



КГУ

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Директор

института теплоэнергетики

\_\_\_\_\_ С.О. Гапоненко

«27» февраля 2024 г.

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

*Б1.В.ДЭ.01.02.02 Расчет тепломассопереноса в элементах теплотехнического  
оборудования*

*(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)*

Направление подготовки

16.03.01 Техническая физика  
*(Код и наименование направления подготовки)*

Направленность(и)  
(профиль(и))

Теплофизика  
*(Наименование направленности (профиля) образовательной программы)*

Квалификация

\_\_\_\_\_ Бакалавр

*(Бакалавр / Магистр)*

г. Казань, 2024

Программу разработал:

Наименование кафедры	Должность, уч. степень, уч. звание	ФИО разработчика
Автоматизация технологических процессов и производств	доцент, д.т.н., доцент	Шинкевич Татьяна Олеговна

Согласование	Наименование подразделения	Дата	№ протокола	Подпись
Одобрена	Автоматизация технологических процессов и производств	19.02.2024	11	_____ Зав. каф. АТПП, д.т.н., доцент Дмитриев А.В.
Согласована	Автоматизация технологических процессов и производств	19.02.2024	11	_____ Зав. каф. АТПП, д.т.н., доцент Дмитриев А.В.
Согласована	Учебно-методический совет института Теплоэнергетики	27.02.2024	5	_____ Директор ИТЭ, к.т.н., доцент Гапоненко С.О.
Одобрена	Ученый совет института	27.02.2024	6	_____ Директор ИТЭ, к.т.н., доцент Гапоненко С.О.

## 1. Цель, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины «Расчет тепломассопереноса в элементах теплотехнического оборудования» является изучение конструкций, методов расчета и проектирования теплообменных аппаратов на основе тепловых труб и тепломассообменного оборудования тепловых электрических станций (ТЭС) и газотурбинных установок (ГТУ).

Задачами дисциплины являются:

- овладеть основными методами расчета и проектирования теплообменных аппаратов;
- изучить основные конструкции перспективных теплообменных аппаратов и тепломассообменного оборудования;
- овладеть основами математического и экспериментального моделирования: математическое моделирование процессов в теплообменном оборудовании; теория и техника теплофизического эксперимента; систем автоматизации теплофизического эксперимента.

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-2 Способность анализировать и систематизировать результаты исследований, готовить и представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций	ПК-2.1 Применяет средства компьютерной графики и визуализации результатов научно-исследовательской деятельности
	ПК-2.2 Использует в профессиональной деятельности современные офисные информационные технологии для оформления отчетов и презентаций
	ПК-2.3 Анализирует и обрабатывает полученные экспериментальные результаты, составляет описания выполненных работ и разрабатываемых проектов с использованием цифровых и дистанционных технологий
	ПК-2.4 Готовит данные для составления отчетов, написания докладов, статей и другой научно-технической документации

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Предшествующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. Физика, Химия, Высшая математика.

Последующие дисциплины (модули), практики, НИР, др. учебная, производственная и преддипломная практики.

## 3. Структура и содержание дисциплины

### 3.1. Структура дисциплины

Для очной формы обучения

Вид учебной работы	Всего ЗЕ	Всего часов	Семестр(ы)		
			7		
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	2	108	108		
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	56	56		
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	1,1	40	40		
Лекции	0,4	16	16		
Практические (семинарские) занятия	0,7	24	24		
Лабораторные работы	-	-	-		
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	1,9	68	68		
Проработка учебного материала	0,9	32	32		
Курсовой проект	0	0	0		
Курсовая работа	0	0	0		
Подготовка к промежуточной аттестации	1	0	36		
Промежуточная аттестация:			Э		
			-		

**3.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и видам занятий**

Разделы дисциплины	Всего часов	Распределение трудоемкости по видам учебной работы				Формы и вид контроля	Индексы индикаторов формируемых компетенций
		лекции	лаб. раб.	пр. зан.	сам. раб.		
Раздел 1 Основные виды и направления развития теплотехники.	6	4			2		ПК-2.1, 3,У,В ПК-2.2 У, ПК-2.3 В, ПК-2.4 У
Раздел 2 Расчет теплотехнического оборудования.	26	6		10	10		ПК-2.1, 3,У,В ПК-2.2 У, ПК-2.3 В, ПК-2.4 У
Раздел 3 Оборудование с кипящим слоем	16	2		6	8		ПК-2.1, 3,У,В ПК-2.2 У, ПК-2.3 В, ПК-2.4 У
Раздел 4 Теплообменники АЭС	14	2		4	8		ПК-2.1, 3,У,В ПК-2.2 У, ПК-2.3 В, ПК-2.4 У
Раздел 5	10	2		4	4		ПК-2.1, 3,У,В ПК-2.2 У,

Теплообменники на тепловых трубах							ПК-2.3 В, ПК-2.4 У
Экзамен	36				36	<b>ОМ</b>	ПК-2.1, 3,У,В ПК-2.2 У, ПК-2.3 В, ПК-2.4 У
<b>Итого за 7 семестр</b>	<b>108</b>	<b>16</b>		<b>24</b>	<b>68</b>		
<b>ИТОГО</b>	<b>108</b>	<b>16</b>		<b>24</b>	<b>68</b>		

### 3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Основные виды и направления развития теплотехники.

Тема 1.1. Виды теплотехнического и теплоэнергетического оборудования.

Тема 1.2. Тенденции развития современной теплотехники.

Раздел 2. Расчет теплотехнического оборудования.

Тема 2.1. Тепловой (теплотехнический) расчет.

Тема 2.2. Гидравлический и механический расчеты.

Тема 2.3. Примеры расчетов для различных видов оборудования

Раздел 3. Оборудование с кипящим слоем

Раздел 4. Теплообменники АЭС

Раздел 5. Теплообменники на тепловых трубах

### 3.4. Тематический план семинарских/практических занятий

1. Методика теплотехнического расчета кожухотрубчатого аппарата
2. Выбор кожухотрубчатого теплообменного аппарата
3. Расчет поверхности тепло- и массообмена сушильной камеры
4. Расчет теплообменного оборудования АЭС
5. Расчет тепловых труб

### 3.5. Тематический план лабораторных работ

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

### 3.6. Курсовой проект /курсовая работа

Данный вид работы не предусмотрен учебным планом

## 4. Оценивание результатов обучения

Оценивание результатов обучения по дисциплине осуществляется в рамках текущего контроля и промежуточной аттестации, проводимых по балльно-рейтинговой системе (БРС).

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий

	ции	дисциплине	от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54	
			Шкала оценивания				
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно	
ПК-2	ПК-2.1	знать:					
		средства компьютерной графики и визуализации результатов научно-исследовательской деятельности	Знает основные средства компьютерной графики и визуализации результатов научно-исследовательской деятельности и без ошибок	Знает основные средства компьютерной графики и визуализации результатов научно-исследовательской деятельности, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	плохо Знает основные средства компьютерной графики и визуализации результатов научно-исследовательской деятельности	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки.	
		уметь:					
		выбирать законы и закономерности для расчета и анализа процессов в теплоэнергетических установках, методы оценки тепловой эффективности ТЭУ, выбрать законы и физико-математические модели для расчета и анализа процессов теплообмена в теплотехнологических установках	Умеет выбирать законы и закономерности для расчета и анализа процессов в теплоэнергетических установках, методы оценки тепловой эффективности ТЭУ, выбирать законы и физико-математические модели для расчета и анализа процессов	В целом Умеет выбирать законы и закономерности для расчета и анализа процессов в теплоэнергетических установках, методы оценки тепловой эффективности ТЭУ, выбирать законы и физико-математические модели	в целом демонстрирует умение выбирать законы и закономерности для расчета и анализа процессов в теплоэнергетических установках, методы оценки тепловой эффективности ТЭУ, выбрать	Не демонстрирует навыки поиска и изучения научной информации в избранной области технической физики, допускает грубые ошибки	

			тепломассообмена в теплотехнологическим установках, не допускает ошибок	для расчета и анализа процессов теплообмена в теплотехнологическим установках, допускает при этом ряд небольших ошибок	законы и физико-математические модели для расчета и анализа процессов теплообмена в теплотехнологическим установках. Задания выполнены не в полном объеме.	
	владеть:					
	навыками применения физико-математических моделей, уравнений и справочных баз данных для расчета и анализа процессов теплообмена в теплоэнергетических и теплотехнологических установках.	продемонстрированы навыки применения физико-математических моделей, уравнений и справочных баз данных для расчета и анализа процессов теплообмена в теплоэнергетических и теплотехнологических установках., без ошибок и недочетов	продемонстрированы базовые навыки применения физико-математических моделей, уравнений и справочных баз данных для расчета и анализа процессов теплообмена в теплоэнергетических и теплотехнологических установках, допущен ряд мелких ошибок	имеется минимальный набор навыков для выполнения стандартных задач, много ошибок	не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки	
	ПК -2.2					

		уметь:				
		Использовать в профессиональной деятельности современные офисные информационные технологии для оформления отчетов и презентаций	Демонстрирует умение использовать в профессиональной деятельности и современные офисные информационные технологии для оформления отчетов и презентаций без ошибок	Демонстрирует умение использовать в профессиональной деятельности современные офисные информационные технологии и для оформления отчетов и презентаций, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	В целом демонстрирует умение использовать в профессиональной деятельности современные офисные информационные технологии и для оформления отчетов и презентаций. Задания выполнены не в полном объеме.	При демонстрации умения использовать в профессиональной деятельности современные офисные информационные технологии для оформления отчетов и презентаций допускает грубые ошибки
		Владеть:				
	ПК-2.3	Навыками анализа и обработки полученных экспериментальных результатов, составления описания выполненных работ и разработки проектов с использованием цифровых и дистанционных технологий	Продемонстрированы навыки анализа и обработки полученных экспериментальных результатов, составления описания выполненных работ и разработки проектов с использованием цифровых и дистанционных технологий без ошибок	Умеет применять анализ и обработку полученных экспериментальных результатов, составления описания выполненных работ и разработку проектов с использованием цифровых и дистанционных	в целом демонстрирует умение применять анализ и обработку полученных экспериментальных результатов, составления описания выполненных работ и разработку	Не демонстрирует умение применять анализ и обработку полученных экспериментальных результатов, составления описания выполненных работ и

				технологий, может допустить несколько негрубых ошибок	проектов с использованием цифровых и дистанционных технологий. Задания выполнены не в полном объеме.	разработку проектов с использованием цифровых и дистанционных технологий
	ПК – 2.4	Уметь:				
		Готовит данные для составления отчетов, написания докладов, статей и другой научно-технической документации	Умеет Готовить данные для составления отчетов, написания докладов, статей и другой научно-технической документации и без ошибок	Умеет Готовить данные для составления отчетов, написания докладов, статей и другой научно-технической документации допустить несколько негрубых ошибок	в целом демонстрирует умение подготовить данные для составления отчетов, написания докладов, статей и другой научно-технической документации. Задания выполнены не в полном объеме.	Не демонстрирует умение подготовить данные для составления отчетов, написания докладов, статей и другой научно-технической документации

Оценочные материалы для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации приведены в Приложении к рабочей программе дисциплины.

Полный комплект заданий и материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине, хранится на кафедре разработчика.

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1. Учебно-методическое обеспечение**

#### 5.1.1. Основная литература

1. Волкова, В. Н. Системный анализ информационных комплексов : учебное пособие / В. Н. Волкова. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 336 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/143131>. - ISBN 978-5-8114-5601-7. - Текст : электронный.

2. Аверьянов, Г. П. Современная информатика : учебное пособие / Г. П. Аверьянов, В. В. Дмитриева. — Москва : НИЯУ МИФИ, 2011. — 436 с. — ISBN 978-5-7262-1421-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/75804>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Общая энергетика: учебное пособие / В.В. Шапошников, Е.В. Кочарян, Н.Г. Андрейко [и др.]. — Краснодар: КубГТУ, 2020. — 287 с. — ISBN 978-5-8333 0955-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/167042>

4. Крамер, Д. Математическая обработка данных в социальных науках: современные методы: учебное пособие для вузов / Д. Крамер ; пер. с англ. И. В. Тимофеева, Я. И. Киселевой; науч. ред. О. В. Митина. - Москва : Академия, 2007. - 288 с. - ISBN 978-5-7695-2878-1. - Текст : непосредственный

#### 5.1.2. Дополнительная литература

1. Тепломассообмен: учебник : в 2 томах / А. П. Солодов, Д. В. Сиденков, В. И. Величко ; под общ. ред. А. П. Солодова. - Москва: Издательство МЭИ, 2021. - Т. 1. - 2021. - 482 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/362531>. - ISBN 978-5-7046-2460-8. - Текст: электронный.

2. Теория и прикладные задачи тепломассопереноса: учебное пособие / Н. М. Цирельман. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург: Лань, 2019. - 501 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/119624>. - ISBN 978-5-8114-3621-7. - Текст: электронный.

### **5.2. Информационное обеспечение**

#### 5.2.1. Электронные и интернет-ресурсы

<https://lms.kgeu.ru/course/view.php?id=2592>

#### 5.2.2. Профессиональные базы данных / Информационно-справочные системы

1. Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

2. Справочно-правовая система КонсультантПлюс – <http://www.consultant.ru/>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – <https://elibrary.ru>
4. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>
5. Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
6. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>
7. Электронная библиотека Grebennikon - <http://www.lib.tsu.ru/ru/news/elektronnayabiblioteka-grebennikon-0>

5.2.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение дисциплины

1. Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player;
2. Google Chrome; Mozilla Firefox ESR;
3. Microsoft Office 2007 Standard Russian Academic;
4. Microsoft Office 2013 Standard Russian Academic.

## 6. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Семинарские/Практические занятия	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран) и др.
Самостоятельная работа	Компьютерный класс с выходом в Интернет В-600а	Специализированная учебная мебель на 30 посадочных мест, 30 компьютеров, технические средства обучения (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), видеокамеры, программное обеспечение
	Читальный зал библиотеки	Специализированная мебель, компьютерная техника с возможностью выхода в Интернет и обеспечением доступа в ЭИОС, экран, мультимедийный проектор, программное обеспечение

## 7. Особенности организации образовательной деятельности для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Лица с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалиды имеют возможность беспрепятственно перемещаться из одного учебно-лабораторного корпуса в другой, подняться на все этажи учебно-лабораторных корпусов, заниматься в учебных и иных помещениях с учетом особенностей психофизического развития и состояния здоровья.

Для обучения лиц с ОВЗ и инвалидов, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, обеспечены условия беспрепятственного доступа во все учебные помещения. Информация о специальных условиях, созданных для обучающихся с ОВЗ и инвалидов, размещена на сайте университета [www//kgeu.ru](http://www//kgeu.ru). Имеется возможность оказания технической помощи ассистентом, а также услуг сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушенным слухом справочного, учебного материала по дисциплине обеспечиваются следующие условия:

- для лучшей ориентации в аудитории, применяются сигналы оповещения о начале и конце занятия (слово «звонок» пишется на доске);
- внимание слабослышащего обучающегося привлекается педагогом жестом (на плечо кладется рука, осуществляется нерезкое похлопывание);
- разговаривая с обучающимся, педагогический работник смотрит на него, говорит ясно, короткими предложениями, обеспечивая возможность чтения по губам.

Компенсация затруднений речевого и интеллектуального развития слабослышащих обучающихся проводится путем:

- использования схем, диаграмм, рисунков, компьютерных презентаций с гиперссылками, комментирующими отдельные компоненты изображения;
- регулярного применения упражнений на графическое выделение существенных признаков предметов и явлений;
- обеспечения возможности для обучающегося получить адресную консультацию по электронной почте по мере необходимости.

Для адаптации к восприятию лицами с ОВЗ и инвалидами с нарушениями зрения справочного, учебного, просветительского материала, предусмотренного образовательной программой по выбранному направлению подготовки, обеспечиваются следующие условия:

- ведется адаптация официального сайта в сети Интернет с учетом особых потребностей инвалидов по зрению, обеспечивается наличие крупношрифтовой справочной информации о расписании учебных занятий;
- педагогический работник, его собеседник (при необходимости), присутствующие на занятии, представляются обучающимся, при этом каждый раз называется тот, к кому педагогический работник обращается;
- действия, жесты, перемещения педагогического работника коротко и ясно комментируются;
- печатная информация предоставляется крупным шрифтом (от 18 пунктов), тотально озвучивается;
- обеспечивается необходимый уровень освещенности помещений;
- предоставляется возможность использовать компьютеры во время занятий и право записи объяснений на диктофон (по желанию обучающихся).

Форма проведения текущей и промежуточной аттестации для обучающихся с ОВЗ и инвалидов определяется педагогическим работником в соответствии с учебным планом. При необходимости обучающемуся с ОВЗ, инвалиду с учетом их индивидуальных психофизических особенностей дается

возможность пройти промежуточную аттестацию устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и т.п., либо предоставляется дополнительное время для подготовки ответа.

## **8. Методические рекомендации для преподавателей по организации воспитательной работы с обучающимися.**

Методическое обеспечение процесса воспитания обучающихся выступает одним из определяющих факторов высокого качества образования. Преподаватель вуза, демонстрируя высокий профессионализм, эрудицию, четкую гражданскую позицию, самодисциплину, творческий подход в решении профессиональных задач, в ходе образовательного процесса способствует формированию гармоничной личности.

При реализации дисциплины преподаватель может использовать следующие методы воспитательной работы:

- методы формирования сознания личности (беседа, диспут, внушение, инструктаж, контроль, объяснение, пример, самоконтроль, рассказ, совет, убеждение и др.);

- методы организации деятельности и формирования опыта поведения (задание, общественное мнение, педагогическое требование, поручение, приучение, создание воспитывающих ситуаций, тренинг, упражнение, и др.);

- методы мотивации деятельности и поведения (одобрение, поощрение социальной активности, порицание, создание ситуаций успеха, создание ситуаций для эмоционально-нравственных переживаний, соревнование и др.)

При реализации дисциплины преподаватель должен учитывать следующие направления воспитательной деятельности:

### *Гражданское и патриотическое воспитание:*

- формирование у обучающихся целостного мировоззрения, российской идентичности, уважения к своей семье, обществу, государству, принятым в семье и обществе духовно-нравственным и социокультурным ценностям, к национальному, культурному и историческому наследию, формирование стремления к его сохранению и развитию;

- формирование у обучающихся активной гражданской позиции, основанной на традиционных культурных, духовных и нравственных ценностях российского общества, для повышения способности ответственно реализовывать свои конституционные права и обязанности;

- развитие правовой и политической культуры обучающихся, расширение конструктивного участия в принятии решений, затрагивающих их права и интересы, в том числе в различных формах самоорганизации, самоуправления, общественно-значимой деятельности;

- формирование мотивов, нравственных и смысловых установок личности, позволяющих противостоять экстремизму, ксенофобии, дискриминации по социальным, религиозным, расовым, национальным признакам, межэтнической и межконфессиональной нетерпимости, другим негативным социальным явлениям.

*Духовно-нравственное воспитание:*

- воспитание чувства достоинства, чести и честности, совестливости, уважения к родителям, учителям, людям старшего поколения;

- формирование принципов коллективизма и солидарности, духа милосердия и сострадания, привычки заботиться о людях, находящихся в трудной жизненной ситуации;

- формирование солидарности и чувства социальной ответственности по отношению к людям с ограниченными возможностями здоровья, преодоление психологических барьеров по отношению к людям с ограниченными возможностями;

- формирование эмоционально насыщенного и духовно возвышенного отношения к миру, способности и умения передавать другим свой эстетический опыт.

*Культурно-просветительское воспитание:*

- формирование эстетической картины мира;

- формирование уважения к культурным ценностям родного города, края, страны;

- повышение познавательной активности обучающихся.

*Научно-образовательное воспитание:*

- формирование у обучающихся научного мировоззрения;

- формирование умения получать знания;

- формирование навыков анализа и синтеза информации, в том числе в профессиональной области.

**Вносимые изменения и утверждения на новый учебный год**

№ п/п	№ раздела внесения изменений	Дата внесения изменений	Содержание изменений	«Согласовано» Зав. каф. реализующей дисциплину	«Согласовано» председатель УМК института (факультета), в состав которого входит выпускающая
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

*Приложение к рабочей  
программе дисциплины*



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КГУ»)**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
по дисциплине**

*Б1.В.ДЭ.01.02.02 Расчет теплопереноса в элементах теплотехнического  
оборудования*

---

*( Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)*

г. Казань, 2024



Оценка «отлично» выставляется за выполнение расчетных работ в семестре; тестовых заданий; глубокое понимание процессов, протекающих в теплообменниках, полные и содержательные ответы на вопросы билета (теоретическое и практическое задание);

Оценка «хорошо» выставляется за выполнение расчетных работ в семестре; тестовых заданий; понимание процессов, протекающих в теплообменниках, ответы на вопросы билета (теоретическое или практическое задание);

Оценка «удовлетворительно» выставляется за выполнение расчетных работ в семестре и тестовых заданий;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется за слабое и неполное выполнение расчетных работ в семестре и тестовых заданий.

## 2. Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации

Шкала оценки результатов обучения по дисциплине:

Код компетенции	Код индикатора компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Уровень сформированности индикатора компетенции			
			Высокий	Средний	Ниже среднего	Низкий
			от 85 до 100	от 70 до 84	от 55 до 69	от 0 до 54
			Шкала оценивания			
			отлично	хорошо	удовлетворительно	неудовлетворительно
ПК-2	ПК-2.1	знать:				
		средства компьютерной графики и визуализации результатов научной исследовательской деятельности	Знает основные средства компьютерной графики и визуализации результатов научной исследовательской деятельности и без ошибок	Знает основные средства компьютерной графики и визуализации результатов научной исследовательской деятельности, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	плохо Знает основные средства компьютерной графики и визуализации результатов научной исследовательской деятельности	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки.
		уметь:				
		выбирать законы	Умеет	В целом	в целом	Не

		<p>и закономерности для расчета и анализа процессов в теплоэнергетических установках, методы оценки тепловой эффективности ТЭУ, выбрать законы и физико-математические модели для расчета и анализа процессов тепломассообмена в теплотехнологическим установках</p>	<p>выбирать законы и закономерности для расчета и анализа процессов в теплоэнергетических установках, методы оценки тепловой эффективности ТЭУ, выбрать законы и физико-математические модели для расчета и анализа процессов тепломассообмена в теплотехнологическим установках, не допускает ошибок</p>	<p>Умеет выбирать законы и закономерности для расчета и анализа процессов в теплоэнергетических установках, методы оценки тепловой эффективности ТЭУ, выбрать законы и физико-математические модели для расчета и анализа процессов тепломассообмена в теплотехнологическим установках, допускает при этом ряд небольших ошибок</p>	<p>демонстрирует умение выбирать законы и закономерности для расчета и анализа процессов в теплоэнергетических установках, методы оценки тепловой эффективности ТЭУ, выбрать законы и физико-математические модели для расчета и анализа процессов тепломассообмена в теплотехнологическим установках Задания выполнены не в полном объеме.</p>	<p>демонстрирует навыки поиска и изучения научно-технической информации в избранной области технической физики, допускает грубые ошибки</p>
		<p>владеть:</p>				
		<p>навыками применения физико-математических моделей, уравнений и справочных баз данных для</p>	<p>продемонстрированы навыки применения физико-математических моделей, уравнений и</p>	<p>продемонстрированы базовые навыки применения физико-математических</p>	<p>имеется минимальный набор навыков для выполнения</p>	<p>не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые</p>



		Владеть:				
	ПК-2.3	<p>Навыками анализа и обработки полученных экспериментальных результатов, составления описания выполненных работ и разработки проектов с использованием цифровых и дистанционных технологий</p>	<p>Продемонстрированы навыки анализа и обработки полученных экспериментальных результатов, составления описания выполненных работ и разработки проектов с использованием цифровых и дистанционных технологий без ошибок</p>	<p>Умеет применять анализ и обработку полученных экспериментальных результатов, составление описания выполненных работ и разработку проектов с использованием цифровых и дистанционных технологий, может допустить несколько негрубых ошибок</p>	<p>в целом демонстрирует умение применять анализ и обработку полученных экспериментальных результатов, составление описания выполненных работ и разработку проектов с использованием цифровых и дистанционных технологий. Задания выполнены не в полном объеме.</p>	<p>Не демонстрирует умение применять анализ и обработку полученных экспериментальных результатов, составление описания выполненных работ и разработку проектов с использованием цифровых и дистанционных технологий</p>
		Уметь:				
	ПК -2.4	<p>Готовит данные для составления отчетов, написания докладов, статей и другой научно-технической документации</p>	<p>Умеет Готовить данные для составления отчетов, написания докладов, статей и другой научно-технической документации без</p>	<p>Умеет Готовить данные для составления отчетов, написания докладов, статей и другой научно-технической</p>	<p>в целом демонстрирует умение подготовить данные для составления отчетов, написания докладов,</p>	<p>Не демонстрирует умение подготовить данные для составления отчетов, написания</p>

			ошибок	документации допустить несколько негрубых ошибок	статей и другой научно-технической документации Задания выполнены не в полном объеме.	докладов, статей и другой научно-технической документации
--	--	--	--------	--	---	---

### 3. Перечень оценочных средств

Краткая характеристика оценочных средств, используемых при текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося по дисциплине:

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Описание оценочного средства
Практическое задание (ПЗ)	Средство оценки умения применять полученные теоретические знания в практической ситуации. Задание направлено на оценивание компетенций по дисциплине, содержит четкую инструкцию по выполнению или алгоритм действий	Комплект задач и заданий
Реферат (Рфр)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы	Темы рефератов

### 4. Перечень контрольных заданий или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

**Для текущего контроля ТК1:**

Проверяемая компетенция: ПК-2.1. ПК-2.2. ПК-2.3 ПК-2.4

#### **Практическое задание к разделу 1,2.**

Цель занятий – овладеть методикой расчета кожухотрубчатого теплообменного аппарата и научиться выбирать его из числа нормализованных.

Задание состоит из трех задач разной сложности (высокого, продвинутого и базового).

Перечень примерных заданий

Задача для базового уровня: Выполнить тепловой расчет и определить основные размеры вертикального четырехходового пароводяного трубчатого теплообменника (регенеративного подогревателя), предназначенного для нагрева  $G_1 = 8,34$  кг/с воды от температуры  $t'_1 = 200$  С до температуры  $t''_1 = 950$  С. Вода движется внутри латунных трубок ( $\lambda = 104,5$  Вт/м·К) диаметром  $d_2/d_1 = 14/12$  мм со скоростью  $w = 1,5$  м/с. Греющим теплоносителем служит насыщенный водяной пар с давлением  $p = 12,75$  Н/см<sup>2</sup>, который конденсируется на внешней поверхности трубок. При расчете тепловые потери в окружающую среду принять равными 2 % количества подводимого тепла.

Задача для продвинутого уровня: Определить поверхность нагрева и число секций водоводяного теплообменника типа “труба в трубе”. Греющая вода движется по внутренней стальной трубе (коэффициент теплопроводности стали ст  $\lambda = 46,5$  Вт/ м<sup>2</sup> К диаметром  $d_2/d_1 = 35/32$  мм и имеет температуру на входе  $t'_1 = 95^\circ\text{C}$ . Расход греющей воды  $G_1 = 0,6$  кг/с. Нагреваемая вода движется противотоком по кольцевому каналу между трубами и нагревается от температуры  $t'_2 = 10^\circ\text{C}$  до  $t''_2 = 30^\circ\text{C}$ . Внутренний диаметр внешней трубы  $D = 100$  мм. Расход нагреваемой воды  $G_2 = 0,88$  кг/с. Длина одной секции теплообменника  $l = 1,5$  м. Потерями тепла через внешнюю поверхность теплообменника пренебречь. Теплоемкость воды принять приблизительно  $\approx p_2$  с 4,19 кДж/кг град. Показать графически изменение температур теплоносителей вдоль поверхности теплообмена. Физические свойства воды находим по средним арифметическим значениям температур теплоносителей.

Задача для высокого уровня: Выполнить тепловой расчет подогревателя низкого давления ТЭС при следующих исходных данных: Параметры греющего пара:  $p_{\text{п}} = 0,0936$  МПА,  $t_{\text{п}} = 138^\circ\text{C}$ . Параметры нагреваемого конденсата:  $p_{\text{к}} = 2,35$  МПА, температура на входе в подогреватель  $t'_{\text{в}} = 550$  С, расход  $G_{\text{к}} = 151$  кг/с. Дополнительные данные: Недогрев до температуры насыщения:  $\nu = 2$  К. Коэффициент, учитывающий потери тепла в окружающую среду:  $\eta_{\text{то}} = 0,98$ . Принятый коэффициент теплопередачи в подогревателе:  $k = 2900$  Вт/м<sup>2</sup>К Критическое значение числа Рейнольдса:  $Re_{\text{кр}} = 100$  Теплопроводность металла труб:  $\lambda_{\text{м}} = 107$  Вт/м·К Вода движется внутри трубок диаметром  $d_2/d_1 = 16/14$  мм со скоростью  $w = 0,8$  м/с.

### **Вопросы к самостоятельной работе**

- 1) Теплообменники;
- 2) Классификация ТА.
- 3) Рекуперативные теплообменники (кожухотрубчатые теплообменники.)
- 4) Рекуперативные теплообменники других конструкций (труба в трубе змеевиковые, спиральные, оросительные).
- 5) Рекуперативные теплообменники других конструкций (пластинчатые специальные...)
- 6) Тепловой конструктивный расчет.

- 7) Средний температурный напор
- 8) Расчет коэффициента теплопередачи.
- 9) Определение коэффициента теплоотдачи  $\alpha$ .
- 10) Поверочный тепловой расчет.
- 11) Компонентный расчет.
- 12) Гидравлический расчет
- 13) Регенератный теплообменник
- 14) Смесительные теплообменные аппараты.
- 15) Методы расчета и проектирования ТА.
- 16) Теплоносители.
- 17) Показатели эффективности.
- 18) Тепловые трубы. Применение ТТ.
- 19) Принцип действия ТТ.

### Для текущего контроля ТК2:

#### Практическое задание к разделу 3,4.

Цель занятий – научиться производить расчет тепломассообменного оборудования с кипящим слоем и теплообменных аппаратов АЭС

Раздел 3. Задание состоит из трех задач разной сложности (высокого, продвинутого и базового). Перечень примерных заданий

Задача для базового уровня: Для конденсатора КП-540 с эжектором ЭО-30 КТЗ известны результаты испытаний: расход пара  $G_p=28,4$  т/ч, тепловая нагрузка  $Q_1=15,35$  МВт, температура воды  $t_1=14,6^\circ\text{C}$ , давление конденсации 3,7 кПа, расход воды  $G_w=1840$  м<sup>3</sup>/ч, нагрев воды  $\Delta t_w = 7,20^\circ\text{C}$ ., присос воздуха 2,5 кг/ч. Необходимо определить расчетные параметры конденсации и коэффициент теплопередачи  $k_p$ .

Задача для продвинутого уровня: Определить параметры конденсации при условии работы по предыдущей задачи (задача для базового уровня) и при расходе пара в конденсатор  $G_p=20,8$  т/ч.

Задача для высокого уровня: В трубчатом двухходовом воздухоподогревателе парового котла воздух в количестве  $G_2 = 21,5$  кг/с должен нагреваться от температуры  $t'_2 = 300$  С до температуры  $t''_2 = 260^0$  С. Определить необходимую поверхность нагрева, высоту труб в одном ходе  $l$  и количество труб, расположенных поперек и вдоль потока воздуха. Дымовые газы (13%  $\text{CO}_2$ , 11%  $\text{H}_2\text{O}$ ) в количестве  $G_1 = 19,6$  кг/с движутся внутри стальных труб ( $\lambda = 46,5$  Вт/м·К) диаметром  $d_2/d_1 = 53/50$  мм со скоростью  $w_1 = 14$  м/с. Температура на входе в воздухоподогреватель  $t'_1 = 380^0$  С. Воздух движется поперек трубного пучка со средней скоростью в узком сечении  $w_2 = 8$  м/с. Трубы расположены в шахматном порядке с шагами  $s_1 = s_2 = 1,3d_2$ .

Раздел 4. Задача для базового уровня:

Выполнить расчет маслоохладителя судового двигателя

кожухотрубчатого типа при следующих условиях (масло МК): 1. Температура масла входе -  $t_{1,} = 65$  °С 2. Температура масла на выходе -  $t_{1''} = 55$  °С 3. Температура воды на входе -  $t_{2,} = 30$  °С 4. Температура воды на выходе -  $t_{2''} = 40$  °С 5. Тепловая нагрузка  $Q = 210$  кВт 6. Размеры латунных трубок в пучке (внутренний и наружный диаметры) –  $d_{вн} / d_{н} = 14/16$  мм 7. Скорости движения теплоносителей задать 8. Потери в окружающую среду пренебречь

Задача для продвинутого уровня:

Провести тепловой расчет регенеративного подогревателя высокого давления № 8 блока К-500-240. Параметры греющего пара:  $p_{п} = 3,89$  МПа;  $t_{п} = 295$  °С; Энтальпия  $h_{п} = 2945$  кДж/кг; Давление пара в собственно подогревателе  $p'_{п} = 3,84$  МПа; Температура насыщения  $t_s = 248$  °С; Энтальпия конденсата пара за собственно подогревателем  $h_k = 1076$  кДж/кг; Энтальпия пара, поступающего в собственно подогреватель  $h'_{п} = 2802$  кДж/кг; Температура пара  $t'_{п} = 262,2$  °С; Параметры питательной воды: Давление  $p_b = 32$  МПа; Температура на входе в охладитель конденсата  $t_b = 195,6$  °С; Энтальпия воды на входе в охладитель конденсата  $h_b = 834,4$  кДж/кг; Температура конденсата на выходе из охладителя  $t_{др} = 210,1$  °С; Энтальпия  $h_{др} = 897,7$  кДж/кг; Энтальпия конденсата ПВД-9  $h_{др} = 1065,9$  кДж/кг; Расход конденсата  $G_{п} = 28,841$  кг/с.

Задача для высокого уровня: Выполнить проверочный расчет регенератора ГХМ на температурный уровень 75К. Провести расчет охладителя ГТУ. Заданные параметры установки: давление и температура рабочего тела на входе в компрессор  $p_a = 103,3$  КПа и  $T_a = 288$  К, отношение температур в цикле  $\theta = T_{г}/T_a = 4,25$  (температура газа перед турбиной принята равной 1225 К), относительные потери давления в камере сгорания  $\sigma_{кс} = 0,039$  и на выходе из турбины  $\sigma_{вых} = 0,02$ . Принимаем также КПД лопаточных машин: в компрессоре низкого давления  $\eta_{к1} = 0,85$ , в компрессоре высокого давления  $\eta_{к2} = 0,84$  и в турбине  $\eta_{т} = 0,87$ . Рабочее тело установки – воздух. Относительные потери по воздуху в охладителе примем 2 %, т. е.  $\epsilon_{ог} = 0,02$ .

### Перечень примерных тем рефератов

1. Факторы, влияющие на выбор конструкции теплообменников.
2. Классификация теплообменной аппаратуры.
3. Кожухотрубные теплообменные аппараты. Теплообменники типа ТН. Преимущества и недостатки этой конструкции. Теплообменники типа ТК. Теплообменники с U-образными трубками. Аппараты с плавающей головкой: тип П и ПК. Способы крепления крышек плавающих головок с подвижной трубной решеткой. Элементы кожухотрубных теплообменных аппаратов: корпуса, крышки, трубы, трубные решетки, продольные и поперечные перегородки. Расчет элементов кожухотрубных теплообменников на прочность.
4. Интенсификация процесса теплообмена в кожухотрубных теплообменниках.
5. Теплообменники спиральные и пластинчатые. Конструкции, область применения, достоинства и недостатки. Элементы конструкции.
6. Теплообменники других конструкций. Теплообменники воздушного охлаждения, их преимущества и особенности конструкции. Теплообменники

- типа «труба в трубе». Оросительные теплообменники. Погружные теплообменники. Блочные теплообменники
7. Поверхностные теплообменные аппараты.
  8. Контактные теплообменные аппараты.
  9. Теплообменные аппараты непрерывного действия.
  10. Теплообменные аппараты периодического действия.

### Для текущего контроля ТКЗ:

#### Практическое задание к разделу 5.

Цель работы - изучить расчет теплообменника на тепловых трубах

**Задача** Тепловая труба изготовлена из меди, теплоноситель – вода. Внешний диаметр трубы  $d_1$  м; внутренний  $d_2$  м (таб. 1.1);  $\delta_\phi = 1,5 \cdot 10^{-3}$  м – толщина фитиля. Фитиль выполнен из медной сетки с пористостью  $\varepsilon = 0,45$ ; радиус капиллярных пор  $R' = 13 \cdot 10^{-5}$  м; эффективная теплопроводность  $\lambda_\phi = 1,7$  Вт/(м·К); коэффициент проницаемости  $K = 1,6 \times 10^{-10}$  м<sup>2</sup>. Длина конденсатора  $L_k = 0,2$  м; транспортная зона отсутствует ( $L_T = 0$  м), длина испарителя  $L_u = 0,2$  м. Тепловая труба расположена горизонтально.

В зоне испарения соблюдаются граничные условия второго рода ( $Q = 120$  Вт). На внешней поверхности конденсатора граничные условия – третьего рода. Охлаждение трубы осуществляется потоком воздуха с температурой  $t_B = 20$  °С; коэффициент теплоотдачи от трубы к воздуху  $\alpha_B = 90$  Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Необходимо найти температуры поверхности испарителя и конденсатора, а также максимальный тепловой поток, ограниченный капиллярными силами.

Таб. 1.1 Числовые данные к задаче

№ п/п	$d_1$ мм	$d_2$ мм	№ п/п	$d_1$ мм	$d_2$ мм
1	21	18	11	29	26
2	22	19	12	28	25
3	23	20	13	27	24
4	24	21	14	26	22
5	25	22	15	25	22
6	26	24	16	24	21
7	27	25	17	24	22
8	28	25	18	23	20
9	29	27	19	22	20
10	30	28	20	21	19

### Перечень примерных тем рефератов

1. Тепловой экран.
2. Термосифоны.
3. Компоновочный расчет.

4. Капиллярные структуры тепловых труб.
5. Варианты, конструкционные схемы тепловых труб.
6. Фитильные (капиллярные) тепловые трубы
7. Инерционные тепловые трубы
8. Электрогидродинамические тепловые трубы
- 9 Наиболее перспективные ТТ в ЖКХ и промышленности
10. Области применения тепловых труб.

### **Вопросы для промежуточной аттестации**

- 1) Теплообменники;
- 3) Рекуперативные теплообменники (кожухотрубчатые теплообменники.)
- 4) Рекуперативные теплообменники других конструкций (труба в трубе змеевиковые, спиральные, оросительные).
- 5) Рекуперативные теплообменники других конструкций (пластинчатые специальные...)
- 6) Тепловой конструктивный расчет.
- 7) Средний температурный напор
- 8) Расчет коэффициента теплопередачи.
- 9) Определение коэффициента теплоотдачи  $\alpha$ .
- 11) Компонентный расчет.
- 12) Гидравлический расчет
- 13) Регенеративный теплообменник
- 14) Смесительные теплообменные аппараты.
- 15) Теплоносители.
- 16) Классификация расчетов ТА
- 17) Показатели эффективности ТА.
- 18) Тепловые трубы. Применение ТТ.