МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Луганский государственный университет
имени Владимира Даля»
(ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В.Даля»)

Северодонецкий технологический институт (филиал)

Кафедра управления инновациями в промышленности

УТВЕРЖДАЮ:
Врио. директора СТИ (филиал)
ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля»
_____ Ю.В. Бородач
(подпись)
«26» 09 2024 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Термодинамика и теплотехника»

По направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств»

профиль «Автоматизация нефтегазовой и химической технологий»

Северодонецк - 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Термодинамика и теплотехника» по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», профиль «Автоматизация нефтегазовой и химической технологий» – 33 с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Термодинамика и теплотехника» разработана в соответствии с ФГОС ВО, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020 № 908 (с изменениями и дополнениями).

СОСТАВИТЕЛЬ:
Доцент, к.т.н. Ткачев Р.Ю.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры управления инновациями в промышленности « 02 » 09 2024 г., протокол № 1.

И.о. заведующего кафедрой
управления инновациями в промышленности Е.А. Бойко

Переутверждена: «___» _____20___ г., протокол № _____.

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии Северодонецкого технологического института (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Луганский государственный университет имени Владимира Даля» «16» 09 2024 г., протокол № 1.

Председатель учебно-методической комиссии
СТИ (филиал) ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля» _____ Ю.В. Бородач

© Ткачев Р.Ю, 2024 год
© СТИ (филиал)ФГБОУ ВО «ЛГУ им. В. Даля», 2024 год

1. Цели и задачи изучения дисциплины

Целью дисциплины является изучение закономерностей процессов и явлений, происходящих в тепловых агрегатах и различных теплообменных аппаратах, широко применяемых во многих отраслях промышленности, в том числе и на предприятиях черной металлургии, а также теоретическая и практическая подготовка специалистов по методам получения, преобразования, передачи и использования теплоты в целях максимальной экономии топливно-экономических ресурсов и материалов, интенсификации технологических процессов и использования вторичных энергоресурсов, защиты окружающей среды.

Задачей дисциплины является: изучение физической сущности основных законов термодинамики, принципов преобразования теплоты в работу; изучение основных термодинамических процессов, их характеристик, взаимосвязи между параметрами, внутренней энергией, теплотой и работой; изучение термодинамических циклов тепловых машин, их свойств и тепловой эффективности; освоение навыков расчета и анализа эффективности теплотехнических устройств и процессов; освоение инженерных методов обеспечения работоспособности, энергосбережения, эффективной и безотказной работы ТУ.

Дисциплина нацелена на формирование

– общепрофессиональных компетенций (ОПК-2)

– профессиональных компетенций (ПК-5) выпускника.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная учебная дисциплина входит в в дисциплины по выбору студента вариативной части профессионального цикла Б.3 ООП дисциплин подготовки студентов по направлению «Автоматизация технологических процессов и производств».

Для изучения дисциплины необходимы компетенции, сформированные у студента в результате освоения дисциплин ООП подготовки бакалавра: Химия, Физика, Математика.

Математические и естественнонаучные дисциплины, а также дисциплины профессионального цикла формируют «входные» знания, умения необходимые для изучения дисциплины «Термодинамика и теплотехника»:

– знание основных законов и уравнений состояния идеальных и реальных газов;

– знание сущности первого и второго законов термодинамики;

– знание термодинамических процессов, которые протекают в тепловых двигателях и холодильных машинах;

– знание основных положений теории теплопроводности, конвективного и лучистого теплообмена, а также законов и уравнений, которые используют в этих видах передачи тепла.

– умение использовать уравнение и законы термодинамики и теплообмена (теплопередачи) при анализе эффективности работы разнообразных тепловых двигателей, теплообменных аппаратов и холодильных машин;

– умение правильно использовать термодинамические методы (аналитический и графический с изображением разных процессов в диаграммах pυ, Ts, is) при решении конкретных заданий;

– умение выполнять анализ технико-экономических показателей и определять оптимальные параметры различных теплообменных аппаратов и установок.

– владение современными методами постановки, исследования и решения задач, связанных безопасной эксплуатацией технологического (теплотехнического) оборудования.

В свою очередь, дисциплина «Термодинамика и теплотехника»является основой для изучения следующих дисциплин: Высокотемпературный нагрев, Энергоснабжение производства в отрасли, Оборудование технологических процессов отрасли, а также при выполнении курсовых и дипломных проектов.

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2-м семестре и на 2 курсе в 3-м семестре.

3. Перечень результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть следующими компетенциями:

Код компетенции по ООП ВО	Содержание компетенции	В результате изучения дисциплины студенты должны		
		знать	уметь	владеть
1	2	3	4	5
ОПК- 2	способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно - коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	основные законы и уравнения состояния идеальных и реальных газов; сущность первого и второго законов термодинамики	использовать уравнение и законы термодинамики и теплообмена (теплопередачи) при анализе эффективности работы разнообразных тепловых двигателей, теплообменных аппаратов и холодильных машин	современными методами постановки, исследования и решения задач, связанных безопасной эксплуатацией технологического (теплотехнического) оборудования

1	2	3	4	5
ПК-5	способность участвовать в разработке (на основе действующих стандартов и другой нормативной документации) проектной и рабочей технической документации в области автоматизации технологических процессов и производств, их эксплуатационному обслуживанию, управлению жизненным циклом продукции и ее качеством, в мероприятиях по контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации, действующим стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	термодинамические процессы, которые протекают в тепловых двигателях и холодильных машинах; основные положения теории теплопроводности, конвективного и лучистого теплообмена, а также законов и уравнений, которые используют в этих видах передачи тепла	правильно использовать термодинамические методы (аналитический и графический с изображением разных процессов в диаграммах pυ, Ts, is) при решении конкретных заданий; выполнять анализ технико-экономических показателей и определять оптимальные параметры различных теплообменных аппаратов и установок	современными методами постановки, исследования и решения задач, связанных с безопасной эксплуатацией технологического (теплотехнического) оборудования

4. Объём и виды занятий по дисциплине

Код, направление подготовки, Профиль подготовки (магистерская программа)	Курс	Семестр	Трудоемкость (в з.е.)	Количество часов							Форма контроля
				Общее	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Консультации	СРС	Пром. контроль	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств профиль «Автоматизация нефтегазовой и химической технологий»	**Очная форма обучения**										
	1	2	2	72	16	-	32	2	18	4	Диф.зачет
	2	3	3	108	32	-	16	2	54	4	Экзамен
	Заочная форма обучения										
	1	2	2	72	2	-	2		68		Диф.зачет
	2	3	3	108	4	-	4		100		Экзамен

5. Содержание дисциплины

Тема 1. Техническая термодинамика

Введение. Цель и задачи курса. Предмет технической термодинамики и ее задачи. Основные понятия и определения в технической термодинамике. Термодинамическая система. Термодинамический процесс. Рабочее тело

Обратимые и необратимые процессы. Термодинамическое равновесие. Теплота и работа. Основные термодинамические параметры состояния

Тема 2. Законы и уравнения состояния идеальных газов. Реальные газы

Законы идеальных газов. Закон Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля, Авогадро. Уравнение состояния для 1 кг, для произвольного количества и одного киломоля идеальных газов. Газовая и универсальная газовая постоянная.

Газовые смеси идеальных газов. Газовая постоянная и средняя молекулярная масса газовой смеси. Свойства реальных газов. Уравнение Боголюбова-Майера, уравнение состояния реальных газов Ван-дер-Ваальса. Уравнение состояния для реальных газов Вукаловича-Новикова.

Тема 3. Первый закон термодинамики. Теплоемкость газов. Энтропия

Первый закон термодинамики как отражение общего закона сохранения и превращения энергии. Соотношение между теплотой и работой. Опыт Джоуля. Дифференциальные уравнения первого закона. Работа изменения объема, располагаемая робота, графическое и аналитическое их выражение. Внутренняя энергия. Энтальпия. Определение изменения внутренней энергии и энтальпии в различных процессах.

Понятие о теплоемкости. Массовой, объемная и молярная теплоемкости. Истинная и средняя теплоемкости. Изобарная и изохорная теплоемкости и связь между ними. Определение теплоемкостей. Понятие об энтропии. Определение изменения энтропии в различных процессах. Диаграмма в координатах Ts.

Тема 4. Второй закон термодинамики

Основные положения второго закона. Формулировка второго закона (Клаузиуса, Томсона). Термический КПД и холодильный коэффициент. Круговые циклы. Прямые и обратные циклы. Обратимые циклы Карно в диаграммах Pυ и Ts. Термический КПД цикла. Теорема Карно.

Математическое выражение второго закона термодинамики для обратимых и необратимых циклов и процессов. Изменение энтропии в изолированной системе. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах. Максимальная работоспособность. Эксергия.

Тема 5. Термодинамические процессы изменения состоянию идеальных газов

Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный и политропный процессы: уравнение этих процессов. Изображение этих процессов в диаграммах P и Ts. Связь между основными термодинамическими параметрами. Ана-

лиз уравнения первого закона термодинамики для отдельных процессов. Определение работы изменения объема, располагаемой работы, количества теплоты, изменение внутренней энергии, энтальпии и энтропии, в этих процессах.

Тема 6. Водяной пар. Истечение и дросселирование газов (пара)

Основные понятия и определения. Насыщенный и перегретый пар. Влажный и сухой насыщенный пар. Степень сухости и влажности. Испарение и кипение. Теплота парообразования. Процессы парообразования в диаграммах Pυ и Ts. Определение параметров воды, влажного, сухого и перегретого пара, расчетным путем и по is - диаграмме. Таблицы водяной пары и is - диаграмма.

Уравнение первого закона для потока. Располагаемая робота и работа проталкивания. Скорость истечения при адиабатном истечении. Истечение из сопла, которое сужается, массовый расход, критическая скорость истечения из сужающего сопла. Скорость звука. Комбинированное сопло. Сверхзвуковая скорость истечения. Истечение водяного пара. Дросселирование идеальных и реальных газов. Эффект Джоуля-Томсона. Инверсия газа. Температура инверсии.

Тема 7. Влажный воздух

Основные понятия и определения. Абсолютная и относительная влажность. Влагосодержание. Определение параметров влажного воздуха. Температура точки росы. Гигрометр, психрометр. Id - диаграмма влажного воздуха. Процессы нагревания и сушения в диаграмме I d. Определение параметров влажного воздуха с помощью Id - диаграммы

Тема 8. Термодинамические основы компрессорных машин и циклы тепловых двигателей

Назначения компрессорных машин и их классификация. Идеальные циклы одноступенчатых поршневых компрессоров. Адиабатное, изотермическое и политропное сжатие. Объемный коэффициент и коэффициент наполнения. Циклы реальных компрессоров. Вредное пространство. Работа на привод компрессора в различных процессах сжатия. Многоступенчатое сжатие. Циклы многоступенчатых компрессоров.

Двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Классификация ДВС. Цикл ДВС с подведением теплоты при постоянном объеме (цикл Отто) в диаграммах Pυ и TS. Термический КПД цикла и анализ его. Цикл ДВС с изобарным подведением теплоты (цикл Дизеля) в диаграммах Pυ и Ts. Термический КПД и анализ его. Цикл ДВС со смешанным подведением теплоты (цикл Тринклера). Термический КПД и анализ его.

Схема газотурбинной установки (ГТУ) и принцип ее работы. Цикл ГТУ с изобарным подведением теплоты в диаграммах Pυ и Ts. Термический КПД и анализ его. Цикл ГТУ с изохорным подведением теплоты. Термический КПД и анализ его. Методы повышения термического КПД газотурбинных установок

Схема паротурбинной установки (ПТУ) и принцип действия. Цикл ПТУ в диаграммах P υ и Ts (цикл Ренкина). Термический КПД цикла Ренкина. Методы повышения термического КПД цикла ПТУ. Цикл со вторичным перегревом пары. Регенеративный цикл ПТУ. Основы теплофикации.

Тема 9. Цикл холодильных установок. Тепловой насос

Классификация холодильных установок и хладагенты, применяемые в них. Циклы воздушных холодильных установок. Принцип работы абсорбционных и пароэжекторных холодильных установок. Принципиальная схема паровой компрессорной холодильной установки, принцип работы и цикл установки, в диаграммах P υ и Ts. Холодильный коэффициент и анализ его. Принцип работы теплового насоса. Коэффициент преобразования теплового насоса (коэффициент трансформации тепла).

Тема 10. Теория тепло- и массообмена

Введение. Предмет и основные задачи теории тепломассообмена. Основные понятия и определения. Виды распространения теплоты: теплопроводность, конвекция и тепловое излучение. Краткая характеристика этих способов передачи тепла в твердых, жидких и газообразных телах. Сложный теплообмен. Понятие о массообмене.

Тема 11. Основные положения теплопроводности

Механизм передачи тепла теплопроводностью в твердых, жидких и газообразных телах. Температурное поле. Градиент температуры. Стационарная и нестационарная теплопроводность. Математическое описание стационарного и не стационарного температурного поля (одномерная, двухмерная и трехмерная задача) в прямоугольных и цилиндрических системах координат при наличии внутреннего источника теплоты и без него. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Основной закон теплопроводности (закон Фурье) для количества теплоты, теплового потока, и для плотности теплового потока. Физический смысл коэффициента теплопроводности и факторы, которые влияют на него. Уравнение стационарной теплопроводности для плоской, цилиндрической и шаровой стенок. Граничные задачи теплопроводности. Условия однозначности. Граничные условия I, II, III рода. Методы решения уравнения нестационарной теплопроводности с условиями однозначности через безразмерные числа (критерии). Коэффициент температуропроводности. Регулярный режим теплопроводности.

Тема 12. Конвективный теплообмен

Сущность конвективного теплообмена (теплоотдаче). Основной закон конвективного теплообмена (закон Ньютона-Рихмана). Физический смысл коэффициента теплоотдачи и факторы, которые влияют на него. Основы теории подобия и моделирование тепловых процессов.

Безразмерные числа (критерии) подобия и принцип их получения. Критериальное уравнение конвективного теплообмена при вынужденном и свободном движении теплоносителя.

Определяющие и обусловленные числа подобия. Определяющая температура и геометрический размер. Основные безразмерные числа гидродинамического и теплового подобия.

Теплообмен при вынужденном движении жидкости или газа в трубах и каналах. Теплообмен при свободном движении жидкости. Теплообмен при кипении и конденсации.

Тема 13. Теплообмен излучениям

Основные понятия и определения. Механизм передачи и природа лучистой энергии. Понятие об абсолютно черных, белых и прозрачных телах. Поглощающая, отражательная и пропускная способности тел.

Законы лучистого теплообмена: Планка, Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгофа и Ламберта. Коэффициент излучения и степень черноты. Факторы, которые влияют на них.

Теплообмен излучением между твердыми телами. Защита от теплового излучения. Экраны. Излучение газов.

Тема 14. Сложный теплообмен

Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенку. Коэффициент теплопередачи через плоскую и цилиндрическую стенку. Коэффициент теплопередачи и факторы, которые влияют на него. Способы интенсификации теплопередачи.

Тема 15. Теплообменные аппараты

Типы теплообменных аппаратов. Уравнение теплового баланса и уравнение теплопередачи.

Методика конструктивного и проверочного рас чета рекуперативных теплообменных аппаратов. Схемы движения теплоносителей. Средний температурный напор и методика его определения.

Очная форма обучения

Темы лекций	**ч**	**Темы лабораторных занятий**	**ч**	**Компетенции**
1	2	3	4	5
2-й семестр				
Тема 1. Техническая термодинамика Введение. Цель и задачи курса. Предмет технической термодинамики и ее задачи. Основные понятия и определения в технической термодинамике. Термодинамическая система. Термодинамический процесс. Рабочее тело Обратимые и необратимые процессы. Термодинамическое равновесие. Теплота и работа. Основные термодинамические параметры состояния	2	Определение параметров газа в начальном и конечном состояниях, изменение внутренней энергии, теплоты, участвующей в заданном термодинамическом процессе, и работы расширения	4	ОПК- 2 ПК-5

1	2	3	4	5
Тема 2. Законы и уравнения состояния идеальных газов. Реальные газы Законы идеальных газов. Закон Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля, Авогадро. Газовая и универсальная газовая постоянная. Газовые смеси идеальных газов. Газовая постоянная и средняя молекулярная масса газовой смеси. Свойства реальных газов. Уравнение состояния для реальных газов Вукаловича-Новикова.	2	Определение изобарной теплоемкости газов	4	ОПК- 2 ПК-5
Тема 3. Первый закон термодинамики. Теплоемкость газов. Энтропия Первый закон термодинамики. Дифференциальные уравнения первого закона. Работа изменения объема, располагаемая робота, графическое и аналитическое их выражение. Внутренняя энергия. Энтальпия. Определение изменения внутренней энергии и энтальпии в различных процессах. Понятие о теплоемкости. Изобарная и изохорная теплоемкости и связь между ними. Определение теплоемкостей. Понятие об энтропии. Определение изменения энтропии в различных процессах. Диаграмма в координатах Ts.	2	Определение показателя адиабаты воздуха	4	ОПК- 2 ПК-5
Тема 4. Второй закон термодинамики Основные положения второго закона. Формулировка второго закона (Клаузиуса, Томсона). Термический КПД и холодильный коэффициент. Круговые циклы. Прямые и обратные циклы. Обратимые циклы Карно в диаграммах Pυ и Ts. Термический КПД цикла. Теорема Карно. Математическое выражение второго закона термодинамики для обратимых и необратимых циклов и процессов. Изменение энтропии в изолированной системе. Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах. Максимальная работоспособность. Эксергия.	2	Определение степени сухости влажного насыщенного пара	4	ОПК- 2 ПК-5

1	2	3	4	5
Тема 5. Термодинамические процессы изменения состоянию идеальных газов Изохорный, изобарный, изотермический, адиабатный и политропный процессы: уравнение этих процессов. Изображение этих процессов в диаграммах P и Ts. Связь между основными термодинамическими параметрами. Анализ уравнения первого закона термодинамики для отдельных процессов. Определение работы изменения объема, располагаемой работы, количества теплоты, изменение внутренней энергии, энтальпии и энтропии, в этих процессах.	2	Определение параметров влажного воздуха	4	ОПК- 2 ПК-5
Тема 6. Водяной пар Истечение и дросселирование газов (пара) Насыщенный и перегретый пар. Влажный и сухой насыщенный пар. Степень сухости и влажности. Испарение и кипение. Теплота парообразования. Процессы парообразования в диаграммах Pυ и Ts. Таблицы водяной пары и is - диаграмма. Уравнение первого закона для потока. Располагаемая робота и работа проталкивания. Скорость истечения при адиабатном истечении. Скорость звука. Комбинированное сопло. Сверхзвуковая скорость истечения. Истечение водяного пара. Дросселирование идеальных и реальных газов. Эффект Джоуля-Томсона. Инверсия газа. Температура инверсии	2	Исследование политропного сжатия воздуха в многоступенчатом поршневом компрессоре	6	ОПК- 2 ПК-5
Тема 7. Влажный воздух Основные понятия и определения. Абсолютная и относительная влажность. Влагосодержание. Определение параметров влажного воздуха. Температура точки росы. Гигрометр, психрометр. Id - диаграмма влажного воздуха. Процессы нагревания и сушения в диаграмме I d. Определение параметров влажного воздуха с помощью Id - диаграммы	2	Определение критической скорости при истечении воздуха	6	ОПК- 2 ПК-5

1	2	3	4	5
Тема 8. Термодинамические основы компрессорных машин и циклы тепловых двигателей Назначения компрессорных машин и их классификация. Идеальные циклы одноступенчатых поршневых компрессоров. Адиабатное, изотермическое и политропное сжатие. Объемный коэффициент и коэффициент наполнения. Циклы реальных компрессоров. Вредное пространство. Работа на привод компрессора в различных процессах сжатия. Многоступенчатое сжатие. Циклы многоступенчатых компрессоров. Двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Классификация ДВС. Термический КПД и анализ его. Цикл ДВС со смешанным подведением теплоты (цикл Тринклера). Термический КПД и анализ его. Схема газотурбинной установки (ГТУ) и принцип ее работы. Цикл ГТУ с изобарным подведением теплоты в диаграммах Pυ и Ts. Термический КПД и анализ его. Схема паротурбинной установки (ПТУ) и принцип действия. **Тема 9. Цикл холодильных установок. Тепловой насос** Классификация холодильных установок и хладагенты, применяемые в них. Циклы воздушных холодильных установок. Принцип работы абсорбционных и пароэжекторных холодильных установок. Принципиальная схема паровой компрессорной холодильной установки, принцип работы и цикл установки, в диаграммах P υ и Ts. Холодильный коэффициент и анализ его. Принцип работы теплового насоса. Коэффициент преобразования теплового насоса (коэффициент трансформации тепла).	2			ОПК- 2 ПК-5
Всего	**16**		**32**	

3-й семестр				
1	2	3	4	5
Тема 10. Теория тепло- и массообмена Введение. Предмет и основные задачи теории тепломассообмена. Основные понятия и определения. Виды распространения теплоты: теплопроводность, конвекция и тепловое излучение. Краткая характеристика этих способов передачи тепла в твердых, жидких и газообразных телах. Сложный теплообмен. Понятие о массообмене	4			ОПК- 2 ПК-5
Тема 11. Основные положения теплопроводности Механизм передачи тепла теплопроводностью в твердых, жидких и газообразных телах. Температурное поле. Градиент температуры. Стационарная и нестационарная теплопроводность. Математическое описание стационарного и не стационарного температурного поля (одномерная, двухмерная и трехмерная задача) в прямоугольных и цилиндрических системах координат при наличии внутреннего источника теплоты и без него. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Основной закон теплопроводности (закон Фурье) для количества теплоты, теплового потока, и для плотности теплового потока. Физический смысл коэффициента теплопроводности и факторы, которые влияют на него. Уравнение стационарной теплопроводности для плоской, цилиндрической и шаровой стенок. Граничные задачи теплопроводности. Условия однозначности. Граничные условия I, II, III рода. Методы решения уравнения нестационарной теплопроводности с условиями однозначности через безразмерные числа (критерии). Коэффициент температуропроводности. Регулярный режим теплопроводности	6	Определение коэффициента теплопроводности	4	ОПК- 2 ПК-5

1	2	3	4	5
Тема 12. Конвективный теплообмен Сущность конвективного теплообмена (теплоотдачи). Основной закон конвективного теплообмена (закон Ньютона-Рихмана). Физический смысл коэффициента теплоотдачи и факторы, которые влияют на него. Безразмерные числа (критерии) подобия и принцип их получения. Критериальное уравнение конвективного теплообмена при вынужденном и свободном движении теплоносителя. Определяющие и обусловленные числа подобия. Определяющая температура и геометрический размер. Основные безразмерные числа гидродинамического и теплового подобия. Теплообмен при вынужденном движении жидкости или газа в трубах и каналах.	6	Исследование процесса теплоотдачи при свободном движении теплоносителя	4	ОПК- 2 ПК-5
Тема 13. Теплообмен излучениям Основные понятия и определения. Механизм передачи и природа лучистой энергии. Понятие об абсолютно черных, белых и прозрачных телах. Поглощающая, отражательная и пропускная способности тел. Законы лучистого теплообмена: Планка, Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгофа и Ламберта. Коэффициент излучения и степень черноты. Факторы, которые влияют на них. Теплообмен излучением между твердыми телами. Защита от теплового излучения. Экраны. Излучение газов	6	Определение коэффициента излучения и степени черноты твердого тела	4	ОПК- 2 ПК-5
Тема 14. Сложный теплообмен Теплопередача через плоскую и цилиндрическую стенку. Коэффициент теплопередачи через плоскую и цилиндрическую стенку. Коэффициент теплопередачи и факторы, которые влияют на него. Способы интенсификации теплопередачи	4	Определение коэффициента теплопередачи	4	ОПК- 2 ПК-5

1	2	3	4	5
Тема 15. Теплообменные аппараты Типы теплообменных аппаратов. Уравнение теплового баланса и уравнение теплопередачи. Методика конструктивного и проверочного расчета рекуперативных теплообменных аппаратов. Схемы движения теплоносителей. Средний температурный напор и методика его определения	6			ОПК- 2 ПК-5
Всего	**32**		**16**	

Заочная форма обучения

Темы лекций	**ч**	**Темы лабораторных занятий**	**ч**	**Компетенции**
1	2	3	4	5
2-й семестр				
Тема. Первый закон термодинамики. Теплоемкость газов. Энтропия Первый закон термодинамики. Дифференциальные уравнения первого закона. Работа изменения объема, располагаемая робота, графическое и аналитическое их выражение. Внутренняя энергия. Энтальпия. Определение изменения внутренней энергии и энтальпии в различных процессах. Понятие о теплоемкости. Изобарная и изохорная теплоемкости и связь между ними. Определение теплоемкостей. Понятие об энтропии. Определение изменения энтропии в различных процессах. Диаграмма в координатах Ts.	2	Определение изобарной теплоемкости газов	2	ОПК- 2 ПК-5
Всего	**2**		**2**	

3-й семестр				
Тема. Основные положения теплопроводности Механизм передачи тепла теплопроводностью в твердых, жидких и газообразных телах. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Основной закон теплопроводности (закон Фурье) для количества теплоты, теплового потока, и для плотности теплового потока. Физический смысл коэффициента теплопроводности и факторы, которые влияют на него. Коэффициент температуропроводности. Регулярный режим теплопроводности	2	Определение коэффициента теплопроводности	2	ОПК- 2 ПК-5
Тема. Конвективный теплообмен Сущность конвективного теплообмена (теплоотдачи). Основной закон конвективного теплообмена (закон Ньютона-Рихмана). Физический смысл коэффициента теплоотдачи и факторы, которые влияют на него. Безразмерные числа (критерии) подобия и принцип их получения. Критериальное уравнение конвективного теплообмена при вынужденном и свободном движении теплоносителя. Определяющие и обусловленные числа подобия. Определяющая температура и геометрический размер. Основные безразмерные числа гидродинамического и теплового подобия. Теплообмен при вынужденном движении жидкости или газа в трубах и каналах.	2	Исследование процесса теплоотдачи при свободном движении теплоносителя	2	ОПК- 2 ПК-5
Всего	**4**		**4**	

Самостоятельная работа включает проработку материалов лекций, подготовку к защите лабораторных работ, самостоятельное изучение материала, подготовку к текущему контролю и подготовку к дифференциальному зачету и экзамену.

По плану СРС:

– 18 часов во 2-м семестре и 54 часа в 3-м семестре (очная форма обучения);

– 68 часов во 2-м семестре и 100 часов в 3-м семестре (заочная форма обучения).

При организации внеаудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине используются следующие ее формы и распределение бюджета времени на СРС:

№ п/п	Вид самостоятельной работы	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
2-й семестр			
1	Проработка материала лекций	3	11
2	Самостоятельное изучение материала	3	11
3	Подготовка к текущему контролю	3	11
4	Подготовка к лабораторным занятиям	3	11
5	Подготовка к защите лабораторных работ	3	11
6	Подготовка к дифференциальному зачету	3	13
	Всего	**18**	**68**
3-й семестр			
1	Проработка материала лекций	9	16
2	Самостоятельное изучение материала	9	16
3	Подготовка к текущему контролю	9	16
4	Подготовка к лабораторным занятиям	9	16
5	Подготовка к защите лабораторных работ	9	16
6	Подготовка к экзамену	9	20
	Всего	**54**	**100**

Учебно-методическая карта дисциплины: График аудиторных занятий, самостоятельной работы, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов

Очная форма обучения (2-й семестр)

	Номер недели																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1. Аудиторные занятия час.																			
Лекции	2		2		2		2			2		2		2		2			
Лабораторные работы	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2		
Практические занятия																			
Другие виды работы (консультации, промежуточный контроль)									2									4	
2. Самостоятельная работа час.																			
Курсовой проект (КП)																			
Курсовая работа (КР)																			
Расчётное задание (РЗ)																			
Реферат																			
Другие виды работы	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
3. Формы текущего контроля успеваемости																			
Коллоквиум (КЛ)																			
Контрольная работа (К)									+									+	
Контрольный опрос (КО)																			
Защита лабораторных работ (ЗР)				+			+					+				+			
Другие виды текущего контроля																			
Форма промежуточной аттестации																			
Экзамен/зачет/диф.зачет																			Дифзачет

Учебно-методическая карта дисциплины: График аудиторных занятий, самостоятельной работы, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов

Заочная форма обучения (2-й семестр)

	Номер недели																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1. Аудиторные занятия час.																			
Лекции	2																		
Лабораторные работы	2																		
Практические занятия																			
Другие виды работы (консультации, промежуточный контроль)																			
2. Самостоятельная работа час.																			
Курсовой проект (КП)																			
Курсовая работа (КР)																			
Расчётное задание (РЗ)																			
Реферат																			
Другие виды работы	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	10	10	
3. Формы текущего контроля успеваемости																			
Коллоквиум (КЛ)																			
Контрольная работа (К)																	+		
Контрольный опрос (КО)																			
Защита лабораторной работы (ЗР)																	+		
Другие виды текущего контроля																			
Форма промежуточной аттестации																			
Экзамен/зачет/диф.зачет																			Диф. зачет

Учебно-методическая карта дисциплины: График аудиторных занятий, самостоятельной работы, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов

Очная форма обучения (3-й семестр)

	Номер недели																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1. Аудиторные занятия час.																			
Лекции	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2		
Лабораторные работы		2		2		2		2			2		2		2		2		
Практические занятия																			
Другие виды работы (консультации, промежуточный контроль)									2									4	
2. Самостоятельная работа час.																			
Курсовой проект (КП)																			
Курсовая работа (КР)																			
Расчётное задание (РЗ)																			
Реферат																			
Другие виды работы	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
3. Формы текущего контроля успеваемости																			
Коллоквиум (КЛ)																			
Контрольная работа (К)									+									+	
Контрольный опрос (КО)																			
Защита лабораторных работ (ЗР)							+									+			
Другие виды текущего контроля																			
Форма промежуточной аттестации																			
Экзамен/зачет/диф.зачет																			Экзамен

Учебно-методическая карта дисциплины: График аудиторных занятий, самостоятельной работы, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов

Заочная форма обучения (3-й семестр)

	Номер недели																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1. Аудиторные занятия час.																			
Лекции	4																		
Лабораторные работы	4																		
Практические занятия																			
Другие виды работы (консультации, промежуточный контроль)																			
2. Самостоятельная работа час.																			
Курсовой проект (КП)																			
Курсовая работа (КР)																			
Расчётное задание (РЗ)																			
Реферат																			
Другие виды работы	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	10	10	
3. Формы текущего контроля успеваемости																			
Коллоквиум (КЛ)																			
Контрольная работа (К)																	+		
Контрольный опрос (КО)																			
Защита лабораторной работы (ЗР)																	+		
Другие виды текущего контроля																			
Форма промежуточной аттестации																			
Экзамен/зачет/диф.зачет																			Экзамен

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов по дисциплине

При оценивании сформированности компетенций по дисциплине используется 100-балльная шкала.

Перечень компетенций по дисциплине

Код и наименование компетенции	Способ оценивания	Оценочное средство
ОПК- 2 ПК-5	Дифференциальный зачет (2-й семестр) Экзамен (3-й семестр)	Комплект контролирующих материалов для дифференциального зачета и проведения экзамена

Критерии оценки знаний студентов

Максимальное количество баллов по текущей работе во 2-м семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

– проведение контрольной работы (К) (письменно) — 68 баллов;

– защита лабораторных работ (ЗР) — 32 балла.

Дифференциальный зачет проставляется автоматически, если студент набрал по текущей работе не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную работу, выполнил и защитил все требуемые лабораторные работы по каждому модулю.

Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет соответственно:

– проведение контрольной работы (К) (письменно) — 44 балла;

– защита лабораторных работ (ЗР) — 16 баллов.

Максимальное количество баллов по текущей работе в 3-м семестре студент может набрать 100 баллов, в том числе:

– проведение контрольной работы (К) (письменно) — 68 баллов;

– защита лабораторных работ (ЗР) — 32 балла.

Экзамен проставляется автоматически, если студент набрал по текущей работе не менее 60 баллов и отчитался за каждую контрольную работу, выполнил и защитил все требуемые лабораторные работы по каждому модулю.

Минимальное количество баллов по каждому из видов текущей работы составляет соответственно:

– проведение контрольной работы (К) (письменно) — 44 балла;

– защита лабораторных работ (ЗР) — 16 баллов.

Для подготовки к модулям прилагаются вопросы, которые включают в себя материал всех лекций по соответствующим тематикам.

Критерии и шкала оценивания

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	Уровень знаний на высоком уровне (правильные ответы даны на 90 – 100% вопросов/задач)
4	Уровень знаний на среднем уровне (правильные ответы даны на 75 – 89% вопросов/задач)
3	Уровень знаний на низком уровне (правильные ответы даны на 50 – 74% вопросов/задач)
2	Уровень знаний на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем на 50%)

6.1 Вопросы для подготовки к экзамену

Тема *Техническая термодинамика*

1. Что понимается под термодинамической системой?
2. Каким числом независимых параметров характеризуется состояние рабочего тела?
3. Какое состояние называется равновесным, какое - неравновесным?
4. Что называется термодинамическим процессом?
5. Какие процессы называются равновесными, какие неравновесными?
6. Какие процессы называются обратимыми, какие необратимыми?
7. Каковы условия обратимости процессов?

Тема *Законы и уравнения состояния идеальных газов. Реальные газы*

1. Дайте определение парциального объема.
2. Как задают состав смеси идеальных газов?
3. Приведите формулы для вычислений объемной доли, молярной доли, массовой доли смеси.
4. Приведите определение теплоемкости тела и какие виды теплоемкостей используют в расчетах?
5. Что представляет собой удельная газовая постоянная?

Тема *Первый закон термодинамики. Теплоемкость газов. Энтропия*

1. Дайте формулировку и аналитическое выражение первого закона термодинамики.
2. Что такое «функция состояния» и «функция процесса»? Приведите примеры этих функций.
3. Когда теплота, работа и изменение внутренней энергии считаются положительными и когда отрицательными?
4. Почему внутренняя энергия и энтальпия идеального газа зависят только от одного параметра–температуры?
5. В чем отличие понятий «истинная теплоемкость» и «средняя теплоемкость»?
6. Как с помощью дифференциальных соотношений термодинамики по известному уравнению состояния определить и, i, s?
7. Дать определение удельной теплоемкости.
8. Определение объемной и молярной теплоемкостей.

9. В каких единицах выражаются теплоемкости?

19. Что такое истинная теплоемкость?

11. Дать определение средней теплоемкости

12. Написать уравнение количества теплоты через среднюю теплоемкость.

13. Чем различаются теплоемкости идеальных и реальных газов?

Тема *Второй закон термодинамики. Цикл холодильных установок. Тепловой*

насос

1. Основные формулировки второго закона термодинамики.

2. Что называется круговым процессом (или циклом)? Какие бывают циклы?

3. Что называется термическим КПД?

4. Описать обратимый цикл Карно.

5. Вывод выражения для термического КПД обратимого цикла Карно.

6. От каких параметров зависит термический КПД обратимого цикла Карно?

7. Что такое холодильный коэффициент и как он определяется?

8. Сущность теоремы Карно.

9. Как определяется максимальная полезная работа рабочего тела?

10. Что такое холодильный коэффициент?

Тема *Термодинамические процессы изменения состоянию идеальных газов*

1. Как называется процесс, в котором вся подведенная теплота идет на увеличение внутренней энергии?

2. Как называется процесс, в котором вся подведенная теплота идет на совершение работы?

3. Как называется процесс, в котором подведенная к рабочему телу теплота численно равна изменению энтальпии? Какая доля подведенной теплоты в этом случае идет на совершение работы?

4. Какой процесс называется политропным?

5. Написать уравнение политропы и указать, в каких пределах изменяется показатель политропы.

6. В каких политропных процессах внутренняя энергия уменьшается, и в каких увеличивается? Показать на pv-диаграмме.

7. По каким уравнениям вычисляется изменение энтропии в изохорном, изобарном, изотермном, адиабатном и политропном процессах?

Тема *Водяной пар. Истечение и дросселирование газов (пара)*

1. Чем отличаются реальные газы от идеальных?

2. Что называется коэффициентом сжимаемости?

3. Что положено в основу вывода уравнения Ван-дер-Ваальса?

4. Какая величина называется внутренним давлением газа?

5. Уравнение Ван-дер-Ваальса для 1 кг газа.

6. При каких условиях можно превращать газы в жидкое состояние?

7. Уравнение Ван-дер-Ваальса в приведенных параметрах.

8. Какой пар называется влажным насыщенным, сухим насыщенным, перегретым?

9. Что такое степень сухости и степень влажности? Определение удельного объема, энтальпии и внутренней энергии влажного пара.

10. В чем особенность расчета изотермического процесса водяного пара по сравнению с идеальным газом?

11. Как изображаются основные процессы водяного пара на pV-, TS- и iS-диаграммах?

12. Какие каналы называются соплами и диффузорами?

13. Графическое изображение располагаемой работы в pV-диаграмме.

14. Скорость истечения идеального газа при адиабатном процессе.

15. Уравнение для определения критической скорости.

16. Как определяется максимальный расход идеального газа?

17. Какие случаи встречаются при истечении газа из суживающегося сопла?

18. Дать описание комбинированного сопла Лаваля.

10. Как определяются площади минимального и выходного сечений сопла Лаваля?

11. Как определяется длина сопла Лаваля?

12. Какой процесс называется дросселированием и где он встречается?

13. Какие величины изменяются, и какие остаются постоянными за суженным отверстием?

14. Уравнение адиабатного процесса дросселирования.

15. Почему процесс дросселирования нельзя назвать изоэнтальпийным?

16. Как изменяется температура идеального газа при дросселировании?

17. Эффект Джоуля - Томсона и его уравнение.

18. Что называется точкой и температурой инверсии?

19. Исследование дросселирования водяного пара по is-диаграмме.

20. Дать определение температуры и давления смеси газов при постоянном объеме.

Тема *Влажный воздух. Термодинамические основы компрессорных машин и циклы тепловых двигателей*

1. Какая машина называется компрессором?

2. Дать описание одноступенчатого компрессора.

3. Теоретическая индикаторная диаграмма одноступенчатого компрессора.

4. Какие процессы возможны при сжатии газа в компрессоре?

5. Какими уравнениями определяется работа на привод компрессора при изотермическом, адиабатном и политропном сжатии рабочего тела?

6. Почему нельзя получить газ высокого давления в одноступенчатом компрессоре?

7. Дать определение объемного КПД.

8. До каких давлений сжатия газа применяют одноступенчатый компрессор?

9. Почему применяют многоступенчатый компрессор?

10. На какие группы делятся поршневые двигатели внутреннего сгорания (ДВС) ?

11. Дать определения основным характеристикам циклов.

12. Дать описание цикла ДВС с подводом теплоты при p = const и сравнить его с циклом, где подводится теплота при V = const.

13. Дать описание идеального цикла ГТУ с подводом теплоты при p= const.

14. Цикл газотурбинной установки с подводом теплоты при p=const на pV- и TS-диаграммах.

15. Описать ГТУ с горением топлива при v = const.

16. Вывести выражение для термического кпд цикла с подводом теплоты при v = const.

17. Цикл ГТУ с подводом теплоты при V = const на pV- и TS-диаграммах.

18. Какие методы существуют для повышения кпд ГТУ?

6.5.6 Вопросы для дифференциального зачета (3-й семестр)

Перечень вопросов, необходимых для подготовки к зачету

Тема *Основные положения теплопроводности*

1. Дайте определение теплопроводности?

2. Какое тело называют изотропным?

3. Что представляет температурное поле, при каких условиях его считают стационарным, а при каких - нестационарным?

4. Сформулируйте определение градиента температур.

5. Запишите основное уравнение теплопроводности (закон Фурье).

6. Приведите формулу для расчета поверхностной плотности теплового потока.

7. Какие металлы являются лучшими проводниками теплоты?

8. В каких единицах измеряется теплопроводность?

9. Приведите дифференциальное уравнение теплопроводности.

10. Написать дифференциальное уравнение теплопроводности однослойной плоской стенки.

11. Вывод уравнения теплопроводности через однослойную плоскую стенку.

цилиндрической стенок. Теплопроводность шаровой стенки.

12. От каких величин зависит тепловой поток, передаваемый теплопроводностью через однослойную плоскую стенку?

13. Теплопроводность многослойной плоской стенки – вывод уравнения.

14. Что называется эквивалентной теплопроводностью?

15. Как определяется температура между слоями в многослойной плоской, стенке?

16. Теплопроводность через однослойную цилиндрическую стенку – вывод уравнения.

17. Каков закон изменения температуры в цилиндрической стенке?

18. Вывод уравнения теплопроводности через многослойную цилиндрическую стенку.

19. Теплопроводность шаровой стенки – вывод уравнения.

Тема *Конвективный теплообмен*

1. Что называется конвективным теплообменом?

2. Какие различают виды конвекции?

3. Какие встречаются виды движения жидкости и их различие?

4. Число Рейнольдса и его обозначение.

5. Каков механизм передачи теплоты при ламинарном и турбулентном движениях жидкости?

6. Дать определение динамической и кинематической вязкостям.

7. Определение коэффициента теплоотдачи.

8. Почему для определения коэффициента теплоотдачи применяют теорию подобия?

9. От каких величин зависит коэффициент теплоотдачи?

10. Какими числами подобия характеризуется конвективный теплообмен для газов и капельных жидкостей?

11. Каким соотношением учитывается направление теплового потока?

12. Что такое средняя температура жидкости?

13. Как определяется средняя температура жидкости?

3. Как определяется средняя скорость жидкости?

4. Как определяется эквивалентный диаметр для каналов некруглого сечения?

5. До какого числа Рейнольдса поток жидкости не может переходить из ламинарного в турбулентный режим?

6. Как влияет свободная конвекция на теплоотдачу при ламинарном движении жидкости?

7. Чем отличается теплоотдача в змеевиках?

8. Какие уравнения подобия рекомендуются при движении жидкости вдоль пластины?

9. Какие уравнения подобия рекомендуются для одиночной трубы при поперечном движении жидкости?

10. Какими уравнениями подобия определяется теплоотдача при больших скоростях жидкости?

11. Какими уравнениями подобия определяется теплоотдача при свободном движении жидкости?

12. При каких условиях возникают процессы кипения и конденсации жидкости?

13. Какое кипение называется пузырьковым и пленочным?

14. Какой момент кипения называется критическим?

15. Какие уравнения рекомендуются для определения коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкости?

16. Какие различают виды конденсации?

17. От чего зависит коэффициент теплоотдачи при конденсации?

18. Написать уравнение подобия для теплообмена при конденсации.

19. Как влияет направление движения пара на теплоотдачу?

20. Как влияет на теплоотдачу состояние поверхности?

Тема *Теплообмен излучениям*

1. Что называется коэффициентами поглощения, отражения и пропускания?

2. Что называется абсолютно белой поверхностью, абсолютно черной, абсолютно прозрачной, диффузной и зеркальной?

3. Что называется излучательностью?

4. Закон Планка и его графическое изображение.

5. Закон Вина.

6. Закон Стефана - Больцмана.

7. Коэффициент излучения абсолютно черного тела.

8. Серые тела. Что называется коэффициентом черноты?

9. Закон Кирхгофа.

10. Анализ уравнения закона Кирхгофа.

11. Закон Ламберта. Для каких тел он справедлив?

12. Уравнение теплообмена излучением для произвольно расположенных тел.

Тема *Сложный теплообмен Теплообменные аппараты*

1. Что называется теплопередачей?

2. Описать передачу теплоты через стенку.

3. Каким уравнением описывается передача теплоты через стенку?

4. Как получается основное уравнение теплопередачи?

5. Что называется коэффициентом теплопередачи?

6. Как определяются температуры поверхностей стенки?

7. Коэффициент теплопередачи через однослойную цилиндрическую стенку; дать определение.

8. Тепловой поток и коэффициент теплопередачи через многослойную цилиндрическую стенку.

9. Уравнение общего термического сопротивления через многослойную цилиндрическую стенку.

10. Определение температур внутренней и наружной поверхностей цилиндрической стенки.

11. Что называется теплообменным аппаратом?

12. На какие группы делятся теплообменные аппараты?

13. Основное уравнение теплопередачи и теплового баланса.

14. Как изменяются температуры жидкостей и условные эквиваленты в аппаратах?

15. Графики изменения температур рабочих жидкостей в аппаратах с прямотоком и противотоком.

16. Как определяется среднеарифметический температурный напор в аппарате?

17. Вывод уравнения средне логарифмического температурного напора.

18. Написать уравнения среднеарифметического температурного напора для аппаратов с прямотоком и противотоком.

19. Как определяются конечные температуры рабочих жидкостей в аппаратах с прямотоком, противотоком и поперечным током?

6.2 Тематика и содержание заданий

Во 2-м семестре студент должен выполнить две контрольные работы.

Контрольная работа №1. Для выполнения контрольной работы необходимо тщательно проработать материал лекций № 1 -№ 4.

Контрольная работа №2. Для выполнения контрольной работы необходимо тщательно проработать материал лекций № 5 - № 8. Вопросы для проработки материала прилагаются ниже.

1 Основные понятия и определения термодинамики.

2 Термодинамические параметры состояния.

3 Законы идеальных газов.

4 Уравнения состояния идеальных газов.

5 Смеси идеальных газов.

6 Первый закон термодинамики.

7 Внутренняя энергия и энтальпия.

8 Работа изменения объема и располагаемая (полезная) работа.

9 Теплоемкость газов.

10 Изотермический процесс.

11 Изобарный процесс.

12 Изохорный процесс.

13 Адиабатный процесс.

14 Политропный процесс.

15 Второй закон термодинамики.

16 Физический смысл энтропии. Изменение энтропии в различных процессах.

17 Основные понятия и определения водяного пара.

18 Процессы водяного пара в диаграммах *pυ, Ts, is.*

19 Термодинамика потока. Первый закон термодинамики для потока.

20 Истечение идеального газа из суживающего сопла. Формулы для определения массового расхода и скорости. Сверхзвуковое истечение.

21 Дросселирование газов (паров). Эффект Джоуля-Томсона. Инверсия газов.

22 Влажный воздух. Id – диаграмма влажного воздуха.

23 Термодинамические основы компрессорных машин. Цикл одноступенчатого поршневого компрессора. Многоступенчатое сжатие.

24 Цикл ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме в диаграммах *pυ* и *Ts*. Термический КПД.

25 Цикл ДВС с подводом теплоты при постоянном давлении в диаграммах *pυ* и *Ts*. Термический КПД.

26 Цикл ДВС со смешанным подводом теплоты. Термический КПД.

27 Цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты (в диаграммах *pυ* и *Ts*). Термический КПД цикла.

28 Цикл ГТУ с изохорным подводом теплоты (в диаграммах *pυ* и *Ts*). Термический КПД цикла.

29 Цикл ПТУ в диаграммах *pυ* и *Ts*. Основные элементы ПТУ. Термический КПД цикла.

30 Основные элементы паровой компрессорной холодильной установки. Цикл ПКХУ в диаграммах *pυ* и *Ts*. Холодильный коэффициент.

31 Цикл воздушной холодильной установки. Холодильный коэффициент.

32 Абсорбционная холодильная установка.

33 Пароэжекторная холодильная установка.

В 3-м семестре студент должен выполнить две контрольные работы.

Контрольная работа №1. Для выполнения контрольной работы необходимо тщательно проработать материал лекций № 1 -№ 8.

Контрольная работа №2. Для выполнения контрольной работы необходимо тщательно проработать материал лекций № 9 - № 17. Вопросы для проработки материала прилагаются ниже.

34 Способы передачи тепла. Теплопроводность, конвекция, излучение.

35 Механизм передачи тепла теплопроводностью в твердых, жидких и газообразных телах. Температурное поле. Изотермическая поверхность, градиент

температуры.

36 Дифференциальные уравнения стационарной и нестационарной теплопроводности для тел различной формы с условиями однозначности. Коэффициент температуропроводности.

37 Основной закон теплопроводности. Уравнения Фурье (для количества теплоты, теплового потока, плотности теплового потока).

38 Физический смысл коэффициента теплопроводности. От каких факторов и как он зависит?

39 Уравнение стационарной теплопроводности через плоскую стенку (однослойную и многослойную).

40 Уравнение стационарной теплопроводности через цилиндрическую стенку (однослойную и многослойную).

41 регулярный тепловой режим. Темп нагрева (охлаждения)

42 Конвективный теплообмен. Свободная и вынужденная конвекция. Теплоотдача при вынужденном и свободном движении жидкости.

43 Уравнения конвективного теплообмена (теплоотдачи) Ньютона-Рихмана (для количества теплоты, теплового потока, плотности теплового потока).

44 Физический смысл коэффициента теплоотдачи. От каких факторов он зависит?

45 Основы теории подобия и моделирования тепловых процессов. Теоремы подобия и безразмерные числа (критерии) гидродинамического и теплового подобия.

46 Критериальные уравнения конвективного теплообмена.

47 Теплоотдача при кипении и конденсации.

48 Законы лучистого теплообмена.

49 Уравнения лучистого теплообмена между различными телами.

50 Физический смысл коэффициента излучения. Степень черноты.

51 Теплопередача. Уравнение теплопередачи через плоскую стенку (однослойную и многослойную).

52 Уравнение теплопередачи через цилиндрическую стенку (однослойную и многослойную).

53 Физический смысл коэффициента теплопередачи. От каких факторов он зависит?

54 Способы интенсификации теплопередачи.

55 Классификация , конструкции и принцип работы теплообменных аппаратов.

56 Какие уравнения используются при расчете теплообменных аппаратов?

57 Последовательность конструктивного расчета ТА.

58 Последовательность поверочного расчета ТА.

59 Уравнения для определения коэффициента теплопередачи рекуперативных и регенеративных ТА.

60 Как рассчитывается средний температурный напор при различных схемах движения теплоносителей в ТА?

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Основная литература

1. 1. Кириллин, В.А., Сычев, В.В., Шейндлин, А.Е. Техническая термодинамика. М. : Энергоиздат, 1983. 416 с.

2 Исаченко, В.П., Осипова, В.А., Сукомел, А.С. Теплопередача. М. : Энергоиздат, 1981. 416 с.

3. Нащокин, В.В. Техническая термодинамика и теплопередача М. : Высшая школа, 1980. 469 с.

4. Алабовский, А.Н., Недужий, И.А. Техническая термодинамика и теплопередача. Киев : Вища школа, 1990. 255 с.

5. Теплотехника /Под ред. А.П. Баскакова. М. : Энергоатомиздат, 1991. 224 с.

Дополнительная литература

1. Кудинов, В.А., Карташов, Э.М. Техническая термодинамика. М. : Высшая школа, 2001. 261 с.

2. Юдаев, Б.Н Техническая термодинамика. Теплопередача. М. : Высшая школа, 1988. 479 с.

3. Техническая термодинамика / Под ред. В.И. Крутова. М. : Высшая школа, 1981. 433 с.

4. Теплотехника /Под ред. В.И. Крутова. М. : Машиностроение, 1986. 432 с.

5.. Кудинов, В. А. Теплотехника [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк ; Университетская библиотека онлайн (ЭБС). Москва : Абрис, 2012. 426 с. – Режим доступа: http://www.biblioclub.ru/book/1176.

6. Семиненко, А.С., Алифанова, А.И. Теплотехника (Электронный ресурс: Конспект лекций) // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. – № 3-2. С. 206-207;

7. Сборник задач по технической термодинамике /Т.Н. Андрианова и др.- М : Энергоиздат, 1981. 240 с.

8. Краснощеков, Е.А., Сукомел, А.С. Задачник по теплопередаче. М. : Энергия, 1980. 288 с.

Интернет-ресурсы:

1. Министерство науки и высшего образования РФ – https://minobrnauki.gov.ru/
2. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки – http://obrnadzor.gov.ru/
3. Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – http://fgosvo.ru
4. Федеральный портал «Российское образование» – http://www.edu.ru/
5. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – http://window.edu.ru/
6. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов – http://fcior.edu.ru/

Электронные библиотечные системы и ресурсы:

1. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» – http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4x

2. Научная электронная библиотека Elibrary – Режим доступа: URL: http://elibrary.ru/

3. Информационный ресурс библиотеки образовательной организации: Научная библиотека имени А. Н. Коняева – http://biblio.dahluniver.ru/

8.Условия реализации дисциплины

Освоение дисциплины «Термодинамика и теплотехника» предполагает использование академических аудиторий, соответствующих действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

Прочее: рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	**Бесплатное программное обеспечение**	**Ссылки**
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	https://www.libreoffice.org/ https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice
Операционная система	UBUNTU 19.04	https://ubuntu.com/ https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu
Браузер	FirefoxMozilla	http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx
Браузер	Opera	http://www.opera.com
Почтовый клиент	MozillaThunderbird	http://www.mozilla.org/ru/thunderbird
Файл-менеджер	FarManager	http://www.farmanager.com/download.php
Архиватор	7Zip	http://www.7-zip.org/
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	http://www.gimp.org/ http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8 http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP
Редактор PDF	PDFCreator	http://www.pdfforge.org/pdfcreator
Аудиоплейер	VLC	http://www.videolan.org/vlc/

9. Образовательные технологии

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

традиционные объяснительно-иллюстративные технологии, которые обеспечивают доступность учебного материала для большинства студентов, системность, отработанность организационных форм и привычных методов, относительно малые затраты времени;

технологии проблемного обучения, направленные на развитие познавательной активности, творческой самостоятельности студентов и предполагающие последовательное и целенаправленное выдвижение перед студентом познавательных задач, разрешение которых позволяет студентам активно усваивать знания (используются поисковые методы; постановка познавательных задач);

технологии развивающего обучения, позволяющие ориентировать учебный процесс на потенциальные возможности студентов, их реализацию и развитие;

технологии концентрированного обучения, суть которых состоит в создании максимально близкой к естественным психологическим особенностям человеческого восприятия структуры учебного процесса и которые дают возможность глубокого и системного изучения содержания учебных дисциплин за счет объединения занятий в тематические блоки;

технологии дифференцированного обучения, обеспечивающие возможность создания оптимальных условий для развития интересов и способностей студентов, в том числе и студентов с особыми образовательными потребностями, что позволяет реализовать в культурно-образовательном пространстве университета идею создания равных возможностей для получения образования технологии активного (контекстного) обучения, с помощью которых осуществляется моделирование предметного, проблемного и социального содержания будущей профессиональной деятельности студентов (используются активные и интерактивные методы обучения) и т.д.

Используемые образовательные технологии и методы направлены на повышение качества подготовки путем развития у обучающихся способностей к самообразованию и нацелены на активизацию и реализацию личностного потенциала каждого студента.

Максимальная эффективность педагогического процесса достигается путем конструирования оптимального комплекса педагогических технологий и (или) их элементов на личностно-ориентированной, деятельностной, диалогической основе и использования необходимых современных средств обучения.

Лист регистрации изменений рабочей программы дисциплины

Номер изменения	Номера страниц			Основание для внесения изменений	ФИО	Подпись	Дата	Дата введения изменений
	заменённых	новых	аннулированных					