

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета энергетики и систем  
управления

Бурковский А.В.

25 ноября 2022 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Проектирование и эксплуатация энергетических установок»

Направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль Промышленная теплоэнергетика

Квалификация выпускника бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года и 11 м.

Форма обучения очная / заочная

Год начала подготовки 2023

Автор программы  
Заведующий кафедрой  
Теоретической и  
промышленной  
теплоэнергетики

Н.Н. Кожухов

Руководитель ОПОП

В.В. Портнов

С.В. Дахин

Воронеж 2022

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

Обучение студентов методам проектирования и эксплуатации теплотехнического оборудования; навыкам работы с производственно-технической документацией и проведения инженерных расчетов энергетического оборудования, в том числе с помощью специализированных программных пакетов; навыкам анализа надежности работы энергетических установок

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

Конструкторская подготовка, необходимая для успешной работы при реализации новой прогрессивной технологии на базе высокопроизводительных и технологически совершенных агрегатов. Использование специализированных программных средств для решения задач проектирования энергоустановок

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Проектирование и эксплуатация энергетических установок» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Проектирование и эксплуатация энергетических установок» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Способен к обеспечению эффективной эксплуатации и модернизации энергетического и теплотехнологического оборудования

ПК-3 - Способен проводить расчеты энергетического и теплотехнического оборудования по типовым методикам

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-1	знать методы повышения эффективности и надежности работы энергетических установок; правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок
	уметь оценивать эффективность и надежность работы энергоустановок
	владеть знаниями по вводу в эксплуатацию, испытаниям, ремонту и текущему обслуживанию тепловых энергоустановок
ПК-3	знать методы выбора принципиальных решений теплоэнергетических установок и систем; стратегию проектирования; этапы и методы проектирования установок и агрегатов для производства и преобразования энергоносителей

	уметь проводить инженерные расчеты энергетического оборудования; использовать специализированные программные пакеты для проектирования энергетического оборудования
	владеть навыками работы с конструкторской документацией; навыками расчета на прочность элементов теплоэнергетического оборудования; навыками анализа надежности проектируемого оборудования; способностью выявлять результаты интеллектуальной деятельности в ходе проектирования; навыками быстрого освоения специализированных программных пакетов

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Проектирование и эксплуатация энергетических установок» составляет 8 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		6	7
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	108	36	72
В том числе:			
Лекции	54	18	36
Практические занятия (ПЗ)	54	18	36
<b>Самостоятельная работа</b>	135	72	63
<b>Курсовой проект</b>	+		+
Часы на контроль	45	-	45
Виды промежуточной аттестации - экзамен, зачет с оценкой	+	+	+
Общая трудоемкость:			
академические часы	288	108	180
зач.ед.	8	3	5

**заочная форма обучения**

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры	
		8	9
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	30	12	18
В том числе:			
Лекции	14	6	8
Практические занятия (ПЗ)	16	6	10
<b>Самостоятельная работа</b>	245	92	153
<b>Курсовой проект</b>	+		+
Часы на контроль	13	4	9
Виды промежуточной аттестации -	+	+	+

экзамен, зачет с оценкой			
Общая трудоемкость: академические часы	288	108	180
зач.ед.	8	3	5

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Введение	Предмет курса. Некоторые сведения из истории его развития. Содержание курса и его роль в подготовке бакалавров по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, профилю «Промышленная теплоэнергетика»	2	0	0	2
2	Общие вопросы проектирования	Стадии проектирования. Виды и комплектность конструкторской документации. Выявление результатов интеллектуальной деятельности. Патентные исследования. Классификация теплоэнергетических систем и установок. Основные требования, предъявляемые к конструкциям. Конструкционные материалы теплотехники и их применение. Основные величины, влияющие на прочность (давление, температура, сила тяжести, допускаемые напряжения, поправочный коэффициент, прибавки к номинальным расчетным толщинам)  Показатели пригодности материалов для изготовления деталей машин и аппаратов. Методы учета неопределенности исходной информации на различных стадиях проектирования теплоэнергетических систем и установок.	12	16	20	48
3	Проектирование элементов энергетических установок	Прочность стенок сосудов. Оболочки. Мембранные напряжения в сферическом сосуде, цилиндре с крышками, в цилиндре, нагруженном внутренним гидростатическим давлением, в конусе. Обечайки. Типы обечаяк (цилиндрические, конические, коробчатые). Определение толщины стенки обечайки, подверженной внутреннему избыточному давлению. Проверка прочности цилиндрических стенок при сложном нагружении. Устойчивость стенок сосудов. Расчёт цилиндрических обечаяк на устойчивость при внешнем избыточном давлении. Расчёт обечаяк при действии осевого растягивающего, сжимающего усилия, изгибающего момента, поперечных усилий. Устойчивость при совместном действии нагрузок. Обечайки с кольцами жесткости, подверженные внутреннему избыточному давлению. Расчет на прочность и устойчивость конических обечаяк. Днища. Типы днищ. Расчет эллиптических и сферических днищ, работающих под действием внутреннего давления. Укрепление отверстий. Способы укрепления отверстий (штуцер, отбортовка, торообразная вставка, сварное кольцо, утолщение стенки) в цилиндрических и сферических стенках сосудов.	16	22	40	78

		Фланцевые соединения. Конструкции отлитых и приварных фланцев. Конструкции свободных фланцев. Конструкции фланцев на резьбе, развальцовке и заклепках. Расчёт на прочность фланцевых соединений. Компенсаторы. Трубные решетки. Расчет на прочность. Трубопроводы. Разъемные и неразъемные соединения.				
4	Надежность энергетических установок	Количественные характеристики надежности. Невосстанавливаемые и восстанавливаемые изделия. Вероятность безотказной работы, частота отказов, интенсивность отказов, средняя наработка до первого отказа. Параметр потока отказов, наработка на отказ, коэффициент готовности. Коэффициент вынужденного простоя. Предварительный расчет надежности. Ориентировочный расчет надежности. Расчет надежности с учетом режимов работы элементов (окончательный расчет). Общий алгоритм расчета надежности изделия.  Оценка и контроль надежности энергоустановок по результатам их испытаний. Методика определения вероятности безотказной работы. Вид и параметры закона распределения времени исправной работы. Непосредственная оценка вероятности безотказной работы. Методы контроля надежности.	12	10	30	52
5	Особенности эксплуатации теплоэнергетических установок	Надзор и обслуживание теплоэнергетических установок. Наружный и внутренний осмотр установок. Основные признаки неисправности. Периодическое обследование установок. Учет и разрешение на пуск в эксплуатацию. Техническое освидетельствование установок. Толщинометрия. Определение твердости материала установок. Дефектоскопия. Гидравлическое и пневматическое испытания. Испытания на герметичность (дополнительное пневматическое испытание на плотность с определением падения давления за время испытания). Оценка ресурса остаточной работоспособности.  Арматура и контрольно-измерительные приборы. Исследование физико-механических свойств, химического состава и микроструктуры металла. Отбраковка. Ремонт установок. Техническая документация теплоэнергетических установок.	12	6	45	63
<b>Итого</b>			<b>54</b>	<b>54</b>	<b>135</b>	<b>243</b>

### заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Введение	Предмет курса. Некоторые сведения из истории его развития. Содержание курса и его роль в подготовке бакалавров по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, профилю «Промышленная теплоэнергетика»	2	0	0	2
2	Общие вопросы проектирования	Стадии проектирования. Виды и комплектность конструкторской документации. Выявление результатов интеллектуальной деятельности. Патентные исследования. Классификация теплоэнергетических систем и установок. Основные требования, предъявляемые к конструкциям. Конструкционные материалы теплотехники и их применение. Основные величины, влияющие на прочность (давление, температура, сила тяжести, допускаемые напряжения, поправочный коэффициент,	4	4	42	50

		прибавки к номинальным расчетным толщинам) Показатели пригодности материалов для изготовления деталей машин и аппаратов. Методы учета неопределенности исходной информации на различных стадиях проектирования теплоэнергетических систем и установок.				
3	Проектирование элементов энергетических установок	Прочность стенок сосудов. Оболочки. Мембранные напряжения в сферическом сосуде, цилиндре с крышками, в цилиндре, нагруженном внутренним гидростатическим давлением, в конусе. Обечайки. Типы обечайек (цилиндрические, конические, коробчатые). Определение толщины стенки обечайки, подверженной внутреннему избыточному давлению. Проверка прочности цилиндрических стенок при сложном нагружении. Устойчивость стенок сосудов. Расчёт цилиндрических обечайек на устойчивость при внешнем избыточном давлении. Расчёт обечайек при действии осевого растягивающего, сжимающего усилия, изгибающего момента, поперечных усилий. Устойчивость при совместном действии нагрузок. Обечайки с кольцами жесткости, подверженные внутреннему избыточному давлению. Расчет на прочность и устойчивость конических обечайек. Днища. Типы днищ. Расчет эллиптических и сферических днищ, работающих под действием внутреннего давления. Укрепление отверстий. Способы укрепления отверстий (штуцер, отбортовка, торообразная вставка, сварное кольцо, утолщение стенки) в цилиндрических и сферических стенках сосудов. Фланцевые соединения. Конструкции отлитых и приварных фланцев. Конструкции свободных фланцев. Конструкции фланцев на резьбе, развальцовке и заклепках. Расчёт на прочность фланцевых соединений. Компенсаторы. Трубные решетки. Расчет на прочность. Трубопроводы. Разъемные и неразъемные соединения.	4	6	60	70
4	Надежность энергетических установок	Количественные характеристики надежности. Невосстанавливаемые и восстанавливаемые изделия. Вероятность безотказной работы, частота отказов, интенсивность отказов, средняя наработка до первого отказа. Параметр потока отказов, наработка на отказ, коэффициент готовности. Коэффициент вынужденного простоя. Предварительный расчет надежности. Ориентировочный расчет надежности. Расчет надежности с учетом режимов работы элементов (окончательный расчет). Общий алгоритм расчета надежности изделия. Оценка и контроль надежности энергоустановок по результатам их испытаний. Методика определения вероятности безотказной работы. Вид и параметры закона распределения времени исправной работы. Непосредственная оценка вероятности безотказной работы. Методы контроля надежности.	2	4	60	66
5	Особенности эксплуатации теплоэнергетических установок	Надзор и обслуживание теплоэнергетических установок. Наружный и внутренний осмотр установок. Основные признаки неисправности. Периодическое обследование установок. Учет и разрешение на пуск в эксплуатацию. Техническое освидетельствование установок. Толщинометрия. Определение твердости материала установок. Дефектоскопия. Гидравлическое и пневматическое испытания. Испытания на герметичность (дополнительное	2	2	83	87

		пневматическое испытание на плотность с определением падения давления за время испытания). Оценка ресурса остаточной работоспособности. Арматура и контрольно-измерительные приборы. Исследование физико-механических свойств, химического состава и микроструктуры металла. Отбраковка. Ремонт установок. Техническая документация теплоэнергетических установок.				
<b>Итого</b>			<b>14</b>	<b>16</b>	<b>245</b>	<b>275</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 7 семестре для очной формы обучения, в 9 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Проектирование кожухотрубного теплообменного аппарата»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- выполнение теплового расчета;
- выполнение гидравлического расчета;
- выполнение механического расчета;
- разработка 3д-модели теплообменного аппарата;
- разработка конструкторской документации на теплообменный аппарат.

Курсовой проект включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания**

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-1	знать методы повышения эффективности и надежности работы энергетических установок; правила	активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	технической эксплуатации тепловых энергоустановок			
	уметь оценивать эффективность и надежность работы энергоустановок	решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть знаниями по вводу в эксплуатацию, испытаниям, ремонту и текущему обслуживанию тепловых энергоустановок	решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-3	знать методы выбора принципиальных решений теплоэнергетических установок и систем; стратегию проектирования; этапы и методы проектирования установок и агрегатов для производства и преобразования энергоносителей	активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь проводить инженерные расчеты энергетического оборудования; использовать специализированные программные пакеты для проектирования энергетического оборудования	решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками работы с конструкторской документацией; навыками расчета на прочность элементов теплоэнергетического оборудования; навыками анализа надежности проектируемого оборудования; способностью выявлять результаты интеллектуальной деятельности в ходе проектирования; навыками быстрого освоения специализированных программных пакетов	решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 6, 7 семестре для очной формы обучения, 8, 9 семестре для заочной формы



обучения по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ПК-1	знать методы повышения эффективности и надежности работы энергетических установок; правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь оценивать эффективность и надежность работы энергоустановок	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть знаниями по вводу в эксплуатацию, испытаниям, ремонту и текущему обслуживанию тепловых энергоустановок	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-3	знать методы выбора принципиальных решений теплоэнергетических установок и систем; стратегию проектирования; этапы и методы проектирования установок и агрегатов для производства и преобразования энергоносителей	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь проводить инженерные расчеты энергетического оборудования; использовать специализированные программные пакеты для проектирования энергетического оборудования	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть навыками работы с конструкторской	Решение прикладных задач в	Задачи решены в полном	Продемонстрирован верный ход	Продемонстрирован верный ход	Задачи не решены

документацией; навыками расчета на прочность элементов теплоэнергетического оборудования; навыками анализа надежности проектируемого оборудования; способностью выявлять результаты интеллектуальной деятельности в ходе проектирования; навыками быстрого освоения специализированных программных пакетов	конкретной предметной области	объеме и получены верные ответы	решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	решения в большинстве задач	
--	-------------------------------	---------------------------------	--	-----------------------------	--

**7.2 Примерный перечень оценочных средств ( типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

**7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

1 Укажите количество стадий проектирования

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4
- 5) 5

2 Что называют Техническим заданием?

- 1) исходный документ на проектирование технического объекта
- 2) задание на курсовой проект или работу
- 3) утвержденный документ на разработку различными ведомствами и министерствами
- 4) договор между Исполнителем и Заказчиком
- 5) любой документ, содержащий технические характеристики проектируемого изделия

3 Какова цель разработки Технического предложения?

- 1) установление принципиальных (конструктивных, схемных) решений изделия, дающих общее представление о принципе работы и (или) устройстве изделия
- 2) выявления дополнительных или уточненных требований к изделию (технических характеристик, показателей качества и др.)
- 3) выявление окончательных технических решений, дающих полное представление о конструкции изделия
- 4) проведение расчетов и выявление соответствий требованиям Технического задания
- 5) определение оптимального варианта объекта разработки

4 Электронная моделью детали является?

- 1) документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля
- 2) документ, содержащий электронную геометрическую модель детали и требования к ее изготовлению и контролю
- 3) документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля
- 4) документ, содержащий расчеты параметров и величин, например, расчет размерных цепей, расчет на прочность и другие виды расчетов
- 5) документ, содержащий перечень документов, выполненных в электронной форме

5 Обязательными документами для Эскизного проекта являются?

- 1) электронная модель сборочной единицы, упаковочный чертеж, чертеж детали
- 2) чертеж общего вида, ведомость эскизного проекта, габаритный чертеж, спецификация
- 3) пояснительная записка, ведомость эскизного проекта
- 4) теоретический чертеж, пояснительная записка, сборочный чертеж, схема
- 5) чертеж общего вида, инструкция, ведомость эскизного проекта, расчеты

6 Обязательными документами для Технического проекта являются?

- 1) чертеж общего вида, ведомость технического проекта, габаритный чертеж, спецификация
- 2) электронная модель сборочной единицы, упаковочный чертеж, чертеж детали
- 3) чертеж общего вида, инструкция, ведомость технического проекта, расчеты
- 4) чертеж общего вида, ведомость технического проекта, пояснительная записка
- 5) пояснительная записка, ведомость эскизного проекта

7 Обязательными документами для Технического предложения являются?

- 1) ведомость спецификаций, монтажный чертеж, чертеж детали
- 2) программа и методика испытаний, ведомость технического предложения, габаритный чертеж, спецификация
- 3) пояснительная записка, ведомость технического предложения
- 4) схема, теоретический чертеж, пояснительная записка, сборочный чертеж
- 5) чертеж общего вида, инструкция, ведомость технического предложения, расчеты

8 Что такое прочность?

- 1) свойство материала сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, возникающих под воздействием внешних сил
- 2) характеристика надежности современных и совершенных агрегатов и установок
- 3) свойство материала выдерживать как внешние, так и внутренние нагрузки
- 4) способность конструкции сохранять свое текущее равновесное состояние при наличии внешних воздействий
- 5) свойство конструкции сохранять работоспособность до наступления предельного состояния

9 Что такое жаростойкость?

- 1) сопротивление материала окислению при высокой температуре
- 2) способность конструкционных материалов работать под напряжением в условиях повышенных температур без заметной остаточной деформации и разрушения
- 3) 4) способность конструкции сохранять свое текущее равновесное состояние при наличии внешних воздействий
- 4) способность элементов деформироваться при внешнем воздействии без существенного изменения геометрических размеров
- 5) свойство конструкции сохранять работоспособность до наступления предельного состояния

10 Что такое устойчивость?

- 1) сопротивление материала окислению при высокой температуре
  - 2) способность конструкционных материалов работать под напряжением в условиях повышенных температур без заметной остаточной деформации и разрушения
  - 3) способность конструкции сохранять свое текущее равновесное состояние при наличии внешних воздействий
  - 4) способность элементов деформироваться при внешнем воздействии без существенного изменения геометрических размеров
- свойство конструкции сохранять работоспособность до наступления предельного состояния

### **7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

1 Провести патентные исследования и составить отчет о поиске. Задачей патентных исследований является исследование технического уровня, тенденции развития данной указанной преподавателем темы по основным ведущим странам (Россия, США, Китай) на основе патентной и научно-технической информации. Глубина поиска составляет 10 лет.

2 Дайте определение физического  $\sigma_T$  и условного  $\sigma_{0,2}$  предела текучести. В каких случаях определяется та или иная прочностная характеристика?

3 Для изготовления шатуна компрессора требуется сталь, имеющая такие механические свойства:  $\sigma_B = 500$  МПа,  $\delta = 35$  %. К какой группе сталей по назначению должна принадлежать эта сталь, сколько в ней углерода, как она маркируется?

4 Для изготовления молотка необходима сталь, имеющая в отожженном состоянии твёрдость по Бринеллю 2000 МПа. К какой группе сталей по назначению должна принадлежать эта сталь, сколько в ней углерода, как она маркируется?

5 При гибке стальной трубы на оправке материал трубы испытывает максимальное удлинение до 0,4. Из какой углеродистой стали должна быть изготовлена труба, чтобы при гибке не было надрывов металла? Предел прочности стали при этом не должен быть ниже 400 МПа.

6 Тяга подвески груза испытывает рабочее напряжение  $\sigma = 150$  МПа. Какую подходящую по прочности сталь следует выбрать из ГОСТ 1050-88 для изготовления тяги, если запас прочности по нормальным напряжениям для сталей такого типа составляет  $n\sigma = 3$ ?

7 Определить толщину стенки цилиндрической обечайки горизонтального теплообменного аппарата с диаметром  $d=1$  м и длиной  $l=13$  м, работающего под внутренним избыточным давлением рабочей среды  $p=1$  МПа с температурой  $t=50$  °С. Материал обечайки 03ХН28МДТ, коэффициент сварного шва  $\varphi=1,0$ . Суммарная прибавка к расчетной толщине стенки  $c=0,3$  мм.

8 Определить толщину стенки цилиндрической обечайки вертикального теплообменного аппарата с диаметром  $d=2$  м и высотой  $H=12$  м, работающего под внутренним избыточным давлением рабочей среды  $p=0,9$  МПа с плотностью среды  $\rho=800$  кг/м<sup>3</sup> с температурой  $t=150$  °С. Материал обечайки 08Х22Н6Т, коэффициент сварного шва  $\varphi=0,85$ . Недостающие исходные данные принять самостоятельно.

9 Определить толщину стенки цилиндрической обечайки горизонтального теплообменного аппарата с внутренним диаметром  $d=3$  м и длиной  $l=8$  м, работающего под вакуумом  $p_e=0,6$  кПа с температурой  $t=150$  °С. Материал обечайки 20К, коэффициент сварного шва  $\varphi=0,9$ . Недостающие исходные данные принять самостоятельно.

10 На испытание поставлено  $N_0$  изделий. За время  $t$  вышло из строя  $n(t)$  изделий, а за интервал времени  $t+\Delta t$  вышло из строя еще  $n(\Delta t)$  изделий. Необходимо вычислить вероятность безотказной работы  $P(t)$  и  $P(t+\Delta t)$ , частоту отказов  $a(t)$  и интенсивность отказов  $\lambda$  в промежутке времени от  $t$  до  $t+\Delta t$ .

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1 Два материала имеют равную прочность, но различную пластичность. Какому из них следует отдать предпочтение с точки зрения надёжности при работе в условиях растяжения?

2 Из прочностных расчетов получено, что для изготовления вала необходима сталь с пределом прочности  $\sigma_B = 450$  МПа и относительным удлинением  $\delta = 35$  %. На складе завода имеется сталь марок 10, 20, 30, 45. Какие из перечисленных сталей отвечают требованиям, предъявляемым к механическим свойствам материала вала?

3 Детали, изготавливаемые из прутков меди диаметром 20 мм, должны иметь предел прочности 300 МПа. Между тем на заводе имеется медь в прутках большего диаметра с пределом прочности 220-250 МПа. Можно ли использовать имеющийся металл, повысив прочность медных прутков? Если можно, то укажите, каким способом это можно сделать и какое для этого потребуется оборудование?

4 В котельных установках часто наблюдается значительное усиление коррозии в участках металла, прилегающих к заклёпкам и в местах изгиба греющих труб. Объясните возможную причину этого явления, связанную с изменением свойств металла при переработке в изделие.

5 Определить толщину стенки эллиптического днища горизонтального теплообменника с внутренним диаметром  $d = 0,6$  м, работающего под внутренним избыточным давлением  $p = 0,3$  МПа и температурой  $t = 125$  °С. Высота выпуклой части днища составляет  $H = 250$  мм. Материал днища Ст3. Суммарная прибавка к расчетной толщине стенки  $c = 1,5$  мм.

6 Определить толщину стенки торосферического днища горизонтального теплообменника с внутренним диаметром  $d = 0,6$  м, работающего под внутренним избыточным давлением  $p = 0,3$  МПа и температурой  $t = 125$  °С. Тип днища А. Материал днища Ст20. Суммарная прибавка к расчетной толщине стенки  $c = 1,2$  мм.

7 Определить толщину стенки плоской крышки типа 1 горизонтального теплообменника с внутренним диаметром  $d = 0,6$  м, работающего под внутренним избыточным давлением  $p = 0,3$  МПа и температурой  $t = 125$  °С. Материал днища Ст3. Суммарная прибавка к расчетной толщине стенки  $c = 1,5$  мм.

8 Определить толщину стенки конической обечайки с диаметром  $D_k = 0,8$  м, и углом  $\alpha = 60^\circ$  работающего под внутренним избыточным давлением  $p = 0,9$  МПа с плотностью рабочей среды  $\rho = 850$  кг/м<sup>3</sup> и температурой  $t = 250$  °С. Материал днища Ст3. Недостающие исходные данные принять самостоятельно.

9 При помощи специализированного программного обеспечения «ПАССАТ» рассчитать на прочность вертикальный аппарат, имеющий цилиндрическую обечайку и 2 крышки. Внутренний диаметр аппарата  $D_6$ , высота  $H$ . Аппарат работает под внутренним избыточным давлением рабочей среды  $P_{ж}$  с плотностью  $\rho_{ж}$  и температурой  $T_{ж}$ . В верхнем днище имеется центрально расположенное неукрепленное отверстие диаметром  $D_1$ , а в нижнем – надежно укрепленное отверстие диаметром  $D_2$ . Отдельные

конструктивные элементы аппарата выбрать самостоятельно.

10 Используя программу «ПАССАТ», рассчитать толщину кожуха и трубных решеток четырехходового кожухотрубного теплообменника с неподвижными решетками. Исходные данные. Трубы: 25x2 мм, шаг 30 мм, давление 1,2 МПа, температура 80 °С. Кожух: диаметр 500 мм, давление 0,4 МПа, температура 160 °С. Материал сталь 20.

#### **7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**

Не предусмотрено учебным планом

#### **7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену**

1 Постановка задачи и стадии проектирования. Техническое задание.

2 Требования к проектам новых объектов.

3 Техническое предложение. Условия и цель разработки. Виды документов. Перечень выполняемых работ.

4 Эскизный проект. Условия и цель разработки. Виды документов. Перечень выполняемых работ.

5 Технический проект. Условия и цель разработки. Требования к выполнению документов. Перечень работ при разработке.

6 Патентные исследования. Понятие глубины поиска. Цель, виды документов для исследования, оформление отчета.

7 Конструкционные материалы теплотехники и их применение. Понятия жаростойкости, жаропрочности, предела текучести, предела прочности, ударной вязкости. Влияние статического, динамического и пульсирующего приложения нагрузки.

8 Классификация коррозионной стойкости материалов.

9 Показатели пригодности материалов для изготовления оборудования. Основные требования к материалам. Факторы выбора материалов для теплотехнических установок. Библиотеки материалов.

10 Основные величины, влияющие на прочность теплоэнергетических установок. Давление. Температура. Сила тяжести. Допускаемые напряжения.

11 Ряд условных давлений. Определение давления для гидроиспытаний, время выдержки аппаратов. Периодичность технического освидетельствования аппаратов.

12 Пределы прочности, текучести, длительной прочности, ползучести. Прибавки к номинальным расчетным толщинам.

13 Тонкостенные сосуды и аппараты. Оболочки. Основные характеристики. Напряженное состояние осесимметричной оболочки. Уравнение Лапласа.

14 Преимущества оболочки. Понятие моментного, безмоментного, смешанного состояния оболочки. Условия безмоментного состояния в оболочке конечной толщины.

15 Напряженное состояние цилиндрической обечайки, нагруженной внутренним избыточным давлением. Меридиональное и кольцевое напряжения. Толщина оболочки.

16 Сферические днища и крышки: полушаровые, неотбортованные, отбортованные. Меридиональные и распорные силы, действующие при внутреннем избыточном давлении.

17 Эллиптические днища и крышки: неотбортованные, отбортованные. Меридиональные и кольцевое напряжения, действующие при внутреннем избыточном давлении. Определение толщины стенки.

18 Плоские днища и крышки с шарнирным и жестким закреплением контура. Кольцевой и радиальный изгибающие моменты. Коэффициент ослабления днища.

19 Инженерная методика расчета цилиндрических обечаек, на устойчивость при внешнем избыточном давлении.

20 Инженерная методика расчета обечаек, нагруженных осевым растягивающим усилием, осевым сжимающим усилием.

21 Инженерная методика расчета обечаек, нагруженных изгибающим моментом, поперечными усилиями.

22 Инженерная методика расчета обечаек, работающих под совместным действием нагрузок (наружное давление, осевое сжимающее усилие, изгибающий момент, поперечное усилие).

23 Инженерная методика расчета цилиндрических обечаек с кольцами жесткости, нагруженных внутренним избыточным давлением.

24 Конические обечайки. Расчетные схемы и расчетные параметры.

25 Инженерная методика расчета гладких конических обечаек, нагруженных внутренним избыточным давлением.

26 Инженерная методика расчета гладких конических обечаек, нагруженных наружным давлением.

27 Инженерная методика расчета эллиптических и полусферических днищ, нагруженных наружным давлением.

28 Влияние нескольких отверстий в элементах аппаратов друг на друга. Одиночные отверстия в сосудах и аппаратах. Условие укрепления одиночных отверстий.

29 Штуцеры. Основные типовые конструкции.

30 Фланцевое соединение. Основные типовые конструкции.

31 Программные продукты для проектирования энергетических установок: ПАССАТ, КОМПАС, Word. Цель, выполняемые задачи, работа, оформление документации.

32 Критерии надежности.

33 Количественные характеристики надежности невосстанавливаемых изделий.

34 Надежность восстанавливаемых и невосстанавливаемых изделий.

35 Критерии надежности восстанавливаемых изделий.

36 Прикидочный расчет надежности. Допущения. Случаи применения.

37 Ориентировочный расчет надежности. Допущения. Случаи применения.

38 Технические требования к теплообменным аппаратам.



- 39 Правила эксплуатации теплообменных аппаратов.
- 40 Технические требования к сушильным установкам.
- 41 Правила эксплуатации сушильных установок.
- 42 Технические требования к выпарным установкам.
- 43 Правила эксплуатации выпарных установок.
- 44 Технические требования к ректификационным установкам.
- 45 Правила эксплуатации ректификационных установок.
- 46 Эксплуатационная документация. Оперативных журнал. Оперативная схема тепловых сетей (водяных, паровых, конденсатных). Оперативная схема источника теплоты.
- 47 Эксплуатационная документация. Перечень камер и каналов, подверженных опасности проникновения газа. Перечень оборудования, находящегося в оперативном управлении и ведении диспетчера. Программа переключения.
- 48 Эксплуатационная документация. Схемы тепловых камер (насосных станций, тепловых пунктов). Журнал обходов тепловых сетей. Журнал распоряжений.
- 49 Эксплуатационная документация. Журнал учета работ по нарядам и распоряжениям. Журнал заявок на вывод оборудования из работы. Журнал дефектов и неполадок с оборудованием.
- 50 Эксплуатационная документация. Температурный график центрального регулирования системы теплоснабжения. Пьезометрические графики. Режимная карта.
- 51 Эксплуатационная документация. График ограничений и отключений. Журнал учета проведения противоаварийных и противопожарных тренировок. Журнал учета состояния КИПиА.
- 52 Правила эксплуатации тепловых сетей. Виды документации, подлежащей постоянному хранению. Необходимые обозначения.
- 53 Правила эксплуатации тепловых сетей. Испытания, проводимые по завершению строительства.
- 54 Правила эксплуатации тепловых сетей. Подключение и пуск тепловых сетей.
- 55 Текущая эксплуатация тепловых сетей. Наблюдение. Обход. Требования к утечке теплоносителя.
- 56 Текущая эксплуатация тепловых сетей. Требования к давлению и температуре в подающей и обратной магистралях.

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Зачет с оценкой и экзамен проводятся по билетам, каждый из которых содержит 2 вопроса и задачу. Каждый правильный ответ на вопрос оценивается 1 баллом, задача оценивается в 3 балла (3 балла верное решение и 1 балл за каждый верный ответ). Максимальное количество набранных баллов 5.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент не решил задачу.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент решил задачу и не ответил на вопросы.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент решил задачу и ответил на один вопрос.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент решил задачу и ответил на два вопроса.

### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Введение	ПК-1, ПК-3	Тест
2	Общие вопросы проектирования	ПК-1, ПК-3	Тест, решение задач, зачет с оценкой
3	Проектирование элементов энергетических установок	ПК-1, ПК-3	Тест, решение задач, курсовой проект, зачет с оценкой
4	Надежность энергетических установок	ПК-1, ПК-3	Тест, решение задач, курсовой проект, экзамен
5	Особенности эксплуатации теплоэнергетических установок	ПК-1, ПК-3	Тест, решение задач, курсовой проект, экзамен

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1 Кожухов Н.Н. Проектирование элементов теплоэнергетических установок / Н.Н. Кожухов, И.Г. Дроздов. ФГБОУ ВПО «ВГТУ», 2014. – 314 с.

2 Правила технической эксплуатации тепловых энергоустановок : пособие. - Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2009. - 192 с. - ISBN 978-5-379-01227-4.

URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57212>.

3 Правила технической эксплуатации систем и сооружений коммунального водоснабжения и канализации МДК 3-02.2001. - Новосибирск : Сибирское университетское издательство, 2007. - 128 с. - ISBN 978-5-379-00348-7. URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=57353>

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

8.2.1 Программное обеспечение

- Windows Professional 8.1 (7 и 8) Single Upgrade MVL A Each Academic;
- OpenOffice;
- Adobe Acrobat Reader
- Internet explorer;
- SMath Studio;
- КОМПАС LT;
- ПАССАТ.

8.2.2 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

- Российское образование. Федеральный портал. <http://www.edu.ru/>
- Образовательный портал ВГТУ <https://education.cchgeu.ru/>

8.2.3 Информационные справочные системы

- <http://window.edu.ru>
- <https://wiki.cchgeu.ru/>

8.2.4 Современные профессиональные базы данных

– Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru>

– Единая система конструкторской документации. URL: [https://standartgost.ru/0/2871-edinaya\\_sistema\\_konstruktorskoy\\_dokumentatsii](https://standartgost.ru/0/2871-edinaya_sistema_konstruktorskoy_dokumentatsii)

– Национальная электронная библиотека. URL: [elibrary.ru](http://elibrary.ru)

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

1. Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой (ауд. 306/3).

2. Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения практических занятий (ауд. 312/3).

## 10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Проектирование и эксплуатация энергетических установок» читаются лекции, проводятся практические занятия, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков патентных исследований и расчета на прочность элементов теплообменных установок. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"><li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li><li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li><li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li><li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li><li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li></ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом с оценкой, экзаменом, зачетом с оценкой, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
----------	-----------------------------	----------------------------	--