

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
Воркутинский филиал
Ухтинского государственного технического университета
(ВФ УГТУ)



УТВЕРЖДАЮ

Директор ВФ УГТУ

Л. П. Полякова

(подпись)

(И. О. Фамилия)

22 " февраля 20 24 г.

(подпись)

(И.О. Фамилия)

" " 20__ г.

(подпись)

(И. О. Фамилия)

" " 20__ г.

(подпись)

(И.О. Фамилия)

" " 20__ г.

(подпись)

(И. О. Фамилия)

" " 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины **Термодинамика и теплопередача**

Кафедра **Недропользования, строительства и менеджмента**

Направление подготовки **21.03.01 Нефтегазовое дело**

Профиль подготовки: **Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов переработки**

Форма обучения: **очная**

Курс **3**

Семестр **5**

Год начала подготовки **2024**



Рабочая программа по дисциплине **Термодинамика и теплопередача** разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело, утвержденным Приказом Минобрнауки России от 09.02.2018 № 96, учебным планом, одобренным Учебно-методическим советом университета (заседание УМС от 27.02.2024, протокол № 03).

Разработчик

Старший преподаватель кафедры



Г. И. Колomoец

Рассмотрено на заседании					
кафедры, реализующей ОПОП			Ученого совета филиала		
Дата, номер протокола	ФИО зав. кафедрой	Подпись зав. кафедрой	Дата, номер протокола	ФИО председателя совета	Подпись председателя совета
Протокол № 6 от 16.02.2024г.	Полякова Л.П.		Протокол № 07 от 21.02.2024.	Полякова Л.П.	

Согласовано:

Руководитель ОПОП

Ст.преподаватель каф. НСиМ, к. техн. н.



В. А. Михайлов

Аннотация рабочей программы по дисциплине «Термодинамика и теплопередача»

Цель преподавания дисциплины.

Целью дисциплины «Термодинамика и теплопередача» является формирование у обучающихся логически обоснованного массива теоретических знаний и практических навыков с учетом фактора единства теории и практики, а также фактора взаимосвязи термодинамики с другими дисциплинами учебного плана и уровня востребования знаний и навыков в процессе практической деятельности будущего специалиста

Задачи изучения.

Задачи дисциплины: изучение и практическое применение термодинамических методов анализа теплоэнергетических процессов, а также развитие практические навыки определения термодинамических параметров процессов, имеющих место в энергетических установках, понимать их физический смысл и уметь дать графическую интерпретацию процессов.

В ходе изучения дисциплины у обучающегося формируются следующие компетенции:

Освоение дисциплины «Термодинамика и теплопередача» должно способствовать формированию у студента следующих общепрофессиональных и профессиональных компетенций:

ОПК-1. Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания.

ПК-2 Способность проводить работы по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации технологического оборудования в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1. Цель преподавания дисциплины формирование у обучающихся логически обоснованного массива теоретических знаний и практических навыков с учетом фактора единства теории и практики, а также фактора взаимосвязи термодинамики с другими дисциплинами учебного плана и уровня востребования знаний и навыков в процессе практической деятельности будущего специалиста

1.2. Задачи изучения изучение и практическое применение термодинамических методов анализа теплоэнергетических процессов, а также развитие практические навыки определения термодинамических параметров процессов, имеющих место в энергетических установках, понимать их физический смысл и уметь дать графическую интерпретацию процессов

1.3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)

№ п-п	Содержание формируемых компетенций	Индекс компетенции
Общепрофессиональные (ОПК)		
1	Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания	ОПК-1
Профессиональные (ПК)		
2	Способность проводить работы по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации технологического оборудования в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности	ПК-2

знать:

на уровне представлений: о фундаментальных законах технической термодинамики и тепломассообмена, являющихся основой функционирования тепловых машин, аппаратов и их эффективности, о рабочих процессах, протекающих в тепловых машинах, о свойствах рабочих тел и теплоносителей, законах и моделях переноса теплоты и массы в неподвижных и движущихся средах, о методах экспериментального изучения процессов тепломассообмена;

на уровне воспроизведения: основных процессов и циклов теплоэнергетических установок (ТЭУ), физического и математического моделирования процессов переноса теплоты (массы), протекающих в реальных физических объектах, в частности, в установках энергетики и промышленности;

на уровне понимания: 1, 2 и 3-его законов технической термодинамики, закономерностей процессов, протекающих в теплоэнергетических установках, свойств рабочих тел и теплоносителей, основных физико-математических моделей переноса теплоты и массы применительно к теплотехническим и теплотехнологическим установкам и системам;

уметь:

выбирать законы, закономерности и физико-математические модели для расчета и анализа процессов тепломассообмена в теплоэнергетических и теплотехнологических установках, методы оценки тепловой эффективности этих установок;

владеть: методами определения термодинамических свойств рабочих тел и теплоносителей, расчета процессов и показателей тепловой экономичности в тепловых установках, физического и математического моделирования процессов тепломассообмена и расчета потоков теплоты и массы, полей температуры и концентрации компонентов смесей в элементах этих установок;

иметь навыки:

в использовании уравнений и справочных баз данных для определения термодинамических свойств рабочих тел и теплоносителей, в термодинамическом анализе процессов и показателей тепловой экономичности ТЭУ, в использовании физико-математических моделей.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

2.1. Перечень дисциплин, усвоение которых студентами необходимо для изучения данной дисциплины: математика, физика, информатика.

2.2. Перечень дисциплин, изучение которых базируется на материале данной дисциплины
Эксплуатация газонефтепроводов, Газораспределительные системы, Технологическая надежность магистральных трубопроводов.

3. Структура и содержание дисциплины:

Общая трудоемкость дисциплины составляет: зачетные единицы – 5.
часы – 180.

3.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Семестр	Всего часов	Итого контактные часы	В том числе контактные часы					СРС	контроль	КП, КР, РГР, контрол. работа, реферат	Экзамен	Зачет
			Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия, сем	ИЗ	АК					
очное												
5	180	70,2	32	-	32	4	2,2	82,8	27	КР	+	-
ИТОГО	180	70,2	32	-	32	4	2,2	82,8	27	КР	+	-

3.1.1. Объем часов и зачетных единиц по дисциплине

Наименование раздела (модуля) Наименование темы дисциплины	Всего часов	Формируемые компетенции	Аудиторные занятия	в том числе			СРС
				лекции	практические	лабораторные	
1: Введение в курс «Термодинамика». Основные законы термодинамики.	40	ОПК-1 ПК-2	20	10	10	-	20
2: Основные термодинамические процессы в газах и парах. Особенности термодинамики открытых систем. Термодинамические циклы.	50		20	10	10	-	30
3: Основные понятия теории теплообмена. Теплопроводность. Конвективный теплообмен (теплоотдача). Лучистый теплообмен. Теплопередача. Теплообменные аппараты	56,8		24	12	12	-	32,8
ИЗ	4		x	x	x	x	x
АК	2,2	-	x	x	x	x	x
Контроль	27		x	x	x	x	x
Всего часов	180	-	64	32	32	x	82,8

3.1.2. Наименование тем, их содержание, объем в часах лекционных занятий (по семестрам)

Номер темы	Наименование темы	Основное содержание темы	Кол-во часов
1	Основные законы и параметры термодинамики	Уравнения состояния идеального газа. Первый и второй законы термодинамики. Внутренняя энергия. Работа. Энтальпия. Энтропия.	10
2	Основные термодинамические процессы в газах и парах. Особенности термодинамики открытых систем. Термодинамика потока.	Теплоемкость при постоянном объеме и при постоянном давлении. Зависимость теплоемкости от температуры. Цикл Карно. Термодинамика потока. Жидкость и пар. Течение пара. Дросселирование. Эффект Джоуля-Томсона. Состояние системы, уравнение состояния идеального газа. Газовые смеси. Закон Дальтона. Уравнение состояния Ван – дер – Ваальса.	10
3	Основные законы и параметры теории теплообмена. Теплопроводность. Конвективный теплообмен (теплоотдача). Лучистый теплообмен. Теплопередача. ТОА. Системы промышленного теплотехнического контроля	Теплопроводность. Закон Фурье. Зависимость теплоемкости от температуры. Теплофизические свойства веществ. Виды процессов переноса теплоты. Закон Ньютона-Рихмана. Теплопередача через плоскую стенку. Передача теплоты через плоскую стенку. Уравнения баланса. Типы теплообменных аппаратов. Расчетные уравнения. Средства измерения параметров среды при тепло- и массопереносе. Условия и характеристики средств измерений. Средства измерения температуры и давления. Измерение состава газов. Типы ТОА, расчет теплообменных аппаратов	12
Всего			32

3.1.3. Наименование тем (вопросов), выделенных для самостоятельной работы студентов

№№ тем	Наименование темы (вопроса)	Основное содержание темы (вопроса)	Объем в часах	Литература
1	Основные законы и параметры термодинамики.	Теорема Карно. Тепловые и холодильные машины. Термодинамическая температура. Эксергия и анергия стационарного потока вещества. Определение потерь эксергии. Диаграмма потоков эксергии и анергии. Эксергетический КПД. Дифференциальный и интегральный дроссель-эффект. Температура инверсии. Термодинамика эффекта дросселирования	20	ОЛ-1-4 ДЛ-5-8 М-1-3
2	Основные термодинамические процессы в газах и парах. Особенности термодинамики открытых систем. Термодинамика	Условия равновесия в гетерогенной области. Диаграммы состояния и свойства веществ в критическом состоянии. Влажный пар. Параметры состояния в области насыщения. Термодинамические процессы изменения состояния пара. Определение	30	ОЛ-1-4 ДЛ-5-8 М-1-3

	потока	энтальпии и энтропии по термическому уравнению состояния. Влажный газ. Основные понятия и определения. Экстенсивные свойства влажного воздуха. Характерные особенности изменения состояния влажного воздуха. i,d-диаграмма.		
3	Теплообменные аппараты. Системы промышленного теплотехнического контроля. Средства измерения температуры и давления	Теплопередача через плоскую стенку, Передача теплоты через цилиндрическую стенку. Уравнение массообмена. Элементы теории подобия	32,8	ОЛ-1-4 ДЛ-5-8 М-1-3
Всего:			82,8	

3.1.4. Практические занятия, их содержание и объем в часах (по семестрам)

№№ п/п	Наименование практических занятий (семинаров)	Основное содержание практических занятий (семинаров)	Кол-во часов
1	Основные законы и параметры термодинамики	Уравнения состояния идеального газа. Первый закон термодинамики. Энтальпия. Энтропия. Адиабатные и политропные процессы. Теплоемкость при постоянном объеме и при постоянном давлении. Зависимость теплоемкости от температуры. Смеси газов.	10
2	Основные законы и параметры теплообмена	Виды процессов переноса теплоты, Теплопередача через плоскую стенку, Передача теплоты через цилиндрическую стенку. Уравнения баланса, Уравнение массообмена.	10
3	Теплообменные аппараты. Системы промышленного теплотехнического контроля	Тепловой расчет рекуперативных теплообменных аппаратов. Принципы проектирования функциональных схем теплоконтроля.	12
Всего:			32

3.1.5. Лабораторные занятия, их наименование и объем в часах

№№ п-п	Наименование лабораторных работ
	не предусмотрено

3.2. Перечень тем курсовых проектов (работ)

№№ п-п	Наименование проекта (работы)
1	Расчёт пароводяного теплообменного аппарата (по вариантам)

3.3. Перечень тем РГР

№№ п-п	Наименование
	не предусмотрено

3.4. Перечень тем рефератов

№№ п-п	Наименование проекта (работы)
	не предусмотрено

3.5. Интерактивные образовательные технологии, используемые при проведении учебных занятий*

Семестр	Вид занятий	Вид используемой интерактивной образовательной технологии	Количество часов
4	лекции	Лекция классическая	18
4	лекции	Лекция – визуализация	14
4	практические	Проблемное обучение	18
4	практические	Контекстное обучение	14
		Всего:	64

Работа в команде – совместная деятельность студентов в группе под руководством лидера, направленная на решение общей задачи путем творческого сложения результатов индивидуальной работы членов команды с делением полномочий и ответственности.

Контекстное обучение – мотивация студентов к усвоению знаний путем выявления связей между конкретным знанием и его применением.

Обучение на основе опыта – активизация познавательной деятельности студента за счет ассоциации и собственного опыта с предметом изучения.

Лекция классическая – систематическое, последовательное, монологическое изложение учебного материала.

Лекция-визуализация – передача информации посредством схем, таблиц, рисунков, видеоматериалов, проводится по ключевым темам с комментариями.

4. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине, основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

4.1. Основная и дополнительная литература

№ п/п	Автор и наименование	Вид пособия	Год издания	Кол-во экз. в библиотеке
Основная литература				
ОЛ-1	Крайнов, А.В. Термодинамика и теплопередача. Ч. 1: Термодинамика : учеб. пособие / А.В. Крайнов, Е.Н. Пашков ; Томский политехнический университет. - Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2017. - 160 с. - ISBN 978-5-4387-0769-1. - Текст : электронный.	УП	2017	https://znaniu.m.com/catalog/product/1043902
ОЛ-2	Шитик, Т. В. Техническая термодинамика и теплопередача : учебное пособие / Т. В. Шитик. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2022. - 184 с. - ISBN 978-5-9729-1087-8. - Текст : электронный. - URL:	УП	2022	https://znaniu.m.com/catalog/product/1902597
ОЛ-3	Барилевич, В. А. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена: Учеб. пособие. / В.А. Барилевич , Ю.А. Смирнов - М.: ИНФРА-М, 2019. - 432 с. - (Высшее образование: Бакалавриат). - www.dx.doi.org/10.12737/3292. - ISBN 978-5-16-005771-2. - Текст : электронный.	УП	2019	https://znaniu.m.com/catalog/product/1003418
ОЛ-4	Белоусов, Н.А. Термодинамика и теплопередача : (Основы теории, типовые задачи, задания и метод. указания): Учеб. пособие для студентов, обучающихся по спец.: 090600 "Разработка и эксплуатация нефт. и газовых месторождений", 090800 "Бурение	УП	2008	http://lib.ugtu.net/book/3362

	нефт. и газовых скважин" и 170200 "Машины и оборуд. нефт. и газовых промыслов" / Н. А. Белоусов, В. Н. Задирей. - 2-е изд., стер. - Ухта : Изд-во УГТУ, 2008. - 91 с. - Текст : электронный .			
Дополнительная литература				
ДЛ-5	Шаров, Ю. И. Термодинамика и теплопередача : учебник / Ю. И. Шаров. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 311 с. — ISBN 978-5-7782-4024-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	У	2019	https://e.lanbook.com/book/152148
ДЛ-6	Червенчук, В. Д. Термодинамика и теплопередача : учебное пособие / В. Д. Червенчук, А. Л. Иванов. — Омск : Омский ГАУ, 2016. — 126 с. — ISBN 978-5-93904-940-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:	УП	2016	https://e.lanbook.com/book/221768
ДЛ-7	Белоусов, Н.А. Термодинамика и теплопередача (контрольные тесты, обучающие программы на ПЭВМ для самостоятельной работы студентов): Учеб. пособие для студентов, обучающихся по спец.: 090600 "Разраб. и эксплуатация нефт. и газовых месторождений", 090800 "Бурение нефт. и газовых скважин" и 170200 "Машины и оборуд. нефт. и газовых промыслов" / Н. А. Белоусов, В. Н. Задирей. - Ухта: Изд-во УГТУ, 2002. - 60 с. - Текст: электронный.	УП	2002	http://lib.ugtu.net/book/154/
ДЛ-8	Беляева, Л. И. Термодинамика и теплопередача: Методические указания / Л. И. Беляева, А. С. Петухов, А. В. Комаров. - Ухта : Изд-во Ухтинского государственного технического университета, 2016. - 60 с.- Текст: непосредственный + Текст: электронный .			45 http://lib.ugtu.net/book/27570

4.2. Методические пособия и указания

№№ п-п	Наименование	Год издания (состава)	Кол-во экз.
М-1	Беляева Л.И. Термодинамика и теплопередача (Текст): метод.указ. /А.С. Петухов, А.В. Комаров/-Ухта: УГТУ, -60с. , доступ:	2016	https://www.ugtu.net/
М-2	Мамаев В.В., Техническая термодинамика и теплопередача: Методические указания для самостоятельной работы студентов. Екатеринбург, -60с. , доступ:	2006	padaread.com/?book=33027
М-3	Мамаев В.В., Расчет производительности производственно-отопительной котельной и теплообменного аппарата. Екатеринбург, -58с. доступ:	2006	lib.urfu.ru/

5. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

5.1. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины

[http:// www.rmpi.ru](http://www.rmpi.ru)

<http://mining-media.ru>
<http://igm.com.ua>
<http://coal.dp.ua>
<http://znanium.com/>
<http://dic.academie.ru/>

5.1.1. Рекомендуется использовать подключенную к ВФ УГТУ ЭЛЕКТРОННО- БИБЛИОТЕЧНУЮ СИСТЕМУ:

<http://e.lanbook.com/books;>
<http://nglib.ru/index.jsp>
<http://ibooks.ru;>

6. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине представлен в Приложении 1.

7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование (компьютерные классы, учебные лаборатории, оборудование)	Аудитория, количество установок
1.	Учебная лаборатория, оснащенная компьютерами.	315 (10), 314 (14), 213(4)
2.	Учебные аудитории для практических занятий.	213
3.	Лекционная аудитория, оборудованная мультимедийной техникой.	213

8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины представлены в Приложении 2.

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«Ухтинский государственный технический университет»
«УГТУ»**

Воркутинский филиал УГТУ

Кафедра недропользования, строительства и менеджмента

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Термодинамика и теплопередача

21.03.01 Нефтегазовое дело

**Эксплуатация и обслуживание объектов транспорта и хранения нефти, газа и продуктов
переработки**

Форма обучения: очная

Бакалавриат

Год поступления 2024

1. Перечень компетенций и этапы их формирования

Код и наименование компетенции	Этапы формирования компетенции (семестр/ раздел/тема дисциплины)	Дескрипторные характеристики компетенции (основные признаки)
ОПК-1 Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общетехнические знания	Семестр 5, Темы 1-3	<p>Знать:- основные законы термодинамики; - основные функции общения, структуру общения; - способы передачи теплоты.</p> <p>Уметь: - рассчитывать и анализировать термодинамические процессы; - анализировать температурные режимы систем и оборудования; - рассчитывать тепловые режимы и анализировать их в системах и оборудовании добычи, транспорта, хранения и переработки углеводородов.</p> <p>Владеть: - методами расчета и анализа термодинамических процессов; - математическим аппаратом, используемый в производстве; - математическим аппаратом, используемый в термодинамике и теплопередаче.</p>
ПК-2 Способность проводить работы по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации технологического оборудования в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности	Семестр 5, Темы 1-3	<p>Знать: основы по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации технологического оборудования в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности</p> <p>Уметь: применять методы диагностики и технического обслуживания технологического оборудования (наружный и внутренний осмотр) в соответствии с требованиями промышленной безопасности и охраны труда</p> <p>Владеть: методами и средствами проведения диагностических исследований, ремонта оборудования</p>

2. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые дидактические единицы (разделы, темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Форма контроля	Наименование оценочного средства
1	Темы 1-3	ОПК-1 ПК-2	Курсовая работа, экзамен	Вопросы для собеседования, вопросы к экзамену, тест

3. Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Код компетенции	Показатели сформированности	Шкала оценивания	Критерии оценивания
ОПК-1 Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;	Знать	Пороговый уровень (обязательный)	основные законы и расчетные соотношения термодинамики и теплопередачи,
		Повышенный уровень (по отношению к пороговому уровню)	принципы работы теплоэнергетических и теплообменных установок, особенности тепловых процессов трубопроводов и энерготехнологического оборудования;
	Уметь	Пороговый уровень (обязательный)	рассчитывать и анализировать термодинамические процессы,
		Повышенный уровень (по отношению к пороговому уровню)	анализировать температурные режимы систем и оборудования добычи, транспорта, хранения и переработки углеводородов
	Владеть	Пороговый уровень (обязательный)	навыками работы с основными российскими и зарубежными приборами
		Повышенный уровень (по отношению к пороговому уровню)	методиками составления энергетических и тепловых балансов процессов в нефтегазовой отрасли
ОПК-2 Способность проводить работы по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации технологического оборудования в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности	Знать	Пороговый уровень (обязательный)	основы технической диагностики, цель и задачи; виды дефектов, а также виды состояния оборудования, системы технической диагностики и виды неразрушающего контроля;
		Повышенный уровень (по отношению к пороговому уровню)	особенности диагностирования типового технологического оборудования;
	Уметь	Пороговый уровень (обязательный)	проводить анализ дефектов, состояния оборудования, системы технической диагностики и видов неразрушающего контроля;
		Повышенный уровень (по отношению к пороговому уровню)	применять методы диагностирования типового технологического оборудования;
	Владеть	Пороговый уровень (обязательный)	основами технической диагностики; методами неразрушающего контроля.
		Повышенный уровень (по отношению к пороговому уровню)	методами и средствами проведения диагностических исследований.

4. Компетентностно-ориентированные задания (КОЗ)

Основным средством формирования компетентностей выступают компетентностно-ориентированные задания:

- Курсовая работа (КР)
- Тесты: письменные по разделам

Тест - система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.

Курсовая работа (КР)- конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и определяет уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.

Рубежный контроль является контрольной точкой по завершению отдельного раздела учебной дисциплины.

4.1. Вопросы к экзамену

1. Основные параметры состояния тела
2. Уравнение состояния идеального газа
3. Первый закон термодинамики
4. Второй закон термодинамики
5. Цикл Карно
6. Внутренняя энергия, энтальпия
7. Энтропия
8. Расчет процессов идеального газа
9. Изобарный процесс
10. Изохорный процесс
11. Изотермический процесс
12. Адиабатный процесс
13. Политропный процесс
14. Расчет параметров воды и водяного пара
15. Изобарный процесс для воды и водяного пара
16. Изохорный процесс для воды и водяного пара
17. Изотермический процесс для воды и водяного пара
18. Адиабатный процесс для воды и водяного пара
19. Цикл Брайтона
20. Действительный цикл газотурбинного двигателя
21. Цикл Ренкина
22. Действительный цикл паротурбинной установки
23. Расчет параметров воды и водяного пара.
24. Уравнение теплопроводности.
25. Изобарный процесс воды и водяного пара (в общем виде).
26. Уравнение движения. Уравнение Бернулли.
27. Уравнение движения. Уравнение Навье-Стокса.
28. Температурное поле.
29. Адиабатный процесс воды и водяного пара (в общем виде).
30. Температурный градиент.
31. Изотермический процесс воды и водяного пара (в общем виде).
32. Цикл Брайтона.
33. Цикл Ренкина.
34. Закон Фурье.
35. Теплопроводность газов, жидкостей, твердых тел.

36. Термодинамические процессы идеальных газов.
37. Теплопроводность при стационарном режиме ($qv = 0$). Передача тепла через плоскую стенку.
38. Расчет параметров воды и водяного пара.
39. Теплопроводность при стационарном режиме ($qv = 0$). Передача тепла через цилиндрическую стенку.
40. Расход жидкости.
41. Факторы, влияющие на теплоотдачу.
42. Числа подобия.
43. Теплопроводность при стационарном режиме ($qv = 0$). Передача тепла через шаровую стенку.
44. Уравнение подобия.
45. Теплоотдача в однофазной среде при свободном движении жидкости.
46. Теплопроводность однородной пластины при наличии внутренних источников тепла.
47. Уравнение неразрывности потока.
48. Теплопроводность однородного цилиндрического стержня при наличии внутренних источников тепла.
49. Теплопроводность цилиндрической стенки при наличии внутренних источников тепла.
50. Теплоотдача в однофазной среде при вынужденном течении жидкости при продольном омывании плоской поверхности.
51. Теплопроводность жидкостей.
52. Естественная конвекция.
53. Статическое давление.
54. Теплопроводность при наличии внутренних источников тепла. Теплопроводность однородного цилиндрического стержня.
55. Уравнение однозначности для процессов теплопроводности.

4.2. Вопросы для собеседования

1. Параметры состояния рабочего тела.
2. Уравнение состояния идеального газа.
3. Анализ основных термодинамических процессов: изохорного, изобарного, изотермического, адиабатного в p - v и T - s диаграммах.
4. Первый закон термодинамики для рабочего тела, определение, уравнение.
5. Второй закон термодинамики, определение, уравнение.
6. Определение термического КПД и холодильного коэффициента прямого и обратного циклов.
7. H - S диаграмма состояния воды и водяного пара.
8. Работа и циклы: паросиловой установки Ренкина, холодильной и парокомпрессионной установки и теплового насоса.
9. Теплопроводность. Физическая сущность. Закон теплопроводности Фурье для плоских и цилиндрических стенок.
10. Понятие о конвективном теплообмене. Виды конвекции.
11. Уравнение теплоотдачи (Ньютона-Рихмана). Определение коэффициента теплоотдачи при свободной и вынужденной конвекции.
12. Критерии подобия: Nu , Re , Gr , Pr .
13. Определение теплового потока при кипении и конденсации.
14. Понятие о лучистом теплообмене. Определение теплового потока при излучении газов и твердых тел.
15. Понятие о процессе теплопередачи, уравнение теплопередачи. Определение коэффициента теплопередачи.
16. Определение теплового потока в процессе теплопередачи через плоские и цилиндрические стенки.
17. Виды теплообменных аппаратов, основные расчетные уравнения.

4.3.Образец теста к экзамену

№ вопр.	Вопросы		Варианты ответов
1	Количество теплоты, необходимой для нагрева единицы массы тела на один градус, называется...	1	массовой (удельной) теплоемкостью
		2	плотностью
		3	теплопроводностью
		4	объемной массой
		5	объемом
2	Количество теплоты, необходимой для нагрева единицы объема тела на один градус, называется...	1	плотностью
		2	объемной массой
		3	теплопроводностью
		4	объемной теплоемкостью
		5	объемом
3	Тепловой поток при теплопередаче, передаваемый от горячего флюида с температурой $T_{f,1}$ к холодному флюиду с температурой $T_{f,2}$, рассчитывается по формуле (для плоской стенки):	1	$k = f(\alpha_1, \alpha_2, R_t)$
		2	$Q = \alpha \cdot T_f - T_w \cdot F$
		3	$Q = k \cdot (T_{f,1} - T_{f,2}) \cdot F$
		4	$q_v = \frac{Q_\tau}{\tau \cdot V} = \frac{Q}{V}$
		5	$Q_\tau = q_v \cdot V \cdot \tau$
4	В стационарном режиме теплообмена и при условии равномерного распределения внутренних источников (стоков) теплоты в объеме тела:	1	$Q = k \cdot (T_{f,1} - T_{f,2}) \cdot F$
		2	$Q_\tau = q_v \cdot V \cdot \tau$
		3	$q_v = \frac{Q_\tau}{\tau \cdot V} = \frac{Q}{V}$
		4	$Q = \alpha \cdot T_f - T_w \cdot F$
		5	$q_l = \frac{Q_\tau}{\tau \cdot l} = \frac{Q}{l}$
5	Единица измерения коэффициентов линейного и объемного теплового расширения в системе СИ...	1	К
		2	K^{-1}
		3	кг
		4	Дж
		5	ккал
6	Теплопроводность (кондукция) как способ передачи теплоты характерна только для ...	1	твердых тел, неподвижных газов и жидкостей
		2	газов
		3	жидкостей
		4	газов и жидкостей
		5	воды
7	Способ передачи теплоты теплопроводность (кондукция) отличается тем, что теплоперенос...	1	возможен только в воздухе
		2	сопровождается массопереносом
		3	невозможен
		4	возможен только в воде
		5	не сопровождается массопереносом

5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценка знаний, умений, навыков обучающихся при собеседованиях и на итоговом экзамене. В системе оценки знаний и умений используются следующие критерии:

Формы контроля	Показатель	Краткая характеристика оценочного средства
Собеседование по вопросам модуля 1	зачтено	Бакалавр демонстрирует формируемые компетенции ОПК-1, ПК-2, как минимум на пороговом уровне.
	не зачтено	Не соответствует указанным критериям.
Собеседование по вопросам модуля 2	зачтено	Бакалавр демонстрирует формируемые компетенции ОПК-1, ПК-2 как минимум на пороговом уровне.
	не зачтено	Не соответствует указанным критериям.
Собеседование по вопросам модуля 3.	зачтено	Бакалавр демонстрирует формируемые компетенции ОПК-1, ПК-2, как минимум на пороговом уровне.
	не зачтено	Не соответствует указанным критериям.
Курсовая работа	зачтено	Бакалавр демонстрирует формируемые компетенции ОПК-1, ПК-2 как минимум на пороговом уровне.
	не зачтено	Оценка «не зачтено» ставится при невыполнении указанных критериев.
Экзамен	Не удовлетворительно.	ставится при освоении магистрантом пороговых уровней менее 50 % компетенций ОПК-1, ПК-2
	Удовлетворительно.	ставится при освоении пороговых уровней более 50 % компетенций ОПК-1, ПК-2
	Хорошо	ставится при освоении повышенных уровней менее 50 % компетенций ОПК-1, ПК-2
	Отлично	ставится при освоении повышенных уровней более 50 % компетенций ОПК-1, ПК-2

При этом в своих ответах бакалавр демонстрирует:

- полноту знаний теоретического и практического материала;
- умение собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из различных источников;
- умение четко, ясно, логично и грамотно излагать свои мысли, делать умозаключения и выводы;
- умение пользоваться нормативными документами в области безопасности в чрезвычайных ситуациях;
- умение определять, формулировать проблему по рассматриваемому вопросу и находить пути её решения;
- умение самостоятельно принимать решения на основе проведенных исследований;
- умение и готовность к использованию прикладных программных средств;
- умение создавать содержательную презентацию выполненной работы;
- способность к публичной коммуникации;
- способность интегрировать знания из новых и междисциплинарных областей для решения поставленных задач.

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности обучающегося
Занятия лекционного и практического типа	<p>В ходе лекций (практических занятий) преподаватель излагает и разъясняет основные, наиболее сложные понятия темы, а также связанные с ней теоретические и практические проблемы, дает рекомендации на выполнение самостоятельной работы.</p> <p>В ходе лекций обучающимся рекомендуется:</p> <ul style="list-style-type: none"> - вести конспектирование учебного материала; - обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации по их применению; - задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций. <p>В рабочих конспектах желательно оставлять поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся, дополняющего материал прослушанной лекции, а также пометки, подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.</p> <p>Для успешного овладения курсом необходимо посещать все лекции, так как тематический материал взаимосвязан между собой. В случаях пропуска занятия студенту необходимо самостоятельно изучить материал и ответить на контрольные вопросы по пропущенной теме во время индивидуальных консультаций. Примеры выполнения практических заданий представлены в Приложении 2.</p>
Самостоятельная работа	<p>Важной частью самостоятельной работы является чтение учебной и научной литературы. Основная функция учебников – ориентировать студента в системе знаний, умений и навыков, которые должны быть усвоены будущими специалистами по данной дисциплине.</p> <p>Темы СРС представлены в пункте 3.1.1.РП</p>
Подготовка к экзамену	<p>Подготовка к экзамену предполагает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - изучение основной и дополнительной литературы - изучение конспектов лекций - участие в проводимых контрольных опросах - тестирование по темам <p>Перечень вопросов к экзамену представлен в Приложении 1. Рабочий учебный план предусматривает «Оценку» за экзамен, которая выставляется по критериям, представленным в пункте 5.2.</p>

Задача изучения дисциплины — овладение закономерностями основных процессов переноса теплоты и массы, в частности процессов тепло- и массообмена, протекающих совместно, усвоение основных результатов теоретических и экспериментальных исследований и ознакомление с путями решения современных проблем тепломассообмена, приобретение умений и навыков в проведении тепловых расчетов и решении практических задач, связанных с тепломассообменом в элементах энергетических установок.

Для изучения дисциплины необходимо знание высшей математики, физики, гидродинамики и термодинамики.

В списке рекомендуемой литературы выделены учебник и задачник (основной комплект книг), в которых объем и структура материала в наибольшей степени согласуется с утвержденной программой дисциплины, а приведенные в приложениях справочные данные достаточны, чтобы в полном объеме выполнить расчеты, предусмотренные контрольными заданиями.

ми. Именно по этим книгам даны в настоящем пособии методические разработки (библиографические ссылки по темам программы и в разъяснениях к вопросам для самоконтроля) с указанием глав, параграфов и страниц, подлежащих обязательной проработке.

В случае затруднений с приобретением указанных в списке изданий учебника и задачника, указанных в п.п. 4.1 и 4.2 Рабочей программы по дисциплине, можно воспользоваться этими же книгами предыдущих изданий. В списке дополнительной литературы приведены наименования книг, которые могут быть использованы для более подробного изучения отдельных тем курса и при решении практических задач, выходящих за рамки учебной программы.

Указания по организации самоконтроля

При изучении дисциплины "термодинамика и теплопередача" большое внимание нужно обратить на самостоятельную работу с учебной литературой. Методические указания преследуют цель — обеспечить единство процессов самостоятельной проработки текста рекомендуемого учебника и самоконтроля за качеством усвоения программного материала дисциплины. По каждой теме программы приводится по 10-14 вопросов. Их форма предусматривает ответ "Да" или "Нет". Количество верных ответов помогает судить о степени подготовленности студента по теме. В случае ошибочных ответов или неуверенности в ответе изучаются пояснения к ответам на вопросы для самопроверки. Вопросы повышенной трудности, на которые нет прямых ответов в учебнике, отмечены звездочкой.

Предмет курса, общие понятия. Основные процессы передачи теплоты: теплопроводность, конвективный теплообмен, лучистый теплообмен. Теплопередача. Теплоотдача.

Макроскопический характер учения о теплообмене: условия и границы применения макроскопической модели: сплошная среда. Теоретический и экспериментальный методы исследования в теплопередаче. Современные проблемы теплопередачи.

Методические указания к проведению семинарских занятий

Последовательное или параллельное изучение дисциплин «Термодинамика» и «Теплопередача» имеет свою особенность – применение одинаковых буквенных обозначений Q и q при различном их значении в каждой дисциплине. Так, в «Термодинамике» через Q обозначают количество теплоты, подведенное к системе через оболочку. Энергию в единицах СИ выражают в джоулях, кило- и мегаджоулях. Соответственно через q обозначают количество теплоты, подведенное к системе массой 1 кг, и в единицах СИ его выражают, например, в джоулях на килограмм. Однако в курсе «Тепломассообмен» эти же обозначения применяют для обозначения мощности потоков теплоты. Через Q обозначают мощность теплового потока через границу тела (называемую для краткости просто тепловым потоком), которую выражают в ваттах. Соответственно через q обозначают поверхностную интенсивность мощности теплового потока (называемую для краткости плотностью теплового потока), которую выражают в ваттах на квадратный метр. Общее же количество теплоты, прошедшее сквозь границу тела, в рекомендуемом учебнике обозначают через Q_T и выражают в джоулях.

Вопросы для самопроверки

В. 1. Верно ли, что между стенками, разделенными слоем газа, может существовать как конвективный теплообмен, так и теплообмен излучением? (Да, нет).

В.2. Является ли теплообмен между Солнцем и планетами примером сложного теплообмена? (Да, нет).

В.3. Является ли перенос теплоты через стекло примером сложного теплообмена? (Да, нет).

В.4. Возможен ли конвективный теплообмен в твердом теле? (Да, нет).

В.5. Является ли конвективная теплоотдача элементарным процессом? (Да, нет).

В. 6. Является ли процесс теплопередачи элементарным процессом? (Да, нет).

В. 7. Возможно ли явление массообмена при отсутствии конвекции? (Да, нет).

В. 8. Из двух единиц – ватт и джоуль, является ли ватт единицей тепловой мощности? (Да, нет).

В. 9. Отличаются ли единицы электрической мощности и потока теплоты? (Да, нет).

В.10. Можно ли выражать плотность теплового потока в килокалориях на квадратный метр? (Да, нет).

Тема 1. Основные положения теории теплопроводности

Содержание темы

Механизм процесса теплопроводности в газах, жидкостях, металлах, твердых диэлектриках. Температурное поле. Тепловой поток и плотность теплового потока. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности, его зависимость от различных факторов. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Коэффициент температуропроводности. Краевые условия для процесса теплопроводности; граничные условия первого, второго, третьего и четвертого рода. Закон Ньютона-Рихмана для теплоотдачи.

Методические указания

При изучении дифференциального уравнения теплопроводности Фурье обратить внимание, что его вывод основан на законе сохранения энергии, на законе теплопроводности Фурье и на допущении о постоянном значении коэффициента теплопроводности, которые и определяют существо этого уравнения и область его применения. В исходном уравнении [1, с.16 (1-22)] допущено отступление от принятых в книге обозначений: вместо dQ_1 и dQ_2 следовало бы написать dQ_{τ_1} и dQ_{τ_2} , а вместо dQ – величину dU или dH .

Вопросы для подготовки к собеседованию

1. Могут ли изотермические поверхности пересекаться? (Да, нет).
2. Могут ли изотермические поверхности быть замкнутыми? (Да, нет).
3. Из двух противоположных утверждений ($\text{grad } t \perp$ изотерме; $\text{grad } t \parallel$ изотерме) является ли правильным именно второе? (Да, нет).
4. Достаточно ли знать градиенты температурного поля, чтобы определить разность температур между точками поля? (Да, нет).
5. Достаточно ли знать продолжительность нагрева и количество теплоты, подведенной за это время к телу произвольных размеров, чтобы определить плотность теплового потока на поверхности тела? (Да, нет).
6. Могут ли быть одинаковыми истинная и средняя плотности теплового потока? (Да, нет).
7. Может ли средняя объемная мощность внутренних источников теплоты быть равной дивергенции потока теплоты? (Да, нет).
8. Могут ли быть выражены в одинаковых единицах плотность теплового потока и объемная мощность внутренних источников теплоты? (Да, нет).
9. Возможна ли дивергенция потоков теплоты при отсутствии внутренних источников (приемников) теплоты? (Да, нет).
10. Можно ли рассматривать дифференциальное уравнение теплопроводности Фурье как одну из форм закона сохранения энергии? (Да, нет).
11. Можно ли применить уравнение Лапласа к анализу процессов нестационарной теплопроводности? (Да, нет).
12. Входят ли физические параметры тела в состав условий однозначности, необходимых для решения дифференциального уравнения теплопроводности? (Да, нет).
- 13.
- 14.

Тема 2. Основные законы теплового излучения

Содержание темы

Природа теплового излучения. Спектр излучения. Лучистый поток. Плотность лучистого потока. Интенсивность излучения. Поглощающая, отражающая и пропускная способность тел. Излучение монохроматическое и интегральное. Закон Кирхгофа для монохроматического и интегрального излучения.

Классификация лучистых потоков: собственное излучение, отраженное, эффективное и результирующее излучение, падающее и поглощенное излучения; их взаимная связь.

Распределение энергии в спектре черного тела: закон Планка, закон Вина. Коэффициент черноты излучения. Серое тело. Закон Стефана-Больцмана, закон Ламберта.

Методические указания

Нужно различить излучение равновесное и неравновесное.

Равновесное излучение описывается законом Планка или законом Релея – Джинса и Вина (частные случаи). Закон Стефана-Больцмана и закон смещения Вина вытекают из закона Планка, первый – при его интегрировании, второй – при дифференцировании.

Излучение реальных тел следует рассматривать как приближенное к равновесному, описываемое формулами Планка, Вина и Стефана-Больцмана, которые отличаются от соответствующих одноименных законов черного излучения только опытными коэффициентами, называемыми спектральной степенью черноты или степенью черноты (интегральной), причем для серых тел спектральные степени черноты одинаковые при всех длинах волны и равны интегральной степени черноты.

Вопросы для подготовки к собеседованию

1. Может ли тело поглощать больше лучистой энергии, чем излучать? (Да, нет).
2. Может ли отраженный лучистый поток быть больше падающего лучистого потока? (Да, нет).
3. Одинаковы ли единицы, используемые для поверхностной плотности потока интегрального излучения и для спектральной плотности потока излучения? (Да, нет).
4. Всегда ли тело, температура которого выше температуры окружающей среды, излучает энергии больше, чем поглощает? (Да, нет).
5. Может ли возрастать спектральная плотность потока излучения при увеличении длины волны излучения? (Да, нет).
6. Может ли убывать спектральная плотность потока излучения при увеличении длины волны излучения? (Да, нет).
7. Может ли собственное излучение тела быть меньше отраженного этим телом излучения? (Да, нет).
8. . Может ли собственное излучение тела быть больше поглощенного этим телом излучения? (Да, нет).
9. Может ли собственное излучение тела быть больше эффективного излучения этого тела? (Да, нет).
10. Может ли собственное излучение тела быть больше потока результирующего излучения, направленного от тела? (Да, нет).
11. Может ли в условиях равновесного излучения степень черноты тела отличаться по величине от поглощаемой способности этого тела? (Да, нет).
12. Всегда ли степень черноты тела и его поглощательная способность одинаковы? (Да, нет).
- 13.

Тема 3. Теплообменные аппараты

Содержание темы

Общие сведения. Назначения теплообменников. Их классификация по принципам действия: рекуперативные, регенеративные и смешительные теплообменники, теплообменники с выделением теплоты за счет других видов энергии. Характерные конструктивные схемы теплообменников. Основные схемы движения теплоносителей в теплообменниках: прямоток, противоток, поперечный ток и комбинированные схемы. Задачи расчета теплообменников. Расчет при проектировании и поверочный расчет. Основы теплового и гидравлического расчета теплообменников. Уравнение теплового баланса и уравнение теплоотдачи.

Средний температурный напор. Определение среднего температурного напора для основных схем движения теплоносителей. Сравнение прямотока и противотока. Определение поверхности теплообмена при переменном коэффициенте теплоотдачи и переменных теплоемкостях теплоносителей. Вычисление коэффициента теплопередачи для различной формы поверхности теплообмена. Понятие о способах учета эксплуатационных условий (неполное омывание поверхности нагрева, загрязнения, неплотности). Вычисление конечной температуры теплоносителей. Интенсификация процессов теплопередачи. Особенности в методике теплового расчета регенеративных

теплообменников. Выражение для полного падения давления в теплообменнике. Гидравлические сопротивления и местные сопротивления. Затраты напора, обусловленные ускорением потока и преодолением гидростатического давления столба жидкости. Мощность, необходимая для перемещения теплоносителей.

Методические указания

Основным вопросом темы является анализ уравнения теплового баланса и уравнения теплопередачи, а также их применение к расчету теплообменников – как проектному, так и к проверочному расчетам.

Необходимо различать проектный и проверочный расчеты теплообменников, хорошо разбираться в выводах, относящихся к определению среднего температурного напора, и овладеть методикой расчета конечных температур.

Вопросы для подготовки к собеседованию

1. Может ли в стационарном режиме теплообменника изменяться разность между температурами нагреваемой струи на входе и на выходе? (Да, нет).
2. Зависит ли в стационарном режиме мощность теплового потока, проходящего сквозь теплообменную поверхность, от продолжительности режима? (Да, нет).
3. Зависит ли в стационарном режиме количество теплоты, проходящее сквозь теплообменную поверхность, от продолжительности режима? (Да, нет).
4. Может ли средний логарифмический температурный напор в прямоточном теплообменнике быть больше, чем каждый из крайних температурных напоров? (Да, нет).
5. Может ли средний логарифмический температурный напор быть меньше хотя бы одного из крайних напоров? (Да, нет).
6. Верно ли, что включение теплообменника по схеме прямотока не может увеличить средний логарифмический напор по сравнению со схемой противотока? (Да, нет).
7. Верно ли, что увеличение мощности теплового потока в теплообменнике достигается при постоянстве коэффициента теплоотдачи за счет увеличения среднелогарифмического температурного напора? (Да, нет).
8. Можно ли вычислить среднюю по сечению скорость струи, зная только ее объемный расход через сечение и площадь сечения? (Да, нет).
9. Верно ли, что при 20 С и нормальном давлении кинематический коэффициент вязкости у воздуха больше, чем у воды? (Да, нет).
10. Может ли коэффициент сопротивления трения изменяться при переходе от режима нагрева струи к режиму ее охлаждения? (Да, нет).
11. Растет ли сопротивление трения при увеличении скорости потока в теплообменнике? (Да, нет).
12. Растут ли затраты мощности на насос, прокачивающий жидкость через теплообменник, если полное сопротивление трения в теплообменнике снижается? (Да, нет).
13. Возможен ли при течении теплоносителей вдоль теплообменной поверхности прямоточного теплообменника случай конвективной теплоотдачи, характеризуемый тепловым режимом стенки $t_c = \text{const}$? (Да, нет).
14. Возможен ли при течении теплоносителей вдоль теплообменной поверхности противоточного теплообменника случай конвективной теплоотдачи, характеризуемый тепловым режимом стенки $t_c = \text{const}$? (Да, нет).