

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

К.М.04.ДВ.01.02 ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

Направление подготовки (специальности): 21.03.01 Нефтегазовое дело

Профиль: Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти

Форма обучения
(очно-заочная)

Квалификация (степень) выпускника
(бакалавр)

2021 год набора

Виды работ	Объём занятий по семестрам, час										Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Лекции						12					12
Практические занятия						18					18
Лабораторные работы						-					-
Консультации						-					-
Самостоятельная работа						78					78
Контрольная работа						-					-
Курсовой(ая) проект/работа						-					-
Контроль						-					-
Форма контроля						3					3
Итого:						108					108
з.е.						3					3

Рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методического совета ИНГ протокол № 5 от 14.05.2021

Ханты-Мансийск, 2021 год

Предисловие

1. Программа разработана в соответствии с требованиями Федерального закона от 27.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации», федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки (специальности) 21.03.01 Нефтегазовое дело утвержденного приказом Минобрнауки РФ № 96 от 9.02.2018 года.

2. Разработчик(и):

-

(ученая степень, ученое звание)



(подпись)

О.А. Нанишвили

(И. О. Фамилия)

3. Согласовано руководителем образовательной программы по направлению подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело

канд. геогр. наук

(ученая степень, ученое звание)



(подпись)

Н.О. Игенбаева

(И. О. Фамилия)

4. Утверждаю:

Директор ИНГ

(должность)



(подпись)

В.И. Зеленский

(И. О. Фамилия)

1 Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является получение обучающимися знаний об основных законах термодинамики и теплопередачи, принципах действия и протекания рабочих термодинамических процессов.

2 Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к вариативной части блока Б1 учебного плана, дисциплинам по выбору модуля Эксплуатация и обслуживание объектов добычи нефти.

3 Формируемые компетенции обучающегося

Планируемые результаты освоения ОПОП (компетенции), достижение которых обеспечивает дисциплина		Планируемые результаты (соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций)
код компетенции	содержание компетенции	
ПК-1	Способен осуществлять и корректировать технологические процессы нефтегазового производства	ПК-1.5 З. Влияние различных процессов, происходящих в пласте, на коэффициент продуктивности добывающей скважины Характеристики притока из пласта Способы расчета характеристик притока по результатам исследования скважины на различных режимах ПК-1.5 У. Оценивать влияние на коэффициент продуктивности различных процессов, происходящих в пласте Прогнозировать изменение характеристики притока из пласта в скважину с учетом режима работы пласта ПК-1.5 В. Методами расчета и прогноза характеристики притока из пласта в скважину
ПК-2	Способен проводить работы по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации технологического оборудования в соответствии нефтегазового производства	ПК-2.1 З. Назначение, устройство и принцип работы оборудования по добыче углеводородного сырья ПК-2.1 У. Анализировать технические параметры оборудования по добыче углеводородного сырья ПК-2.1 В. Навыками выявления причин вынужденных и аварийных остановок оборудования по добыче углеводородного сырья

4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы 108 часов.

№ п/п	Тема	Трудоемкость по видам учебной работы, час					Код компетенции	Оценочные средства
		Занятия лекционного типа	Практические занятия	Лабораторные занятия	Консультации	Самостоятельная работа		
1	Введение. Техническая термодинамика Термодинамическая система. Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа. Уравнение Менделеева-Клапейрона. Законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля. Универсальная газовая постоянная. Смеси газов. Теплоемкость газов. Уравнение Майера. Газовая постоянная	4	4			16	ПК-1, ПК-2	собеседование реферат, контрольная работа
2	Первый закон термодинамики Равновесное и неравновесное состояние системы, обратимые и необратимые процессы, циклические процессы. Рабочие процессы идеальных газов. Сущность первого закона термодинамики. Слагаемые первого закона термодинамики: теплота, работа, внутренняя энергия, энтальпия. Первый закон термодинамики для изопроцессов	2	4			16	ПК-1, ПК-2	собеседование реферат, контрольная работа
3	Процессы парообразования Кипение и испарение. График процесса парообразования. Критическая точка процесса парообразования. Разновидности пара. Степень сухости пара	2	4			16	ПК-1, ПК-2	собеседование реферат, контрольная работа
4	Теплопроводность. Теплопередача Способы распространения теплоты: теплопроводность, излучение, конвекция. Их сравнительный анализ. Тепловой поток, температурное поле, температурный градиент. Тепловой баланс.	2	4			16	ПК-1, ПК-2	собеседование реферат, контрольная работа

	Дифференциальное уравнение теплопроводности. Конвективный теплообмен. Свободная и вынужденная конвекция. Режимы движения жидкости. Тепловой и гидродинамический пограничные слои. Уравнение Ньютона-Рихмана. Теплоотдача при движении жидкости в трубах. Теплоотдача при свободном движении теплоносителя.							
5	Радиационный и сложный теплообмен Основные понятия и определения. Физическая сущность лучистого теплообмена, виды потоков излучения. Основные законы излучения. Постоянная Стефана-Больцмана. Экраны.	2	2			14	ПК-1, ПК-2	собеседование реферат, контрольная работа
Итого		12	18			78	-	-

5 Образовательные технологии, используемые при различных видах учебной работы

№ темы	Образовательная технология
1	Управляемая дискуссия
3	Управляемая дискуссия
1	Разбор конкретных ситуаций
2	Разбор конкретных ситуаций

6 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Электронно-информационная образовательная среда представлена личным кабинетом, расположенным по ссылке <https://itport.ugrasu.ru>, электронной библиотечной системой <https://lib.ugrasu.ru>, электронным каталогом Научной библиотеки ЮГУ <https://irbis.ugrasu.ru> и системой дистанционного обучения Moodle, расположенной по ссылке <http://eluniver.ugrasu.ru>.

Методические указания для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ в доступной для них форме представлены в электронном виде в системе Moodle по ссылке <http://eluniver.ugrasu.ru>.

6.1 Методические указания к занятиям лекционного типа

Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать его научно-педагогическому работнику на практическом занятии.

6.2 Методические указания к практическим занятиям

Целью практических занятий является закрепление теоретических знаний и приобретение практических умений и навыков. Методические рекомендации по каждой практической работе имеют теоретическую часть, подготовленную отдельно, или указание на источник, необходимый для подготовки к соответствующему практическому занятию, с необходимыми для выполнения работы формулами, пояснениями, таблицами и графиками; алгоритм выполнения заданий. Практические задания сочетаются с теоретическими знаниями. Проведению практического занятия как правило предшествует самостоятельная работа обучающегося.

6.3 Методические указания к самостоятельной работе

В рамках самостоятельной работы обучающийся знакомится с рабочей программой, особое внимание должно уделяться целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Анализируется конспект лекций, ведется подготовка ответов к контрольным вопросам, просматривается рекомендуемая литература, используются аудио-видеозаписи по заданной теме, решаются расчетно-графические задания, задачи по алгоритму и др.

6.4 Методические указания к контрольной работе

В контрольной работе раскрываются определенные условием вопросы. Исходными данными для выполнения контрольной работы могут служить учебники и учебные пособия, результаты исследований и др. Завершенная контрольная работа, оформленная должным образом, подписывается обучающимся на титульном листе и сдается для проверки научно-педагогическому работнику. Срок сдачи контрольной работы определяется в соответствии с учебным планом и доводится до сведения обучающихся.

7 Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся производится в дискретные временные интервалы НПП, обеспечивающими реализацию дисциплины в форме зачета.

Обучение и контроль обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

Методическое обеспечение для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья представлено как электронный учебно-методический комплект документов по дисциплине и размещено в системе «Moodle» (и/или в системе управления электронными образовательными ресурсами) на сайте Университета по ссылке <http://eluniver.ugrasu.ru>.

7.1 Технологическая карта дисциплины

№ п/п	Название темы	Максимальное количество баллов
Обязательный уровень (70 баллов)		
1	Введение. Техническая термодинамика	12
2	Первый закон термодинамики	12
3	Процессы парообразования	12
4	Теплопроводность.	12

	Теплопередача	
5	Радиационный и сложный теплообмен	12
6	Контрольная работа по темам 1-5	10
Дополнительный уровень (30 баллов)		
1	Рефераты по темам, выносимых на самостоятельную проработку	10
2	Собеседование по разделам дисциплины	10
3	Публикация в сборнике тезисов докладов	10
Итого		100

Шкала оценивания результатов по балльной системе:

Для зачёта: зачтено от 61 балла.

7.2 Примерные контрольные задания при проведении практических работ

Задание 1. Параметры состояния тела. Идеальные газы. Основные газовые законы.

1. В цилиндре 1 кг воздуха сжимается в одном случае по изотерме, а в другом - по политропе со средним показателем n так, что объем уменьшается в 8 раз. Определить конечные значения температуры, давления и плотности воздуха, а также работу, изменение энтропии в процессах сжатия. Начальные параметры: P_1, T_1 . Теплоемкость воздуха считать не зависящей от температуры.
2. Смесь идеальных газов заданного массового состава занимает объем V при постоянном абсолютном давлении P и температуре T . Требуется определить газовую постоянную смеси, среднюю молекулярную массу, массу смеси, объемный состав смеси, а также среднюю мольную, объемную и массовую теплоемкости смеси (при $P = \text{const}$) для интервала температур $0 - T$.
3. Смесь идеальных газов заданного массового состава (см. задачу № 2) расширяется при постоянной температуре T так, что отношение конечного объема к начальному равно V . Определить газовую постоянную, конечные параметры смеси P_2 и V_2 , работу расширения, количество теплоты и изменение удельной энтропии в процессе. Для смеси заданы масса G и начальное абсолютное давление P_1 . Процесс изобразить в PV - и Ts -диаграммах.
4. Найти объемный состав смеси идеальных газов, заданный массовый долями (см. задачу № 2). Определить также парциальные давления компонентов смеси, если абсолютное давление смеси P .
5. В процессе политропного сжатия воздуха G , кг/с, в одноступенчатом поршневом компрессоре отводится теплота в количестве Q , кДж/с. При сжатии от начального абсолютного давления P_0 температура воздуха возрастает от T_1 до T_2 . Определить показатель политропы процесса сжатия, конечное давление, удельную работу сжатия и техническую работу на получение сжатого воздуха, Дж/кг. Какова теоретически необходимая мощность привода компрессора, кВт.
6. Определить показатель политропы сжатия воздуха в одно-ступенчатом поршневом компрессоре, если давление в процессе возрастает в n раз, а температура газа изменяется от T_1 до T_2 . Определить также теплоту процесса, работу процесса, изменение внутренней энергии и энтропии 1 кг газа.
Данные по вариантам выдаются преподавателем.

Задание 2. Рабочие процессы идеальных газов.

1. Определить количество теплоты, отдаваемое каждым килограммом отработавших газов дизеля в утилизационном котле, где газы при постоянном давлении охлаждаются от температуры T_1 до температуры T_2 . Объемный состав отработавших газов: $r_{CO_2} = 0,08$; $r_{H_2O} = 0,06$; $r_{O_2} = 0,10$; $r_{N_2} = 0,76$.

2. Диаметр цилиндров тепловозного дизеля D , ход поршней s , степень сжатия ϵ . Определить теоретическую работу политропного сжатия воздуха в одном цилиндре, изменения удельных значений внутренней энергии и энтропии в процессе. Абсолютное давление воздуха в начале сжатия P_1 , температура T_1 . Показатель политропы процесса сжатия. Теплоемкость воздуха считать не зависящей от температуры.
3. Воздух, имея начальную температуру T_1 и абсолютное давление P_1 , изотермически расширяется до давления P_2 , а затем нагревается в изохорном процессе до тех пор, пока давление вновь не станет равным P_1 . Требуется определить удельный объем воздуха в конце изотермического расширения и температуру в конце изохорного подвода теплоты, а также изменения удельных значений внутренней энергии, энтальпии и энтропии в изохорном процессе. Теплоемкость воздуха считать не зависящей от температуры. Изобразить процессы в p - v - и T - s -диаграммах.
4. 1 кг азота, имея начальную температуру T_1 расширяется при постоянном давлении P , при этом удельный объем его увеличивается в N раз. Определить удельный объем и температуру азота в конце процесса, работу в процессе, изменения внутренней энергии и энтропии, а также подведенную теплоту. Средняя массовая теплоемкость азота имеет линейную зависимость от температуры.
5. Определить параметры состояния 1 кг воздуха в конце его адиабатного расширения от давления P_1 до P_2 . Определить также работу процесса и изменение внутренней энергии воздуха. Начальная температура T_1 .
6. В установке по приготовлению дистиллированной воды для заправки системы охлаждения тепловозного дизеля насыщенный пар, имея абсолютное давление P_1 и степень сухости χ , конденсируется и охлаждается до температуры T проточной водой. Какое количество воды требуется для приготовления дистиллята в сутки в количестве G , если температурный перепад проточной воды в теплообменнике установки составляет ΔT ? Теплообменом рабочих тел установки с окружающей средой пренебречь.
Данные по вариантам выдаются преподавателем.

Задание 3. Степень сухости пара. Дросселирование газов.

1. В закрытом сосуде объемом V находится влажный насыщенный водяной пар с абсолютным давлением P . В объеме пара содержится 30 кг жидкости. Определить массу парообразной фазы в сосуде и степень сухости пара.
2. Влажный насыщенный водяной пар со степенью сухости χ перегревается при постоянном абсолютном давлении P до температуры T . На сколько градусов перегрет пар? Какое количество теплоты затрачивается на подсушку и перегрев пара?
3. 1 кг перегретого водяного пара, имея температуру T_1 и энтропию S_1 , охлаждается в процессе постоянного объема до состояния, когда энтальпия пара становится равной Q . Определить, состояние пара и его параметры в конце процесса, а также количество отведенной теплоты. Решение задачи иллюстрировать на i - s - диаграмме.
4. Влажный насыщенный водяной пар, имея начальные параметры T_1 и χ , сжимается в процессе без теплообмена с окружающей средой. При этом объем пара уменьшается в N раз. Определить состояние и параметры пара в конце процесса сжатия, а также изменение удельной энтальпии и работу 1 кг пара в процессе, изобразить процесс в i - s - диаграмме.
5. Какой должна быть площадь сечения отверстия предохранительного клапана парового котла, чтобы при внезапном прекращении отбора сухого насыщенного пара из него в количестве G абсолютное давление не превысило 1,4 МПа? Атмосферное давление P_0 . Потерей давления на мятие пара, теплообменом при прохождении отверстия и скоростью пара на входе в отверстие клапана пренебречь.
6. Определить основные размеры сопла Лавала, через которое вытекает воздух в количестве G в среду с давлением P . Начальные параметры газа: абсолютное давление

P_1 и температура T_1 . Истечение считать адиабатным. Потерями энергии на трение пренебречь. Изобразить в масштабе разрез сопла, приняв при этом угол конусности расширяющейся части равным 10° .

7. В дроссельном клапане парового двигателя водяной пар с начальными параметрами P_1 и T_1 дросселируется до давления P_2 , а затем адиабатно расширяется в цилиндре двигателя до давления P_3 . Определить потерю располагаемой работы пара вследствие дросселирования. Решение задачи проиллюстрировать в is -диаграмме.

8. Влажный насыщенный пар с абсолютным давлением P_1 поступает в дроссельный калориметр для определения его влажности. После дросселирования до давления P_2 температура пара становится равной T_2 . Какова влажность пара до дросселирования? Как возрастает удельная энтропия пара в дроссельном калориметре? Решение задачи проиллюстрировать в is -диаграмме.

9. В цилиндры двигателя внутреннего сгорания всасывается 200 кг атмосферного воздуха в час при давлении P , температуре T и относительной влажности ϕ . Какое количество воды всасывается двигателем в час?

10. Какое количество воздуха необходимо пропустить через сушильную камеру, чтобы от материала, помещенного в нее, отвести 1 т воды? Наружный воздух при барометрическом давлении P_0 , имея температуру T_1 и относительную влажность ϕ_1 , в калорифере подогревается до температуры T_2 , а затем воздух поступает в сушильную камеру и выходит из нее при относительной влажности ϕ_2 . Решение задачи проиллюстрировать в Id -диаграмме.

Данные по вариантам выдаются преподавателем.

Задание 4. Способы распространения теплоты.

1. Стенка, состоящая из наружного слоя изоляционного кирпича толщиной h_1 и внутреннего слоя совелита толщиной h_2 , имеет температуру наружной поверхности T_1 и внутренней T_2 . Коэффициенты теплопроводности материала слоев соответственно равны: λ_1 и λ_2 . Определить плотность теплового потока через стенку и температурные градиенты в отдельных слоях. Представить графически распределение температуры по толщине стенки.

2. По стальному паропроводу с внутренним диаметром d_1 и толщиной стенки h_1 протекает перегретый пар с температурой T_1 . Паропровод покрыт слоем изоляции толщиной h_2 , коэффициент теплопроводности которой λ_2 . Температура окружающего воздуха T_2 . Коэффициенты теплоотдачи со стороны пара и окружающего воздуха соответственно равны: a_1 , a_2 . Определить потери тепла Q_1 на 1 пог.м паропровода, а также температуру наружной поверхности изоляции. Коэффициент теплопроводности стали принять равным 35 Вт/(м·К).

3. Паропровод покрыт двумя слоями изоляции, имеющими одинаковую толщину. Средний диаметр второго слоя d_2 в n раз больше среднего диаметра первого слоя d_1 , а коэффициент теплопроводности изоляции второго слоя в m раз меньше коэффициента теплопроводности первого слоя. На сколько процентов изменится потеря тепла (линейная плотность теплового потока), если при неизменных температурах наружной и внутренней поверхности слои изоляции поменять местами?

4. До какого предельного значения можно понизить температуру воздуха в помещении, чтобы температура внутренней поверхности стены осталась не ниже T_1 при температуре наружного воздуха T_2 , если толщина стены h , коэффициент теплопроводности материала стены λ , а коэффициенты теплоотдачи с внутренней и наружной сторон соответственно a_1 и a_2 ?

5. Какова толщина слоя изоляции паропровода, если при температуре внутренней поверхности T наружная поверхность диаметром d имеет температуру T_1 ? Коэффициент теплопроводности изоляции λ . Коэффициент теплоотдачи от поверхности изоляции к окружающему воздуху a . Температура воздуха 20°C .

6. Плоская стальная стенка толщиной h_1 омывается с одной стороны дымовыми газами с температурой T_1 , а с другой стороны — водой с температурой T_2 . Коэффициент теплопередачи со стороны газов и со стороны воды соответственно 1 и 2. Коэффициент теплопроводности материала стенки λ_1 . Определить плотность теплового потока через стенку и температуру ее поверхностей со стороны газов и воды для случая чистой стенки, а также для случая, когда она покрыта слоем накипи с коэффициентом теплопроводности λ_2 толщиной h_2 . Для обоих случаев показать графически распределение температуры по толщине стенки.

7. Определить требуемые значения кинематического коэффициента вязкости ν и скорости течения жидкости v в модели, в которой исследуется теплообмен при вынужденной конвекции. Коэффициент температуропроводности жидкости в модели ϵ . В образце, представляющем собой канал с эквивалентным диаметром d_0 , протекает воздух со средней скоростью v_0 . Определяющая температура воздуха T_0 , давление P_0 . Геометрические размеры модели в шесть раз меньше размеров образца.

8. Определить значение коэффициента теплоотдачи при течении воздуха по цилиндрической трубе диаметром d . Средняя температура воздуха T_w , давление P , расход G . Относительная длина трубы $l/d > 50$.

9. Определить среднее значение коэффициента теплоотдачи при поперечном обтекании пучка коридорно расположенных труб диаметром d , если средняя определяющая скорость воздуха в пучке v , средняя температура воздуха T_1 . Какова средняя линейная плотность теплового потока в пучке, если температура поверхности трубы постоянна и равна 200°C ? Поправкой на число рядов труб пренебречь.

10. Найти среднее значение коэффициента теплоотдачи при пленочной конденсации сухого насыщенного водяного пара давлением P около горизонтальной трубки (диаметром d и длиной l), имеющей температуру поверхности T_0 . Какое количество указанных трубок потребуется для конденсации 500 кг пара в час?

Данные по вариантам выдаются преподавателем.

7.3 Примерный перечень тем рефератов

1. Термодинамика как наука о преобразовании энергии
2. Уравнения состояния для идеальных, неидеальных углеводородных газов
3. Аддитивный подход при описании физико-химических свойств углеводородных газов
4. Основные термодинамические процессы
5. Сущность первого закона термодинамики
6. Понятие критической температуры, критического давления и приведенных параметров газов
7. Второй закон термодинамики
8. Режимы движения жидкости
9. Физическая сущность лучистого теплообмена, виды потоков излучения

7.4 Примерный перечень вопросов к собеседованию

1. Напишите уравнение состояния идеального газа. Поясните физический смысл газовой постоянной. Как определяют ее значение для газов?
2. Какова связь между массовой, мольной и объемной теплоемкостями газа? Что такое истинная и средняя теплоемкости?
3. Дайте определение внутренней энергии реального и идеального газов. Как найти изменение внутренней энергии идеального газа?
4. Покажите, как определяется работа в обратимых термодинамических процессах аналитически и графически в p - v -диаграмме.

5. Приведите формулировку Первого закона термодинамики. Напишите аналитическое выражение этого закона для основных термодинамических процессов.
6. Как изменяется температура газа при изобарном и адиабатном расширении? Ответ проиллюстрируйте графиками процессов в pV - и Ts -диаграммах.
7. Что такое энтальпия газа и как определяется изменение энтальпии идеального газа в каком-либо термодинамическом процессе?
8. Что называется энтропией рабочего тела? Как определяется изменение энтропии идеального газа в термодинамическом процессе?
9. Изобразите в pV - и Ts -координатах идеальный прямой цикл Карно. Дайте необходимые пояснения.
10. В чем состоит содержание Второго закона термодинамики? Приведите основные формулировки этого закона (достаточно привести две формулировки).
11. Опишите процесс парообразования в pV - и Ts -диаграммах.
12. Изобразите процесс адиабатного расширения и (условно) адиабатного дросселирования пара в is -диаграмме.
13. Дайте определение процесса истечения газов и паров. По каким формулам подсчитываются скорость и массовый расход рабочего тела при адиабатном истечении?
14. В чем сущность процесса дросселирования и как практически осуществляется этот процесс? Как условно изображается процесс дросселирования в is -диаграмме?
15. Что называется влажным воздухом? Дайте определение влагосодержания, относительной влажности воздуха и температуры точки росы.
16. Каково влияние начальных и конечных параметров пара на термический КПД основного цикла паросиловых установок (цикла Ренкина)? Ответ иллюстрируйте в is -диаграмме.
17. Объясните физическую сущность трех основных способов переноса теплоты.
18. Сформулируйте закон теплопроводности Фурье. Дайте пояснения к понятиям "плотность теплового потока" и "температурный градиент".
19. Дайте определение коэффициентов теплопроводности, теплоотдачи и теплопередачи.
20. Стенка теплообменной поверхности парового котла омывается с одной стороны горячими газами, а с другой - кипящей водой. Почему температура поверхности со стороны воды значительно меньше отличается от температуры воды, чем от температуры газов?
21. Что такое термическое сопротивление цилиндрической стенки и как оно определяется для многослойной стенки?
22. Какую роль играет вязкостный подслои в конвективном теплообмене при турбулентном течении жидкости около стенки?
23. В чем сущность подобия физических процессов? Приведите основные критерии теплового подобия.
24. Каково влияние отдельных факторов на коэффициент теплоотдачи при пленочной конденсации пара на горизонтальных и вертикальных трубах?
25. В чем заключается опасность наступления пленочного режима кипения?
26. В чем особенности излучения и поглощения лучистой энергии газами?

7.5 Примерный перечень вопросов для контрольной работы

1. Параметра состояния тел
2. Идеальный газ. Законы идеальных газов.
3. Уравнение Менделеева-Клапейрона
4. Уравнение состояния реального газа. Коэффициент сверхсжимаемости газов
5. Смеси газов. Теплоемкость газов
6. Внутренняя энергия, теплота и работа
7. Аналитическое выражение первого закона термодинамики
8. Теплоемкость газов

9. Дросселирование газов
10. Энтальпия. Энтропия идеального газа
11. Круговые процессы или циклы
12. Эксергия. Основные положения
13. Способы распространения теплоты: теплопроводность, излучение, конвекция
14. Дифференциальные уровнения теплоты, внутренней энергии, энтальпии и энтропии
15. Химический потенциал

7.6 Примерный перечень вопросов к зачету

1. Термодинамика как наука.
2. Параметра состояния тел.
3. Идеальный газ. Законы идеальных газов.
4. Уравнение состояния идеального газа. Смеси идеальных газов.
5. Уравнение состояния реального газа. Коэффициент сжимаемости газов.
6. Равновесное и неравновесное состояние системы, обратимые и необратимые процессы, циклические процессы.
7. Уравнение первого закона термодинамики.
8. Внутренняя энергия, работа, теплота, энтальпия.
9. Первый закон термодинамики для изопроцессов.
10. Кипение и испарение. График процесса парообразования. Критическая точка процесса парообразования.
11. Разновидности пара. Степень сухости пара.
12. Второй закон термодинамики.
13. Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы, или циклы.
14. Способы распространения теплоты: теплопроводность, излучение, конвекция.
15. Тепловой поток, температурное поле, температурный градиент. Тепловой баланс.
16. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
17. Конвективный теплообмен. Свободная и вынужденная конвекция.
18. Режимы движения жидкости. Тепловой и гидродинамический пограничные слои. Уравнение Ньютона-Рихмана.
19. Радиационный и сложный теплообмен. Основные понятия и определения.

8 Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение дисциплины

8.1 Перечень учебной литературы

1. Крайнов, А. В. Термодинамика и теплопередача. Ч. 1: Термодинамика: учебное пособие / А.В. Крайнов. - Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2017. - 160 с.
<http://znanium.com/catalog/document/?pid=1043902&id=344715>
2. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: учебное пособие для вузов: В 5 томах Том 2: Термодинамика и молекулярная физика / Д. В. Сивухин. - 6, стер. - Москва: Издательская фирма "Физико-математическая литература" (ФИЗМАТЛИТ), 2014. - 544 с.
<http://znanium.com/catalog/document/?pid=470190&id=303206>
3. Морачевский, А. Г. Термодинамика жидких металлов и сплавов: учебное пособие / А. Г. Морачевский, Е. Г. Фирсова. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2017. - 240 с.
<https://e.lanbook.com/book/94210>
4. Чередниченко, В. С. Теплопередача. В 2 частях. Часть 1. Основы теории теплопередачи: учебное пособие#205: / В. С. Чередниченко, В. А. Сеницын. - Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2020. - 221 с.
<http://znanium.com/catalog/document/?pid=1001086&id=347374>

8.2 Информационно-образовательные (правовые) ресурсы в сети «Интернет»

№	Ссылка на информационный ресурс	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность
Электронно-библиотечные системы			
1	http://diss.rsl.ru	Электронная библиотека диссертаций РГБ	авторизированный доступ
2	http://e.lanbook.com	ЭБС издательства «Лань»	авторизированный доступ
3	http://znanium.com	ЭБС «ZNANIUM.COM»	авторизированный доступ
4	https://urait.ru/	ЭБС «Urait»	авторизированный доступ
Информационные справочные системы			
5	http://www.consultant.ru	СПС КонсультантПлюс	авторизированный доступ
6	https://www.garant.ru	СПС Гарант	авторизированный доступ
Профессиональные базы данных			
7	http://elibrary.ru	Научная электронная библиотека elibrary.ru	авторизированный доступ
8	https://webofscience.com	Международная наукометрическая база данных (МНБД) Web of Science	авторизированный доступ
9	https://WWW.scopus.com	База данных международных индексов научного цитирования Scopus	авторизированный доступ

8.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, в том числе отечественного производства

При освоении дисциплины используются информационные технологии такие, как использование на занятиях офисных программ, информационных (справочных) систем, организация взаимодействия с обучающимися посредством электронной почты. Интернет- групп.

8.4 Материально-техническое обеспечение дисциплины

№ п/п	Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий и пр.	Перечень основного оборудования		№ кабинета	Вид работ (лекции, практики, лабораторные)
		ТСО и компьютерной техники (их количество)	Наименование оборудования, приборов и т.п. (их количество)		
1	Учебная аудитория	Проектор, компьютер	Учебная мебель, доска, экран	Аудитория № 1	Лекции

2	Учебная аудитория	Проектор, компьютер	Учебная мебель, доска, экран учебно- наглядные пособия (макеты, лабораторные стенды, плакаты, таблицы), учебные материалы.	Аудитория №15	Практические занятия
3	Помещение для самостоятельной работы. Зал электронной информации	Персональные компьютеры с доступом к справочно- правовой системе «Гарант», электронно- библиотечным системам	Учебная мебель	Аудитория №1	Самостоятельная работа

