



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

УТВЕРЖДАЮ

Директор

института теплоэнергетики

_____ С.О. Гапоненко

«27» февраля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В. ДЭ.01.01.03 Теплообмен в элементах тепло-технического 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 «Тепломассоперенос в элементах тепло-технического оборудования» является подготовка студентов, знающих конструкции и особенности работы основных типов тепломассообменного оборудования, а также выработка у них практических навыков расчета и выбора тепломассообменного оборудования.

Задачами дисциплины являются:

- ознакомление с тепломассообменными аппаратами и установками;
- ознакомление с физико-химическими процессами, происходящими в аппаратах и установках, с методами оптимизации этих процессов, позволяющими уменьшить расход теплоты, необходимый для их протекания;
- ознакомление с вопросами рационального выбора и проектирования

Компетенции и индикаторы, формируемые у обучающихся:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора
ПК-3 Способность выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик материалов, приборов, схем и устройств физической электроники различного функционального назначения	ПК-3.1 Применяет физико-математический аппарат, необходимый для осуществления профессиональной деятельности
	ПК-3.2 Обладает первичными навыками применения экспериментальных и теоретических методов исследований и компьютерного моделирования для решения профессиональных задач
	ПК-3.3 Использует современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии для решения конкретных задач технической физики
	ПК-3.4 Знает экспериментальные методы исследования и технические возможности аппаратуры, используемой для решения конкретных задач технической физики

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)		
			8		
ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ	3	108	108		
КОНТАКТНАЯ РАБОТА*	-	45	45		
АУДИТОРНАЯ РАБОТА	0,8	28	28		
Лекции	0,5	18	18		
Практические (семинарские) занятия	0,1	10	10		
Лабораторные работы	-	-	-		
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ	2,2	80	80		
Проработка учебного материала	1,2	44	44		
Курсовой проект	0	0	0		
Курсовая работа	0	0	0		
Подготовка к промежуточной аттестации	1	36	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	18	6		2	10	ТК1	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3 З,У,В ПК-3.4 З
Раздел 2	27	6		4	17	ТК2	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3 З,У,В ПК-3.4 З
Раздел 3	27	6		4	17	ТК3	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3 З,У,В
Экзамен	36				36	ОМ 1	ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3 З,У,В ПК-3.4 З
Итого за 8 семестр	108	18		10	80		
ИТОГО	108	18		10	80		

3.3. Содержание дисциплины

Раздел 1. Основные виды и классификация теплообменного оборудования.

Тема 1.1. Рекуперативные теплообменники. Основные конструкции: кожухотрубные, секционные, с оребренными трубами, пластинчатые.

Тема 1.2. Регенеративные теплообменники. Область применения, преимущества и недостатки. Конструкции и принцип действия

теплообменников с подвижной и неподвижной насадками

Тема 1.3. Смесительные теплообменники Области применения и конструкции. Газожидкостные и жидкостножидкостные теплообменники. Полые, насадочные, пенные скрубберы, скрубберы Вентуры. Испарители и конденсаторы смесительного типа. Оросительные камеры кондиционеров. Градирни. Деаэраторы. Расчет смесительных теплообменников.

Раздел 2. Испарительные, опреснительные выпарные и кристаллизационные установки.

Тема 2.1. Принцип действия, основные конструкции аппаратов. Тепловые схемы и установки.

Тема 2.2. Физикохимические и термодинамические основы процессов выпаривания и кристаллизации.

Тема 2.3. Свойства растворов. Основы теплового расчета.

Раздел 3. Абсорбционные и адсорбционные установки.

Тема 3.1. Физическая сущность процессов абсорбции и адсорбции. Изотерма абсорбции

Тема 3.2. Принципиальные схемы установок. Материальный и тепловой баланс абсорбера.

Тема 3.3. Теплоносители, их свойства и характеристики

3.4. Тематический план практических занятий

1. Расчет теплообменников с фазовыми переходами.
2. Расчет регенеративного теплообменника.
3. Расчет смесительных теплообменников.
4. Основы теплового расчета испарителя.
5. Материальный и тепловой баланс абсорбера.

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 компе-	Код индикатора	Заплани- рованные	Уровень сформированности индикатора компетенции
------------	----------------	-------------------	---

тенции	компетенции	результаты обучения по дисциплине	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-3	ПК-3.1	знать:				
		основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения теплопроводности, теплообмена и теплопередачи жидкостей и газов, а также законы массопереноса	основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения теплопроводности, теплообмена и теплопередачи жидкостей и газов, а также законы массопереноса без ошибок	основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения теплопроводности, теплообмена и теплопередачи жидкостей и газов, а также законы массопереноса, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	плохо знает основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения теплопроводности, теплообмена и теплопередачи жидкостей и газов, а также законы массопереноса без ошибок	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки.
		уметь:				
		рассчитывать теплопроводность, теплоотдачу и теплопередачу при внешнем обтекании тел, течения в каналах (трубах), проточных частях теплообменников; проводить	гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании тел и течения в каналах (трубах), проточных	рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании тел и течения в каналах	в целом демонстрирует умение рассчитать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем	при решении типовых задач не демонстрирует сформированное умение рассчитать гидродинамические

	тепловой расчет теплообменных аппаратов	х частях гидрогазодинамических машин; проводить гидравлический расчет трубопроводов, не допускает ошибок	(трубах), проточных частях гидрогазодинамических машин; проводить гидравлический расчет трубопроводов, допускает при этом ряд небольших ошибок	обтекания тел и течения в каналах (трубах), проточных частях гидрогазодинамических машин; проводить гидравлический расчет трубопроводов. Задания выполнены не в полном объеме.	параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании тел и течения в каналах (трубах), проточных частях гидрогазодинамических машин; проводить гидравлический расчет трубопроводов, допускает грубые ошибки
	владеть:				
	методиками проведения типовых тепловых расчетов любых видов теплообменных аппаратов	продемонстрированы навыки проведения типовых тепловых расчетов любых видов теплообменных аппаратов, без ошибок и недочетов	продемонстрированы базовые навыки проведения типовых тепловых расчетов любых видов теплообменных аппаратов, допущен ряд мелких ошибок	имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач, много ошибок	не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки
	знать:				
ПК -3.2	основные законы преобразования энергии и тепломассообм	основные законы преобразования энергии и	основные законы преобразования энергии и	плохо знает основные законы преобразо	уровень знаний ниже минимального

		<p>ена; качественные характеристики переноса теплоты; условия однозначности или краевые условия теплопроводности; пути интенсификации и теплопередачи; приближенные методы решения задач теплопроводности; основы процесса теплообмена излучением.</p>	<p>тепломасс ообмена; качественные характеристики переноса теплоты; условия однозначности или краевые условия теплопроводности; пути интенсификации теплопередачи; приближенные методы решения задач теплопроводности; основы процесса теплообмена излучением без ошибок</p>	<p>тепломасс ообмена; качественные характеристики переноса теплоты; условия однозначности или краевые условия теплопроводности; пути интенсификации теплопередачи; приближенные методы решения задач теплопроводности; основы процесса теплообмена излучением, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок</p>	<p>вания энергии и теплообмена; качественные характеристики переноса теплоты; условия однозначности или краевые условия теплопроводности; пути интенсификации теплопередачи; приближенные методы решения задач теплопроводности; основы процесса теплообмена излучением</p>	<p>требования, допускает грубые ошибки</p>
		<p>уметь:</p>				
		<p>применять основные законы и уравнения теплообмена для выполнения технических расчетов; пользоваться термодинамическими схемами,</p>	<p>Демонстрирует умение применять основные законы и уравнения теплообмена для</p>	<p>Демонстрирует умение применять основные законы и уравнения теплообмена для</p>	<p>В целом демонстрирует умение применять основные законы и уравнения теплообмена</p>	<p>при решении задач не демонстрирует умение применять основные законы и уравнения</p>

		<p>диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов проводить термодинамический анализ процессов; определять теплопроводность при стационарных условиях, определять теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрической и сферической стенок при граничных условиях 1 рода; проводить термодинамические расчеты рабочих процессов в теплосиловых установках и других теплотехнических устройствах, применяемых в отрасли.</p>	<p>выполнения технических расчетов; пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов проводить термодинамический анализ процессов; определять теплопроводность при стационарных условиях, определять теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрической и сферической стенок при</p>	<p>выполнения технических расчетов; пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов проводить термодинамический анализ процессов; определять теплопроводность при стационарных условиях, определять теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрической и сферической стенок при</p>	<p>для выполнения технических расчетов; пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов проводить термодинамический анализ процессов; определять теплопроводность при стационарных условиях, определять теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрической и сферической стенок</p>	<p>теплообмена для выполнения технических расчетов; пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов проводить термодинамический анализ процессов; допуская грубые ошибки</p>
--	--	--	---	---	---	--

			<p>граничны х условиях I рода; проводит ь термодин амически е расчеты рабочих процессов в теплосило вых установка х и других теплотехн ических устройств ах, применяе мых в отрасли без ошибок</p>	<p>граничны х условиях I рода; проводит ь термодин амически е расчеты рабочих процессов в теплосило вых установка х и других теплотехн ических устройств ах, применяе мых в отрасли, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок</p>	<p>при граничны х условиях I рода; проводит ь термодин амически е расчеты рабочих процессов в теплосило вых установка х и других теплотехн ических устройств ах, применяе мых в отрасли. Задания выполнен ы не в полном объеме.</p>	
		владеть;				
		<p>владеть основами расчета процессов тепломассопер еноса в элементах теплотехническ ого и теплотехнологи ческ ого оборудования</p>	<p>продемон стрир ованы навыки расчета процессов тепломасс опереноса в элементах теплотехн ического и теплотехн ологическ ого оборудов ания, без ошибок и недочетов</p>	<p>продемон стрир ованы базовые навыки расчета процессов тепломасс опереноса в элементах теплотехн ического и теплотехн ологическ ого оборудов ания, допущен</p>	<p>имеется минималь ный набор навыков для решения стандартн ых задач, много ошибок</p>	<p>не продемон стрир ованы базовые навыки, допущен ы грубые ошибки</p>

				ряд мелких ошибок		
	ПК-3.3	знать:				
		современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии для решения конкретных задач технической физики	Знает современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии для решения конкретных задач технической физики без ошибок	Знает базовые современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии для решения конкретных задач технической физики, может допустить несколько негрубых ошибок	Плохо знает современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии для решения конкретных задач технической физики	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки
		Уметь:				
		Пользоваться современными средствами измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительными системами и наукоемкими компьютерными технологиями для решения	Умеет применять современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также	Умеет применять современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также	в целом демонстрирует умение применять современные средства измерений, обработки и анализа	Не демонстрирует умение применять современные средства измерений, обработки и анализа

		конкретных задач технической физики	вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии и для решения конкретных задач технической физики без ошибок	вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии и для решения конкретных задач технической физики, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок	результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии и для решения конкретных задач технической физики. Задания выполнены не в полном объеме.	результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии и для решения конкретных задач технической
		Владеть:				
		современными средствами измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительными системами и наукоемкими компьютерными технологиями для решения конкретных задач технической физики	Владеет современными средствами измерения, обработки и анализа результатов, а также вычислительными системами и наукоемкими компьютерными технологиями для решения конкретных задач технической	Продемонстрированы базовые навыки применения современных средств измерения, обработки и анализа результатов, а также вычислительными системами и наукоемкими компьютерными технологиями для решения	имеется минимальный набор навыков для использования современных средств измерения, обработки и анализа результатов, а также вычислительными системами и наукоемкими компьютерными технологиями	не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки

			физики без ошибок и недочетов	конкретных задач технической физики, допущен ряд мелких ошибок	ями для решения конкретных задач технической физики, много ошибок	
	ПК-3.4	Знать:				
	Знает экспериментальные методы исследования и технические возможности и аппаратуры, используемой для решения конкретных задач технической физики	экспериментальные методы исследования и технические возможности аппаратуры, используемой для решения задач технической физики	Знает экспериментальные методы исследования и технические возможности аппаратуры, используемой для решения конкретных задач технической физики без ошибок	Знает базовые экспериментальные методы исследования и технические возможности аппаратуры, используемой для решения конкретных задач технической физики, может допустить несколько ошибок	Плохо знает экспериментальные методы исследования и технические возможности аппаратуры, используемой для решения конкретных задач технической физики	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки

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. Резников, А. Н. Тепловые процессы в технологических системах : учебник / А. Н. Резников, Л. А. Резников. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург

: Лань, 2022. — 292 с. — ISBN 978-5-8114-2272-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212432>.

2. Основы современной энергетики : учебник; в 2 т / под ред. Е. В. Аметистова. - 5-е изд., стереотип. - М. : Издательский дом МЭИ, 2019. - Т. 1 : Современная теплоэнергетика / А. Д. Трухний [и др.] ; под ред. А. Д. Трухния. - 2019. - 472 с. - URL: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383013373.html>. - ISBN 978-5-383-01337-3 - Текст : электронный.

3. Солодов, А. П. Тепломассообмен : учебник : в 2 томах / А. П. Солодов, Д. В. Сиденков, В. И. Величко. — Москва : НИУ МЭИ, 2021 — Том 1 — 2021. — 484 с. — ISBN 978-5-7046-2460-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/362531>.

5.1.2.Дополнительная литература

1. Процессы и аппараты. Расчет и проектирование аппаратов для тепловых и тепломассообменных процессов / А. Н. Остриков, В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова, А. В. Терехина. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 440 с. — ISBN 978-5-507-47349-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/362330>.

2. Теоретические основы теплотехники : практикум / сост.: О. С. Попкова, И. И. Шарипов, О. В. Соловьева. - Казань : КГЭУ, 2019. - 120 с. - URL: <https://lib.kgeu.ru/>. - Текст : электронный. 5. Круглов, Г. А. Теплотехника / Г. А. Круглов, Р. И. Булгакова, Е. С. Круглова. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 208 с. — ISBN 978-5-507-45269-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/263066>.

3. Цирельман, Н. М. Теория и прикладные задачи тепломассопереноса : учебное пособие / Н. М. Цирельман. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 504 с. — ISBN 978-5-8114-3621-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/206651>.

4. Процессы и аппараты химической технологии : учебное пособие для вузов / А. А. Захарова, Л. Т. Бахшиева, Б. П. Кондауров [и др.]; под ред. А. А. Захаровой. - Москва : Академия, 2006. - 528 с. - (Высшее профессиональное образование). - ISBN 5-7695-1723-9. - Текст : непосредственный.

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

Лекции	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа	Специализированная учебная мебель, технические средства обучения, служащие для представления учебной информации большой аудитории (мультимедийный проектор, компьютер (ноутбук), экран), демонстрационное оборудование, учебно-наглядные пособия
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. 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.01.01.03 Тепломассоперенос в элементах тепло-технического оборудования
(Код и наименование дисциплины в соответствии с РУП)

г. Казань, 2024

Оценочные материалы по дисциплине Тепломассоперенос в элементах тепло-технического оборудования, предназначены для оценивания результатов обучения на соответствие индикаторам достижения компетенций.

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

1. Технологическая карта

Семестр 8

Наименование раздела	Формы и вид контроля	Рейтинговые показатели							
		I текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК1	II текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК2	III текущий контроль	Дополнительные баллы к ТК3	Итого	Промежуточная аттестация
Раздел 1.	ТК1	15	0-15					15-30	15-30
Реферат		7							
Отчет по практической работе		4							
Отчет по самостоятельной работе		4							
Раздел 2.	ТК2			15	0-15			15-30	15-30
Реферат				7					
Отчет по практической работе				4					
Отчет по самостоятельной работе				4					
Раздел 3.	ТК3					25	0-15	25-40	25-40
Реферат						7			
Отчет по практической работе						4			
Отчет по самостоятельной работе						14			
Промежуточная аттестация (экзамен)	ОМ								0-45
Задание промежуточной аттестации									0-15
В письменной форме по билетам									0-30

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-3	ПК-3.1	знать:				
		основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения теплопроводности, теплообмена и теплопередачи жидкостей и газов, а также законы массопереноса	основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения теплопроводности, теплообмена и теплопередачи жидкостей и газов, а также законы массопереноса без ошибок	основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения теплопроводности, теплообмена и теплопередачи жидкостей и газов, а также законы массопереноса, при ответе может допустить несколько негрубых	плохо знает основные физические свойства жидкостей и газов, общие законы и уравнения теплопроводности, теплообмена и теплопередачи жидкостей и газов, а также законы массопереноса без ошибок	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки.

			ошибок			
уметь:						
рассчитывать теплопроводность, теплоотдачу и теплопередачу при внешнем обтекании тел, течении в каналах (трубах), проточных частях теплообменников; проводить тепловой расчет теплообменных аппаратов	гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании и течения в каналах (трубах), проточных частях гидрогазодинамических машин; проводить гидравлический расчет трубопроводов, не допускает ошибок	рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании и течения в каналах (трубах), проточных частях гидрогазодинамических машин; проводить гидравлический расчет трубопроводов, допускает при этом ряд небольших ошибок	в целом демонстрирует умение рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании и течения в каналах (трубах), проточных частях гидрогазодинамических машин; проводит гидравлический расчет трубопроводов. Задания выполнены не в полном объеме.	при решении типовых задач не демонстрирует сформированное умение рассчитывать гидродинамические параметры потока жидкости (газа) при внешнем обтекании и течения в каналах (трубах), проточных частях гидрогазодинамических машин; проводит гидравлический расчет трубопроводов, допускает грубые ошибки		
владеть:						
методиками проведения типовых тепловых расчетов любых видов теплообменных аппаратов	продемонстрированы навыки проведения типовых тепловых расчетов	продемонстрированы базовые навыки проведения типовых тепловых расчетов	имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач,	не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки		

			любых видов теплообменных аппаратов, без ошибок и недочетов	расчетов любых видов теплообменных аппаратов, допущен ряд мелких ошибок	много ошибок	
		знать:				
	ПК -3.2	основные законы преобразования энергии и теплообмена; качественные характеристики переноса теплоты; условия однозначности или краевые условия теплопроводности; пути интенсификации и теплопередачи; приближенные методы решения задач теплопроводности; основы процесса теплообмена излучением.	основные законы преобразования энергии и теплообмена; качественные характеристики переноса теплоты; условия однозначности или краевые условия теплопроводности; пути интенсификации теплопередачи; приближенные методы решения задач теплопроводности; основы процесса теплообмена излучением без ошибок	основные законы преобразования энергии и теплообмена; качественные характеристики переноса теплоты; условия однозначности или краевые условия теплопроводности; пути интенсификации теплопередачи; приближенные методы решения задач теплопроводности; основы процесса теплообмена излучением, при ответе может допустить	плохо знает основные законы преобразования энергии и теплообмена; качественные характеристики переноса теплоты; условия однозначности или краевые условия теплопроводности; пути интенсификации теплопередачи; приближенные методы решения задач теплопроводности; основы процесса теплообмена излучением	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки

			несколько негрубых ошибок			
		уметь:				
		применять основные законы и уравнения теплообмена для выполнения технических расчетов; пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов проводить термодинамический анализ процессов; определять теплопроводность при стационарных условиях, определять теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрической и сферической стенок при граничных условиях 1 рода; проводить термодинамические расчеты рабочих процессов в теплосиловых установках и других	Демонстрирует умение применять основные законы и уравнения теплообмена для выполнения технических расчетов; пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов проводить термодинамический анализ процессов; определять теплопроводность при стационарных	Демонстрирует умение применять основные законы и уравнения теплообмена для выполнения технических расчетов; пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов проводить термодинамический анализ процессов; определять теплопроводность при стационарных	В целом демонстрирует умение применять основные законы и уравнения теплообмена для выполнения технических расчетов; пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов проводить термодинамический анализ процессов; определять теплопроводность при стационарных	при решении задач не демонстрирует умение применять основные законы и уравнения теплообмена для выполнения технических расчетов; пользоваться термодинамическими схемами, диаграммами, графиками и таблицами теплофизических свойств веществ и газов проводить термодинамический анализ процессов; допускает грубые ошибки

		<p>теплотехнических устройствах, применяемых в отрасли.</p>	<p>условиях, определяют теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрической и сферической стенок при граничных условиях 1 рода; проводит термодинамические расчеты рабочих процессов в теплосиловых установках и других теплотехнических устройствах, применяемых в отрасли без ошибок</p>	<p>условиях, определяют теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрической и сферической стенок при граничных условиях 1 рода; проводит термодинамические расчеты рабочих процессов в теплосиловых установках и других теплотехнических устройствах, применяемых в отрасли, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок</p>	<p>ных условиях, определяют теплопроводность однослойной, многослойной, плоской цилиндрической и сферической стенок при граничных условиях 1 рода; проводит термодинамические расчеты рабочих процессов в теплосиловых установках и других теплотехнических устройствах, применяемых в отрасли. Задания выполнены не в полном объеме.</p>	
		<p>владеть;</p>				
		<p>владеть основами расчета процессов</p>	<p>продемонстрированы навыки</p>	<p>продемонстрированы базовые</p>	<p>имеется минимальный набор</p>	<p>не продемонстрированы</p>

		теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнического оборудования	расчета процессов теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования, без ошибок и недочетов	навыки расчета процессов теплопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования, допущен ряд мелких ошибок	навыков для решения стандартных задач, много ошибок	базовые навыки, допущены грубые ошибки
		знать:				
	ПК-3.3	современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии для решения конкретных задач технической физики	Знает современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии и для решения конкретных задач технической физики без ошибок	Знает базовые современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии для решения конкретных задач технической физики, может допустить несколько негрубых	Плохо знает современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии для решения конкретных задач технической физики	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки

				ошибок		
		Уметь:				
		<p>Пользоваться современными средствами измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительными системами и наукоемкими компьютерным и технологиями для решения конкретных задач технической физики</p>	<p>Умеет применять современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии для решения конкретных задач технической физики без ошибок</p>	<p>Умеет применять современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии для решения конкретных задач технической физики, при ответе может допустить несколько негрубых ошибок</p>	<p>в целом демонстрирует умение применять современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии для решения конкретных задач технической физики. Задания выполнены не в полном объеме.</p>	<p>Не демонстрирует умение применять современные средства измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительные системы и наукоемкие компьютерные технологии для решения конкретных задач технической</p>
		Владеть:				
		<p>современными средствами измерений, обработки и анализа результатов, а также вычислительными системами и наукоемкими компьютерным и технологиями</p>	<p>Владеет современными средствами измерений, обработки и анализа результатов, а</p>	<p>Продемонстрированы базовые навыки применения современных средств измерения, обработки</p>	<p>имеется минимальный набор навыков для использования современных средств измерения</p>	<p>не продемонстрированы базовые навыки, допущены грубые ошибки</p>

		для решения конкретных задач технической физики	также вычислительными системами и наукоемкими компьютерными технологиями для решения конкретных задач технической физики без ошибок и недочетов	и анализа результатов, также вычислительными системами и наукоемкими компьютерными технологиями для решения конкретных задач технической физики, допущен ряд мелких ошибок	й, обработки и анализа результатов, а также вычислительными системами и наукоемкими компьютерными технологиями для решения конкретных задач технической физики, много ошибок	
	ПК-3.4	Знать:				
	Знает экспериментальные методы исследования и технические возможности аппаратуры, используемой для решения конкретных задач технической физики	экспериментальные методы исследования и технические возможности аппаратуры, используемой для решения конкретных задач технической физики	Знает экспериментальные методы исследования и технические возможности аппаратуры, используемой для решения конкретных задач технической физики без ошибок	Знает базовые экспериментальные методы исследования и технические возможности аппаратуры, используемой для решения конкретных задач технической физики, может допустить несколько ошибок	Плохо знает экспериментальные методы исследования и технические возможности аппаратуры, используемой для решения конкретных задач технической физики	уровень знаний ниже минимального требования, допускает грубые ошибки

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-3.1. ПК-3.2. ПК-3.3

Темы рефератов

1. Аппаратурное оформление процессов нефтегазопереработки.... Общие положения. Колонное оборудование, устройство и предъявляемые требования
2. Теплообменное оборудование в нефтегазопереработке. Классификация теплообменных аппаратов и предъявляемые к ним требования. . Кожухотрубчатые теплообменные аппараты, их типы и конструктивное исполнение
3. Аппараты воздушного охлаждения. Теплообменные аппараты типа «труба в трубе. Расчет
4. Погружные и оросительные аппараты. Пластинчатые теплообменники. Спиральные теплообменники .Пластинчато-ребристые теплообменники.
5. Назначение, принцип действия и классификация трубчатых печей. Показатели работы печей. Расчет. Оборудование трубчатых печей и особенности его эксплуатации. Особенности конструкций печей для различных технологических процессов
6. Резервуары и емкостное оборудование. Расчет
7. Классификация ректификационных колонн и их контактных устройств.
8. Сепарация и сепарационное оборудование. Расчеты
9. Дымовые трубы. Конструкции. Извлечение парниковых газов , расчет
10. Абсорбция парниковых газов. Оборудование, устройство и принципы

расчетов.

11. Конструкционные материалы, применяемые для изготовления оборудования нефтегазопереработки. Требования, предъявляемые к конструкционным материалам для технологической аппаратуры и их выбор.

Практическая работа 1. Расчет теплообменников с фазовыми переходами.

Цель работы

- изучить методы расчета теплообменников различных типов.

Задача 1

Вдоль плоской стенки аппарата продувается воздух со скоростью w при средней температуре t_1 и давлении P_1 . Снаружи аппарат покрыт слоем изоляции (ленопласт) толщиной 40 мм. Определить количество теплоты q , теряемое с 1 м² стенки аппарата.

Длина стальной стенки 7,5 м, толщина 7 мм; температура воздуха в помещении 22 °С. Учесть загрязнение внутренней стенки аппарата. Числовые значения параметров указаны в таблице 1.1.

Задача 2

Определить необходимую толщину слоя изоляции аппарата, внутри которого температура $t_{вн}$ (табл. 2.1). Изоляционный материал – асбест. Температура наружной поверхности изоляции не должна быть больше 40 °С. Температуру окружающего воздуха 24 °С.

Задача 3

Вычислить коэффициент теплоотдачи для воды, подогреваемой в трубчатом теплообменнике, состоящем из труб диаметром 40 x 2,5 мм. Вода идет по трубам со скоростью w (табл. 1.2). Средняя температура воды $t_{ср}$ (табл. 1.2). Температура стенки трубы $t_{ст}$ (табл. 2.2); длина трубы L (табл. 1.2). Теплофизические свойства воды взять из справочных табл.. Поправочный коэффициент принять $\varepsilon_l=1$.

Таблица 1.1
Числовые данные к 1 и 2 задачам

№ п/п	W , м/с	t_1 , °С	P_1 , мм.рт.ст		$t_{вн}$, °С
1	2	100	800		130
2	4	98	810		138
3	5	96	820		134
4	6	94	830		132
5	7	92	840		130
6	2	80	850		148
7	4	82	860		146
8	5	84	870		150
9	6	86	880		156
10	7	88	910		152
11	2	70	920		144
12	4	72	930		152

13	5	74	940		150
14	6	76	950		141
15	7	78	780		145
16	2	92	790		143
17	4	80	800		147
18	5	100	960		137
19	6	98	970		131
20	7	82	980		140

Таблица 1.2
Числовые данные к 3 задаче

№ п/п	$t_{cp}, ^\circ C$	$t_{ст}, ^\circ C$	$W, м/с$	$L, м$
1	40	90	1	2
2	42	98	2	2,5
3	46	91	3	3
4	48	97	4	3,5
5	41	96	5	4
6	43	92	1	4,5
7	45	95	2	1,5
8	47	93	3	3
9	50	94	4	1
10	45,5	92	5	2
11	42,5	91	4	4
12	44	98	3	5
13	43,5	97	2	2,5
14	40,5	92	1	3
15	47,5	95	4	2
16	49	88	3	1,5
17	46,5	89	2	4
18	42,5	91	1	3
19	50,5	95	6	2
20	41,5	97	5	3

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 α .
- 10) Поверочный тепловой расчет.
- 11) Компонентный расчет.
- 12) Гидравлический расчет
- 13) Регенеративный 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:

Проверяемая компетенция: ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-3.4.

Темы рефератов

1. Теплообменники микротурбин привода автономных генераторов газопроводов.
2. Теплообменники масляной системы ГТД.
3. Теплообменник гибридной электростанции с топливными элементами и ГТД.
4. Теплообменник многоцелевого двигателя типа «микротурбо».
5. Роторный теплообменник с щелевыми теплопередающими элементами.
6. Повышение эффективности пластинчатых теплообменников изменением расхода теплоносителя по сечению теплообменника.
7. Регенеративные теплообменники на службу у ЖКХ.
8. Тепловая деформация керамического каркаса роторного теплообменника.
9. Теплообменник газотурбинной установки для передвижной теплоэлектростанции.
10. Теплообменник газотурбинного двигателя для газоперекачивающего агрегата.
11. Пластинчатые теплообменники для охлаждения воздуха турбокомпрессоров.
12. Теплообменники пиковых ГТУ для малой энергетики.
13. Теплообменники двойного каскада вспомогательных ГТУ для автомобильных тепловых двигателей.
14. Тенденции применения неметаллических материалов при производстве регенераторов.
15. Тепловая эффективность рекуператора с изменяемой схемой течения теплоносителя.
16. Определение тепловых деформаций регенератора с помощью инженерных комплексов.

Практическая работа 2. 2. Расчет регенеративного теплообменника.

Цель работы

- изучить методику расчета различных видов регенераторов.

Задача 1 Выполнить проверочный расчет регенератора ГХМ на температурный уровень 75К. Определить средний температурный напор между потоками рабочего тела $\Delta\bar{T}$, недорекуперацию на теплом конце насадки $\Delta T_{НЕД}$, потери от недорекуперации $\Delta T_{НАС}$. Исходные данные: рабочее тело – аммиак; среднее давление аммиака P МПа; время холодного и теплого дутья τ с, что соответствует частоте вращения вала $n=1300$ об/мин; температура аммиака на холодном конце регенератора $T_X = 71$ К, на теплом конце $T_T = 305$ К; расход аммиака G кг/с. Геометрические размеры генератора: внутренний диаметр насадки $D_{ВН} = 0,128$ м; наружный диаметр насадки $D_{НАР} = 0,275$ м; высота насадки $H = 0,068$ м. Теплофизические свойства аммиака при $\bar{T} = 213$ К: коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,55$ Вт/(м·к); теплоемкость $c_p = 4,37 \cdot 10^3$ Дж/(кг·к); плотность $\rho = 713,9$ кг/м³; динамическая вязкость $\eta = 14,3 \cdot 10^{-8}$ Па·с. Данные к задаче в таблице 2.1.

Табл. 2.1

Числовые данные к задаче 1

№ п/п	P МПа	τ , с	G , кг/с
1	2	0,04	0,7
2	2,2	0,06	0,72
3	2,4	0,08	0,74
4	2,6	0,07	0,76
5	2,8	0,05	0,78
6	3	0,03	0,77
7	3,2	0,01	0,75
8	3,6	0,02	0,73
9	3,8	0,025	0,71
10	4	0,035	0,7
11	3,7	0,045	0,68
12	3,5	0,055	0,69
13	3,3	0,065	0,685
14	3	0,075	0,724
15	2,7	0,085	0,716
16	2,5	0,09	0,722
17	2,3	0,095	0,735
18	2,1	0,015	0,743
19	2	0,012	0,755
20	2,5	0,017	0,744

Вопросы к самостоятельной работе

1. ГТУ и ГТД в энергетике, теплоснабжении, на транспорте.
2. Схемы ГТУ, назначение основных элементов.

3. Особенности использования ГТУ в качестве энергетической установки транспортного средства (преимущества и недостатки по сравнению с поршневыми двигателями).
4. Карнотизация цикла. Регенерация тепла отработавших газов: тепловые диаграммы циклов ГТУ без теплообменника и с теплообменником.
5. Влияние теплообменника на топливную экономичность, стоимость, срок службы, габариты.
6. Классификация теплообменников по схеме взаимного направления потоков теплоносителей: прямоток, противоток, перекрестный ток, многоходовой перекрестный ток при общем противоточном движении, зет- и икс-образные схемы.
7. Классификация теплообменников по способу переноса тепла: рекуператоры и регенераторы.
8. Поверхности с пропускной способностью (насадочные поверхности): сетчатая, пористая поверхность теплообмена, насыпная матрица.
9. Поверхности теплообмена. Гладкотрубная поверхность теплообмена.
10. Трубчато-ребристая поверхность теплообмена.
11. Пластинчатая поверхность теплообмена.
12. Пластинчато-ребристая поверхность теплообмена.
13. Характеристики поверхностей теплообмена.
14. Гидравлический (эквивалентный) диаметр.
15. Коэффициент фронтального сечения (коэффициент фронта).
16. Коэффициент компактности.
17. Составляющие потерь давления.
18. Коэффициент компактности.
19. Гидравлическое сопротивление теплообменных аппаратов.
20. Гидравлическое сопротивление матрицы.

Для текущего контроля ТКЗ:

Проверяемая компетенция: ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3

Темы рефератов

1. Методики теплового расчета конденсаторов.
2. Гидродинамический расчет конденсатора.
3. Расчет на прочность трубной доски конденсатора.
4. Тепловой расчет подогревателей низкого давления.
5. Тепловой расчет подогревателей высокого давления.
6. Тепловой расчет подогревателей сетевой воды вертикальных.
7. Тепловой расчет подогревателей сетевой воды горизонтальных.
8. Гидродинамический расчет вертикальных аппаратов.
9. Свойства смазочных масел и жидкостей системы регулирования.
10. Конструкции маслоохладителей.
11. Схемы маслоснабжения турбин.
12. Маслоохладители с водяным и воздушным охлаждением.
13. Эксплуатационный контроль за работой конденсаторов.

14. Эксплуатационный контроль за работой подогревателей системы регенеративного подогрева питательной воды.
15. Эксплуатационный контроль за работой сетевых подогревателей.
16. Методы очистки теплообменных аппаратов.

Практическая работа 3. Основы теплового расчета испарителя.

Цель работы

- изучить методику расчета испарителей различных конструкций.

Расчет устройств очистки пара в испарителе

Исходные данные: Определить концентрацию солей во вторичном паре на выходе испарителя, если известны следующие данные (все исходные данные раздаются по вариантам): расход вторичного пара $D_{и}^{вт}$, давление вторичного пара P_2 , внутренний диаметр корпуса D_k , количество $N_{отв}$ и диаметр $d_{отв}$ отверстий в паропромывочных листах, h – уровень воды на паропромывочном листе, мм, $H_{по}$ – высота парового отсека, Z – число паропромывочных листов, $C_{конц}$ – концентрация солей в концентрате, $C_{дв}$ – концентрация солей в добавочной воде, C_k – концентрация солей в паропромывочном конденсате.

Вопросы к самостоятельной работе

1. Действительный процесс расширения пара в конденсационной турбине с одним регулируемым отбором. Учесть дросселирование пара в регулирующих клапанах турбины и отбора. Пояснить схемой.
2. Действительный процесс расширения пара в конденсационной турбине с промперегревом (без отборов). Учесть потери на дросселирование в регулирующем клапане, в системе промперегрева и выхлопном патрубке. Проиллюстрировать схемой.
3. Действительный процесс расширения пара в конденсационной турбине с двумя регулируемыми отборами – на производство (РП) и отопление (РТ). Учесть дросселирование пара в регулирующих клапанах турбины и отборов. Пояснить схемой.
4. Действительный процесс расширения пара в основной турбине и приводной противодавленческой турбине питательного насоса. Учесть потери на дросселирование. Пояснить схемой.
5. Уравнения теплового баланса испарителя и конденсатора испарителя. Цель расчета, определение параметров теплоносителей.
6. Уравнение теплового и материального балансов расширителя и охладителя непрерывной продувки. Цель расчета, определение параметров теплоносителей.
7. Уравнения теплового и материального балансов поверхностного и смешивающего регенеративных подогревателей. Цель расчета. Определение параметров теплоносителей (при заданном давлении пара в отборе, при заданной температуре воды за подогревателем).
8. Уравнения теплового и материального балансов деаэратора питательной воды. Определение параметров теплоносителей. Цель расчета, определение параметров теплоносителей.
9. Уравнения теплового и материального балансов деаэратора добавочной

воды. Цель расчета, определение параметров теплоносителей.

10. Q, t- диаграмма поверхностного регенеративного подогревателя. Понятие недогрева.

Для промежуточной аттестации:

1. Место теплообменников в схемах технологических подсистем ТУ.
2. Жизненный цикл теплообменников ТУ.
3. Техничко-экономические показатели теплообменников ТУ на этапах проектирования и эксплуатации.
4. Современные представления о направлениях совершенствования теплообменников ТУ.
5. Современные методы расчета и проектирования теплообменников.
6. Современные технологические решения, применяемые при изготовлении теплообменников.
7. Современные методы повышения тепловой эффективности теплообменников на этапах проектирования и эксплуатации.
8. Современные методы повышения надежности работы теплообменников.
9. Повышение экологической безопасности различных теплообменников ТУ.
10. Современные методы совершенствования технического обслуживания и ремонта теплообменников.
11. Техничко-экономическое обоснование мероприятий по совершенствованию теплообменников ТУ на этапах проектирования и эксплуатации.