической части	устный опрос и собеседование по контрольным вопросам
ПК 4.3. Соблюдает правила технологической дисциплины при эксплуатации объектов профессиональной деятельности	экзамен

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

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

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Основные понятия и определения	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Предмет и основные задачи дисциплины</li> <li>– Понятие современной ВТУ</li> <li>– Конструктивные элементы ВТУ</li> <li>– Структурная схема ВТУ</li> <li>– Процессы протекающие в ВТУ</li> <li>– Принципы эффективной работы ВТУ</li> <li>– Определение проектирования</li> <li>– Определение конструирования</li> <li>– Последовательность создания производственной ВТУ</li> </ul>
2	Общие основы и организация проектирования ВТУ	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Исходные данные для проектирования и стадии разработки проекта</li> <li>– Выбор и расчет оборудования ВТУ</li> <li>– Использование ЕСКД при проектировании ВТУ</li> <li>– Экологическая обстановка и требования к ВТУ</li> <li>– Оценка качества проектных решений</li> </ul>
3	Конструкции основных элементов ВТУ	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Классификация и обзор элементов ВТУ</li> <li>– Фундаменты и основания</li> <li>– Каркасы ВТУ</li> <li>– Ограждения ВТУ</li> <li>– Конструкции основных частей ограждения</li> <li>– Конструкции других узлов рабочей камеры</li> <li>– Конструкции газоходов ВТУ</li> <li>– Трубопроводные коммуникации</li> </ul>

4	Конструкция высокотемпературных теплообменников	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Классификация и общая характеристика</li> <li>- Металлические рекуператоры</li> <li>- Керамические рекуператоры</li> <li>- Регенераторы</li> <li>- Рекомендации по выбору рационального регенеративного устройства</li> </ul>
5	Расчет и оптимизация надежности ВТУ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Надежность ВТУ, ее расчет и оптимизация</li> <li>- Основные понятия и характеристики надежности</li> <li>- Расчет надежности ВТУ как системы элементов</li> <li>- Основные причины повреждений и аварий</li> <li>- Пути повышения надежности: резервирование элементов ВТУ</li> <li>- использование более качественных конструкционных материалов.</li> <li>- Расчет оптимальной надежности ВТУ, возможные варианты.</li> <li>- Анализ надежности типовых теплотехнических элементов ВТУ и способы ее повышения.</li> </ul>
6	Компоновка конструктивных элементов и размещение ВТУ в цехе	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Компоновка ВТУ и размещение оборудования в цехе</li> <li>- Характеристика производственных зданий</li> <li>- Критерии оценки качества компоновки ВТУ</li> <li>- Принципы эффективной компоновки ВТУ</li> </ul>
7	Пуск и наладка ВТУ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Организация и задачи авторского надзора</li> <li>- Проведение пуско-наладочных работ</li> <li>- Сушка и разогрев ВТУ из холодного состояния</li> <li>- График разогрева</li> <li>- Приемочные и приемосдаточные испытания ВТУ.</li> </ul>
8	Эксплуатация ВТУ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Задачи и организация эксплуатации ВТУ</li> <li>- Служба футеровок, механизм ее износа. Задачи и особенности эксплуатационных испытаний ВТУ</li> <li>- Ремонты ВТУ</li> <li>- Классификация и общий характер ремонтов</li> <li>- Организация и проведение ремонтов</li> <li>- Прогнозная оценка длительности межремонтной рабочей кампании ВТУ</li> </ul>
9	Организация и проведение ремонтов ВТУ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Классификация и общая характеристика ремонтов ВТУ</li> <li>- Организация ремонтов</li> <li>- Проведение холодных ремонтов ВТУ</li> <li>- Значение ремонтов в хозяйственной деятельности предприятия</li> <li>- Прогнозная оценка длительности межремонтной кампании ВТУ</li> </ul>

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

– учебным планом не предусмотрены

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

**Для оценки сформированности компетенции ПК-1:**

#### **Задача**

Обмуровка ВТУ состоит из слоев шамотного и красного кирпича, между которыми расположена засыпка из диатомита. Толщина шамотного слоя  $\delta_1 = 120$

мм, диатомитовой засыпки  $\delta_2 = 50$  мм и красного кирпича  $\delta_3 = 250$  мм. Определить по справочным данным коэффициенты теплопроводности материалов. Какой толщины следует сделать слой из красного кирпича, если отказаться от применения засыпки из диатомита, чтобы тепловой поток через обмуровку остался неизменным? Ответ обоснуйте.

### Задача

Плоская стенка рабочей камеры ВТУ выполнена из шамотного кирпича толщиной  $\delta = 250$  мм. Температура ее поверхностей  $t_{c1} = 1350^\circ\text{C}$  и  $t_{c2} = 50^\circ\text{C}$ . Коэффициент теплопроводности шамотного кирпича является функцией от температуры  $\lambda = 0,838(1 + 0,00007t)$ . Вычислить и изобразить в масштабе распределение температуры в стенке. Ответ обоснуйте.

### Задача

Необходимо изолировать корпус теплообменника в схеме ВТУ, имеющего внешний диаметр  $D_n = 300$  мм и температуру на поверхности  $t_c = 280^\circ\text{C}$ , которую можно принять такой же и после наложения изоляции. Температура на внешней поверхности не должна превышать  $30^\circ\text{C}$ , а тепловые потери с 1 м корпуса теплообменника – 200 Вт/м. Коэффициент теплоотдачи от внешней поверхности изоляции к окружающему воздуху  $\alpha = 8$  Вт/( $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ). Целесообразно ли в качестве изоляции выбрать шлаковату с  $\lambda = 0,06 + 0,000145t$  Вт/( $\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$ ). Чему равна ее толщина?

**Для оценки сформированности компетенции ПК-4:**

### Задача

Стенка топочной камеры ВТУ выполнена из слоя пеношамота толщиной  $\delta_1 = 125$  мм. И слоя красного кирпича толщиной  $\delta_2 = 500$  мм. Слои плотно прилегают друг к другу. Температура на внутренней поверхности топочной камеры  $t_{c1} = 1100^\circ\text{C}$ , а на наружной  $t_{c3} = 50^\circ\text{C}$ . Коэффициент теплопроводности пеношамота  $\lambda = 0,28 + 0,00023t$  Вт/( $\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$ ), красного кирпича  $\lambda_2 = 0,7$  Вт/( $\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$ ). Вычислить тепловые потери через 1  $\text{м}^2$  стенки топочной камеры и температуру в плоскости соприкосновения слоев.

### Задача

В качестве элемента ВТУ используются два горизонтальных паропровода диаметрами  $d_1 = 50$  мм и  $d_2 = 150$  мм. Оба паропровода имеют одинаковую температуру поверхности  $t_c = 450^\circ\text{C}$ . Температура окружающего воздуха -  $50^\circ\text{C}$ .

Паропроводы проложены на расстоянии, исключающем взаимное тепловое влияние. Найти отношение коэффициентов теплоотдачи  $\alpha_1 / \alpha_2$  и потерь теплоты с 1 м паропроводов.

### Задача

Змеевики теплообменника ВТУ выполнены из труб жароупорной стали диаметром  $d_1/d_2 = 32/42$  мм с коэффициентом теплопроводности  $\lambda = 14$  Вт/( $\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$ ). Температура внешней поверхности трубы  $t_{c2} = 580^\circ\text{C}$  и внутренней поверхности  $t_{c1} = 450^\circ\text{C}$ . Вычислить удельный тепловой поток через стенку на единицу длины трубы  $q_l$ , Вт/м.

**Лабораторные работы.** 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.

### Для оценки сформированности компетенции ПК-1:

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1.	Лабораторная работа №1. Исследование влияния теплофизических свойств нагреваемого материала на тепловую нагрузку теплового аппарата	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дайте характеристику тепловым процессам.</li> <li>2. Какими факторами определяется выбор теплоносителя?</li> <li>3. Перечислите основные свойства применяемых теплоносителей.</li> <li>4. Объясните физический смысл температуропроводности.</li> </ol>
2.	Лабораторная работа №2. Исследование влияния вида материала, толщины стенок греющих трубок, тепловой проводимости на поверхность теплообмена	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Назовите цель расчета теплообменного аппарата.</li> <li>2. Какие параметры учитываются при определении коэффициента теплоотдачи?</li> <li>3. Приведите формулы для определения критериальных зависимостей.</li> <li>4. Каким образом определяется необходимая поверхность теплообмена?</li> <li>5. Назовите условие завершения расчета .</li> </ol>
3.	Лабораторная работа №3. Расчеты образования оксидов азота в ВТУ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие бывают оксиды азота и каким образом они образуются?</li> <li>2. Что такое условно адиабатная и максимальная температура в зоне горения?</li> <li>3. Как определяется теоретическое время достижения равновесной концентрации оксида азота при <math>T_m</math> и расчетное время образования оксидов азота в топке?</li> <li>4. Что характеризует среднее тепловое напряжение сечения топочной камеры?</li> <li>5. Как определяется концентрация избыточного кислорода в зоне реакции?</li> </ol>
4.	Лабораторная работа №4. Снижение выбросов оксидов серы и азота в ВТУ	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какова предельно допустимая концентрация (ПДК) диоксида серы в отходящих газах ВТУ?</li> <li>2. Как можно снизить содержание серы в твердом и жидком топливе?</li> <li>3. Чем объясняется неблагоприятное воздействие сернистого ангидрида на окружающую среду?</li> <li>4. На чем основаны методы улавливания диоксида серы из дымовых газов?</li> <li>5. Что такое температура точки росы и каким образом она измеряется в зависимости от нагрузки агрегата?</li> </ol>

### Для оценки сформированности компетенции ПК-4:

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1.	Лабораторная работа №5. Организация базы данных проекта	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какой файл необходимо загрузить для создания базы данных оборудования?</li> <li>2. Какая группа базы данных появляется на экране при вводе групп элементов оборудования?</li> <li>3. Какова последовательность операций после завершения ввода данных?</li> <li>2. Что обозначают цифры идентификатора?</li> </ol>
2.	Лабораторная работа №6. Создание схемы компоновки оборудования в подсистеме RAPLANT	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. С помощью какой команды вызываются группы оборудования?</li> <li>2. С помощью какой команды происходит установка элементов оборудования?</li> <li>3. Каким образом получается «скелетное» изображение оборудования в подсистеме?</li> </ol>

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
3.	Лабораторная работа №7. Основы эксплуатации ВТУ	1.Перечислите основные эксплуатационные показатели ВТУ. 2.Какая документация относится к оперативной? 3.Назовите формы организации ремонтов ВТУ. 4.Перечислите основные задачи теплоиспользующих установок

#### Критерии оценивания лабораторной работы.

Оценка	Критерии оценивания
5	Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории, формулирует собственные, самостоятельные, обоснованные, аргументированные суждения, представляет полные и развернутые ответы на дополнительные вопросы.
4	Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом, отсутствуют ошибки при описании теории, формулирует собственные, самостоятельные, обоснованные, аргументированные суждения, допуская незначительные ошибки в ответах на дополнительные вопросы.
3	Работа выполнена полностью. Студент владеет теоретическим материалом на минимально допустимом уровне, присутствуют незначительные ошибки при описании теории, испытывает затруднения в формулировке собственных обоснованных и аргументированных суждений, допуская незначительные ошибки в ответах на дополнительные вопросы.
2	Работа выполнена не полностью. Студент практически не владеет теоретическим материалом, допуская ошибки по сущности рассматриваемых (обсуждаемых) вопросов, испытывает затруднения в формулировке собственных обоснованных и аргументированных суждений, допускает ошибки при ответе на дополнительные вопросы.

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

При промежуточной аттестации в форме экзамена

##### Критериями оценивания достижений в соответствии с компетенцией ПК-1

Способен к участию в подготовке проектной документации по отдельным узлам и элементам тепломеханической части

Являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание задач проектирования, экологическую обстановку и требования к ВТУ. Знание основных технико-экономических и эксплуатационных показателей ВТУ, средства их выражения и способы достижения оптимальных значений. Основных принципов составления технического задания на проектирование ВТУ.

Умения	<p>Умения осуществить подбор конструктивных элементов ВТУ, их материала, выбор варианта компоновки, конструкции оборудования в целом, в наибольшей степени отвечающих условиям и целям осуществления тепловых процессов и удовлетворяющих требованиям нормативных документов</p>
Навыки	<p>Владеет навыками сбора и анализа исходных данных для проектирования ВТУ</p> <p>Владеет методами определения конструкций, компоновки и материалов элементов оборудования и оборудования в целом, обеспечивающих наиболее безопасные условия работы и наиболее эффективные показатели процессов</p>

Оценка сформированности компетенции ПК-1 по показателю Знания\_\_

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знания задач проектирования, экологическую обстановку и требования к ВТУ.	Не знает задачи проектирования, экологическую обстановку и требования к ВТУ.	Знает задачи проектирования, экологическую обстановку и требования к ВТУ, но поверхностно, допускает неточности	Знает задачи проектирования, экологическую обстановку и требования к ВТУ в полном объеме и на хорошем уровне	Знает задачи проектирования, экологическую обстановку и требования к ВТУ в полном объеме и на высоком уровне
Знания основных технико-экономических и эксплуатационных показателей ВТУ, средства их выражения и способы достижения оптимальных значений	Не знает основных технико-экономических и эксплуатационных показателей ВТУ, средства их выражения и способы достижения оптимальных	Знает основные технико-экономические и эксплуатационные показатели ВТУ, средства их выражения и способы достижения оптимальных значений	Знает основные технико-экономические и эксплуатационные показатели ВТУ, средства их выражения и способы достижения оптимальных	Знает основные технико-экономические и эксплуатационные показатели ВТУ, средства их выражения и способы достижения

	значений	поверхностно, допускает неточности	значений в полном объеме и на хорошем уровне	оптимальных значений в полном объеме и на высоком уровне
Знания Основных принципов составления технического задания на проектирование ВТУ.	Не знает Основных принципов составления технического задания на проектирование ВТУ.	Знает Основные принципы составления технического задания на проектирование ВТУ. поверхностно, допускает неточности	Знает Основные принципы составления технического задания на проектирование ВТУ. в полном объеме и на хорошем уровне	Знает в полном объеме и на высоком уровне Основные принципы составления технического задания на проектирование ВТУ.

**Оценка сформированности компетенции ПК-1 по показателю Умения**

Умения осуществить подбор конструктивных элементов ВТУ, их материала, выбор варианта компоновки, конструкции оборудования в целом, в наибольшей степени отвечающих условиям и целям осуществления тепловых процессов и удовлетворяющих требованиям нормативных документов	Не умеет осуществить подбор конструктивных элементов ВТУ, их материала, выбор варианта компоновки, конструкции оборудования в целом, в наибольшей степени отвечающих условиям и целям осуществления тепловых процессов и удовлетворяющих требованиям нормативных документов	Умеет осуществить подбор конструктивных элементов ВТУ, их материала, выбор варианта компоновки, конструкции оборудования в целом, в наибольшей степени отвечающих условиям и целям осуществления тепловых процессов и удовлетворяющих требованиям нормативных документов, но допускает	Умеет осуществлять подбор конструктивных элементов ВТУ, их материала, выбор варианта компоновки, конструкции оборудования в целом, в наибольшей степени отвечающих условиям и целям осуществления тепловых процессов и удовлетворяющих требованиям нормативных документов в полном	Умеет в полном объеме и на высоком уровне осуществлять подбор конструктивных элементов ВТУ, их материала, выбор варианта компоновки, конструкции оборудования в целом, в наибольшей степени отвечающих условиям и целям осуществления тепловых процессов и удовлетворяющих
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



		неточности	объеме и на хорошем уровне	требованиям нормативных документов
<b>Оценка сформированности компетенции ПК-1 по показателю Навыки</b>				
Владение навыками сбора и анализа исходных данных для проектирования ВТУ	Не владеет навыками сбора и анализа исходных данных для проектирования ВТУ	Владеет навыками сбора и анализа исходных данных для проектирования ВТУ, но допускает неточности	Владеет навыками сбора и анализа исходных данных для проектирования ВТУ в полном объеме и на хорошем уровне	Владеет в полном объеме и на высоком уровне навыками сбора и анализа исходных данных для проектирования ВТУ
Владение методами определения конструкций, компоновки и материалов элементов оборудования и оборудования в целом, обеспечивающих наиболее безопасные условия работы и наиболее эффективные показатели процессов	Не владеет методами определения конструкций, компоновки и материалов элементов оборудования и оборудования в целом, обеспечивающих наиболее безопасные условия работы и наиболее эффективные показатели процессов	Владеет методами определения конструкций, компоновки и материалов элементов оборудования и оборудования в целом, обеспечивающих наиболее безопасные условия работы и наиболее эффективные показатели процессов, но допускает неточности	Владеет методами определения конструкций, компоновки и материалов элементов оборудования и оборудования в целом, обеспечивающих наиболее безопасные условия работы и наиболее эффективные показатели процессов в полном объеме и на хорошем уровне	Владеет в полном объеме и на высоком уровне методами определения конструкций, компоновки и материалов элементов оборудования и оборудования в целом, обеспечивающих наиболее безопасные условия работы и наиболее эффективные показатели процессов

**Оценка сформированности компетенции ПК-4 Соблюдает правила технологической дисциплины при эксплуатации объектов профессиональной деятельности**

**Критериями оценивания достижений показателей являются:**

<b>Знания</b>	<p>Знание классификации, назначения, основы устройства и принцип работы ВТУ, виды и свойства теплоносителей.</p> <p>Знания видов и свойств конструкционных материалов, применяемых для изготовления ВТУ, требования, предъявляемые к конструкционным материалам, условия их использования.</p> <p>Знание видов, особенностей, конструкций и условий использования элементов ВТУ</p>
<b>Умения</b>	<p>Умение проводить расчеты по типовым методикам</p> <p>Умение проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием</p>
<b>Навыки</b>	<p>Владение навыками применения полученной информации при проектировании элементов ВТУ, методами разработки конструкций отдельных элементов и всей установки в целом и поиска оптимальной конструкции,</p> <p>Навык владения способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования ВТУ</p>

**Оценка сформированности компетенции ПК-4 по показателю Знания**

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание классификаций, назначения, основы устройства и принцип работы ВТУ, виды и свойства теплоносителей.	Не знает классификаций, назначения, основы устройства и принцип работы ВТУ, виды и свойства теплоносителей.	Знает классификаций, назначения, основы устройства и принцип работы ВТУ, виды и свойства теплоносителей. но совершает ошибки,	Знает классификаций, назначения, основы устройства и принцип работы ВТУ, виды и свойства теплоносителей. в полном объеме и на хорошем	Знает в полном объеме и на высоком уровне классификаций, назначения, основы устройства и принцип работы ВТУ, виды и

			уровне	свойства теплоносителей.
Знания видов и свойств конструкционных материалов, применяемых для изготовления ВТУ, требования, предъявляемые к конструкционным материалам, условия их использования	Не знает виды и свойства конструкционных материалов, применяемых для изготовления ВТУ, требования, предъявляемые к конструкционным материалам, условия их использования ;	Знает виды и свойства конструкционных материалов, применяемых для изготовления ВТУ, требования, предъявляемые к конструкционным материалам, условия их использования, но совершает ошибки	Знает виды и свойства конструкционных материалов, применяемых для изготовления ВТУ, требования, предъявляемые к конструкционным материалам, условия их использования , в полном объеме и на хорошем уровне	Знает в полном объеме и на высоком уровне виды и свойства конструкционных материалов, применяемых для изготовления ВТУ, требования, предъявляемые к конструкционным материалам, условия их использования
Знания видов, особенностей, конструкций и условий использования элементов ВТУ	Не знает виды, особенности, конструкции и условия использования элементов ВТУ	Знает виды, особенности, конструкции и условия использования элементов ВТУ , но совершает ошибки	Знает виды, особенности, конструкции и условия использования элементов ВТУ в полном объеме и на хорошем уровне	Знает в полном объеме и на высоком уровне виды, особенности, конструкции и условия использования элементов ВТУ

### Оценка сформированности компетенции ПК-4 по показателю Умения

Критерий	Уровень освоения и оценка
----------	---------------------------

	2	3	4	5
Умение проводить расчеты по типовым методикам	Не умеет проводить расчеты по типовым методикам	Умеет проводить расчеты по типовым методикам, но допускает ошибки	Умеет проводить расчеты по типовым методикам в полном объеме и на хорошем уровне	Умеет в полном объеме и на высоком уровне проводить расчеты по типовым методикам
Умение проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием	Не умеет проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием	Умеет проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием, но допускает ошибки	Умеет проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием в полном объеме и на хорошем уровне	Умеет в полном объеме и на высоком уровне проектировать технологическое оборудование с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием

### Оценка сформированности компетенции ПК-4 по показателю **Навыки**

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение навыками применения полученной информации при проектировании	Не владеет навыками применения полученной информации	Владеет навыками применения полученной информации	Владеет навыками применения полученной информации	Владеет в полном объеме и на высоком уровне навыками

<p>элементов ВТУ, методами разработки конструкций отдельных элементов и всей установки в целом и поиска оптимальной конструкции,</p>	<p>при проектировании элементов ВТУ, методами разработки конструкций отдельных элементов и всей установки в целом и поиска оптимальной конструкции,</p>	<p>при проектировании элементов ВТУ, методами разработки конструкций отдельных элементов и всей установки в целом и поиска оптимальной конструкции, , Но совершает ошибки</p>	<p>при проектировании элементов ВТУ, методами разработки конструкций отдельных элементов и всей установки в целом и поиска оптимальной конструкции, в полном объеме и на хорошем уровне</p>	<p>применения полученной информации при проектировании элементов ВТУ, методами разработки конструкций отдельных элементов и всей установки в целом и поиска оптимальной конструкции,</p>
<p>Навык владения способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования ВТУ</p>	<p>Не владеет способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования ВТУ</p>	<p>Владеет способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования ВТУ, но допускает ошибки</p>	<p>Владеет способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования ВТУ в полном объеме и на хорошем уровне</p>	<p>Владеет в полном объеме и на высоком способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования ВТУ</p>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Лаборатория энергетического комплекса промышленных предприятий	вентиляторы; газовые счетчики ЛК401
2	компьютерный класс кафедры энергетике теплотехнологии	Компьютеры, аудитория, оснащенная письменными столами, стульями, классной доской (для рисования мелом или маркером). ЛК423
3	котельное оборудование транспортабельных котельных установок ТКУ-1,2 и 5,0 БГТУ им. В.Г.Шухова	дифманометры; стенд для определения гидравлических сопротивлений; установка для изучения газодинамики псевдоожигенного слоя. Котельная БГТУ им. В.Г. Шухова
4	учебная лаборатория термодинамики и энергетического комплекса промышленных предприятий	центробежный вентилятор; ваттметр; трубка Пито-Прандтля; дифманометр; ЛК408

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа

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

#### 6.1. Основная литература

1. Троянкин Ю.В. Проектирование и эксплуатация высокотемпературных технологических установок. М: Изд-во МЭИ, 2002.

2. Исламов М.Ш. Проектирование и эксплуатация промышленных печей-Л: Химия, 1986, -280с.

3. В. Л. Гусовский, А. Е. Лифшиц. Методики расчета нагревательных и термических печей. М.: Теплотехник, 2004.

4.Бернадинер И.М.. Диоксины и другие токсиканты при высокотемпературной переработке и обезвреживании отходов. М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 48с.

5.Степанова Т.А., Бернадинер И.М., Николаев Д.А.. Тепловой расчет газовой (воздушной) барабанной сушилки: методические указания. М.: - ФГУП НТЦ «Информрегистр». -2010.

#### Дополнительная литература

1. Троянкин Ю.В. Расчет и обеспечение надежной работы принудительно охлаждаемых гарниссажных футеровок высокофорсированных рабочих камер. М.: Изд-во МЭИ, 1998.

2. Троянкин Ю.В. Основы компоновки ВТУ. М.: Изд-во МЭИ, 1997.

3. В. Г. Лисиенко, Я. М. Щелоков, М. Г. Ладыгичев. Вращающиеся печи: Теплотехника, управление и экология, в 2-х книгах. М.: Теплотехник, 2004.

4. Автоматизированные базы данных в теплотехнологии: методические указания/ сост.: И.А.Щетинина, Т.И.Тихомирова.-Белгород:Изд-во БГТУ,2011.-17 с.

#### Справочная и нормативная литература

1. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник / Под общ. ред. В. А. Григорьева, В. М. Зорина. - М.: Энергоатомиздат, 1981. - 588 с. (серия «Теплоэнергетика и теплотехника, кн. 4.)

2.Тепловой расчет котлов (нормативный метод)/Под ред. С.И.Мочана,А.А,Абрютина, Г.М.Кагана,В.С.Назаренко. М.:Энергия,1999 г.

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

лицензионное программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

[www.fips.ru](http://www.fips.ru);

[www.delphion.com](http://www.delphion.com);

[www.databases.ru](http://www.databases.ru);

[www.martingmbh.de](http://www.martingmbh.de);

[www.progress.ua](http://www.progress.ua);

[www. http://www.fisia-babcock.com](http://www.fisia-babcock.com)