Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 22.09.2023 17:00:15
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ
декан факультета
химической технологии и биотехнологии
_____ / Белуков С.В. /
«_30_» _____августа_____ 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Термодинамика и теплопередача»

по специальности
18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»

Специализация
«Автоматизированное производство химических предприятий»

Квалификация (степень) выпускника
Специалист

Форма обучения
Очная

Москва, 2020

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Основными целями изучения дисциплины «Термодинамика и теплопередача» являются

- подготовка студента к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой по направлению;
- освоение основных законов термодинамики, особенностей и областей их применения, -
- знакомство со способами переноса теплоты и их основными законами.

Основные задачи изучения дисциплины «Термодинамика и теплопередача»

- формирование знаний и умений, необходимых для самостоятельного, обоснованного и аргументированного выбора методов решения прикладных задач термодинамики и теплопередачи;
- ознакомление с принципом работы основных теплотехнических устройств;

2.Место дисциплины в структуре ООП специалитета

Учебная дисциплина «Термодинамика и теплопередача» входит в блок обязательных дисциплин основной части базового цикла (Б 1.1.18) образовательной программы специалитета

«Термодинамика и теплопередача» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В базовой части Блока 1 (Б.1):

- Б.1.1.7. Высшая математика
- Б.1.1.8. Физика
- Б.1.1.14. Физическая химия

В дисциплинах специализации

- Б.1.1.37. Основные процессы и аппараты технологии промышленных ВВ

В вариативной части

- Б.1.2.5. Конструирование и расчет элементов оборудования

В дисциплинах по выбору базового цикла (Б.1.3):

- Б.1.3.5. Технология химического машиностроения

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

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОК-1	Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу	**знать:** • основные законы термодинамики и теплопередачи их практическое применение. • современные методы определения термодинамических и теплофизических свойств веществ **уметь:** • определять теплоемкость и теплопроводность материалов • рассчитывать термодинамические процессы и тепловые потоки **владеть:** • навыками определения физических свойств веществ
ОПК-1	Способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности	**Знать:** • термодинамические основы работы циклов теплотехнических устройств • Законы теплообмена в процессе эксплуатации изделий машиностроения **Уметь:** • рассчитывать циклы тепловых двигателей, газотурбинных и паротурбинных установок, компрессоров, теплообменных аппаратов и т.д. **Владеть:** • методиками термодинамического и теплового расчета теплотехнических устройств, компьютерными программами для их расчета.

4.Структура и содержание дисциплины

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр	
			5
Очная форма			
Контактная работа (всего)	**72**	-	**72**
В том числе:		-	
Лекции	36	-	36
Практические занятия (ПЗ)	18	-	18
Семинары (С)	-	-	-
Лабораторные работы (ЛР)	18	-	18
Самостоятельная работа (всего)	**72**	-	**72**
В том числе:		-	
Курсовой проект (работа)		-	
Расчетно-графическая работа	26	-	26
Реферат	-	-	-
Эссе	-	-	-
Контрольная работа (2 контрольные работы)	10	-	10
Другие виды самостоятельной работы		-	
Изучение лекционного материала	10	-	10
Подготовка к практическим занятиям			
Подготовка к промежуточному/итоговому тестированию	-	-	-
Изучение литературы	16	-	16
Вид промежуточной аттестации (**экзамен**)	10	-	10
Общая трудоемкость час./ зач. ед	**144/4**	-	**144/4**

4.1.Содержание разделов дисциплины

Раздел 1. Предмет и метод термодинамики. Основные термодинамические функции. 1 закон термодинамики и его частные случаи. Параметры идеального газа. Термические и калорические параметры. Уравнение состояния идеального газа. Теплоемкость. Истинная и средняя теплоемкость; теплоемкость изобарного, изохорного и политропного процессов, уравнение Майера; массовая, объемная и молярная теплоемкость, связь между массовой и молярной теплоемкостью.

Раздел 2. Термодинамические процессы идеальных газов. Равновесные и неравновесные, обратимые и необратимые процессы. Политропный процесс как наиболее общий, его частные случаи. Рабочая и тепловая диаграммы, изображение процессов. Расчет процессов идеального газа (расчет начальных и конечных параметров, определение термодинамических функций, работы и теплоты).

Раздел 3. II закон термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Математическое выражение II закона (принцип существования и возрастания энтропии). Формулировки второго закона.

Раздел 4. Круговые процессы или циклы. Прямые и обратные циклы. Оценка эффективности циклов тепловых двигателей и холодильных установок. Цикл Карно как эталонный с точки зрения термического КПД, его достоинства и недостатки. Циклы реальных тепловых двигателей: Отто, Дизеля и Тринклера.

Раздел 5. Водяной пар. Паровые диаграммы. Процесс парообразования при постоянном давлении. Виды пара. Определение параметров влажного и перегретого пара. Таблицы водяного пара и I-s диаграмма. Паровые процессы. Циклы паротурбинных установок.

Раздел 6. Теплообмен. Основные понятия и определения. Виды теплообмена. Теплопроводность. Гипотеза Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности.

Раздел 7. Теплопроводность при стационарном режиме. Решение дифференциального уравнения теплопроводности с учетом граничных условий. Определение для плоской и цилиндрической стенок плотности теплового потока и распределения температур по толщине при граничных условиях I и III рода. Критический диаметр изоляции цилиндрических стенок.
Раздел 8. Нестационарная теплопроводность. Решение дифференциального уравнения теплопроводности для нестационарного режима. Теория подобия. Получение чисел Фурье и Био. Решение задач нестационарной теплопроводности для пластины и цилиндра с помощью номограмм
Раздел 9. Конвективный теплообмен, его виды. Закон Ньютона –Рихмана. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена – уравнение энергии, уравнения движения и сплошности. Моделирование процессов конвективного теплообмена с помощью теории подобия. Критерии кинематического и теплового подобия.
Раздел 10. Механизм взаимодействия между жидкостью и поверхностью твердого тела. Основы теории пограничного слоя .
Понятие о динамическом и тепловом пограничных слоях. Представление о структуре турбулентного пограничного слоя. Ламинарный динамический пограничный слой на пластине. .
Раздел 11. Теплоотдача при вынужденном движении.
Гидродинамическая стабилизация. Профиль скорости. Критерий Фруда. Число Эйлера. Критерии Пекле и Прандтля. Число Нуссельта. Профиль температуры в условиях теплообмена между поверхностью твердого тела и потоком жидкости.
Продольное обтекание пластины. Течение жидкости в трубах различного сечения. Поперечное обтекание цилиндра. Явление отрыва. Изменение коэффициента теплоотдачи по периметру поперечно-обтекаемого цилиндра. Пучки труб. Структура обобщенных уравнений.
Раздел 12. Теплоотдача при свободном движении.
Механизмы процесса. Формы движения в большом объеме. Критерии Галилея, Архимеда, Грасгофа. Структура обобщенного уравнения для расчета интенсивности теплообмена. Конвективный теплообмен в ограниченных пространствах.
Раздел 13. Теплообмен излучением.
Природа теплового излучения. Абсолютно черное тело. Законы Кирхгофа, Планка, Вина. Интегральное излучение. Закон Стефана-Больцмана. Закон Ламберта. Теплообмен излучением через прозрачную среду. Особенности излучения газов. Теплообмен излучением в замкнутой системе. Роль экранов. Теплообмен излучением в поглощающей среде.
Раздел 14. Теплоотдача при конденсации пара. Капельная и плёночная конденсация. Конденсация пара на вертикальной поверхности и вертикальных трубах. Структура обобщенных уравнений.
Раздел 15. Теплоотдача при кипении. Кипение в большом объеме. Структура обобщенного уравнения. Кривые кипения. Кипение в трубах. Особенности процесса. Кризисы кипения. Зависимость коэффициента теплоотдачи от скорости течения и плотности теплового потока.
Раздел 16. Теплообменные аппараты. Классификация тепломассообменных аппаратов. Схемы движения теплоносителей в теплообменных аппаратах. Определение среднего температурного напора. Принцип расчета рекуперативных теплообменных аппаратов.

5. Образовательные технологии.

Методика преподавания дисциплины «Термодинамика и теплопередача» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, ин-

дивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:
- лекционные занятия с использованием презентаций в программе Microsoft Power Point
-лабораторные работы; подготовка к выполнению лабораторных работ в лабораториях вуза;
– защита лабораторных работ;
- практические занятия;
- индивидуальное обсуждение расчетно-графических работ;
– использование интерактивных форм текущего контроля в форме аудиторного и внеаудиторного интернет-тестирования;

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

- выполнение контрольных работ, предусмотренных рабочей программой;
– выполнение и защита расчетно-графических работ.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Термодинамика и теплопередача» и в целом составляет 50% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 50% от объема аудиторных занятий.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают задания и вопросы контрольной работы, экзамен по дисциплине.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

Фонды оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» приведены в Приложении 2 к рабочей программе.

6.2. Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю). Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка - «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо» или «отлично».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Термодинамика и теплопередача»

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, при этом допускаются незначительные ошибки, проявляется отсутствие некоторых знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает некоторые затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а)Основная литература

1. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергия, 1969
2. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. -М.: Издательский дом МЭИ. 2008.
3. Юдаев Б.Н. «Техническая термодинамика. Теплопередача». М.: Высшая школа, 1988

б) Дополнительная литература

1.Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче. М.:Энергия, 1980.
2. Покусаев Б.Г. Практикум по теплопередаче. -М.:Изд-во МГУИЭ, 2009.
3. Золотов В.А. Практикум по термодинамике. М. –Изд-во МГУИЭ,

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Кафедра ТиНПП обладает материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов лекционных, практических и лабораторных занятий, предусмотренных учебным планом по данной и другим дисциплинам.

Компьютерный класс факультета обеспечивает выполнение всех видов программ и выход в интернет.

Библиотечный фонд обеспечивает студентов необходимыми источниками, перечисленными выше.

Материально-техническая база Московского Политеха соответствует действующим санитарным и противопожарным нормам и правилам.

9. Методические рекомендации преподавателю

Данный раздел настоящей рабочей программы предназначен для начинающих преподавателей и специалистов-практиков, не имеющих опыта преподавательской работы.

Дисциплина «Термодинамика и теплопередача» является обязательной дисциплиной вариативной части учебного плана и обеспечивает завершение формирования компетентности в тесной связи с важнейшими дисциплинами базовой и вариативной частей учебного плана.

В условиях конструирования образовательных систем на принципах компетентностного подхода произошло концептуальное изменение роли преподавателя, который наряду с традиционной ролью носителя знания выполняет функцию организатора научно-поисковой работы студента, консультанта в процедурах выбора, обработки и интерпретации информации, необходимой для практического действия и дальнейшего развития, что должно обязательно учитываться при проведении лекционных и практических занятий по дисциплине «Термодинамика и теплопередача»

Преподавание теоретического (лекционного) материала по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» осуществляется по последовательно-параллельной схеме на основе междисциплинарной интеграции и четких междисциплинарных связей в рамках ОП и рабочего учебного плана по направлению 18.05.01 – Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий

Структура и последовательность проведения лекционных занятий и практических занятий по дисциплине представлена в приложении 1 к настоящей рабочей программе. Проведение практических занятий ориентировано на использование заданий для практических занятий по дисциплине «Термодинамика и теплопередача».

Подробное содержание отдельных разделов дисциплины «Термодинамика и теплопередача» рассматривается в п.4 рабочей программы.

Целесообразные к применению в рамках дисциплины «Термодинамика и теплопередача» образовательные технологии изложены в п.5 настоящей рабочей программы.

Примерные варианты заданий для промежуточного/ итогового контроля и перечень вопросов к экзамену по дисциплине представлены в составе ФОС по дисциплине в Приложении 2 к рабочей программе.

Перечень основной и дополнительной литературы и нормативных документов, необходимых в ходе преподавания дисциплины «Термодинамика и теплопередача», приведен в п.7 настоящей рабочей программы. Преподавателю следует ориентировать студентов на использование современной учебной и справочной литературы при подготовке к промежуточной и итоговой аттестации и выполнению расчетно-графических работ по дисциплине.

10. Методические указания обучающимся

Методические указания по освоению дисциплины

Лекционные занятия проводятся в соответствии с содержанием настоящей рабочей программы и представляют собой изложение сведений о применении основных законов термодинамики и теплопередачи при проектировании технологических процессов. Посещение лекционных занятий является обязательным. Регулярное повторение материала конспектов лекций к каждому разделу в рамках подготовки к промежуточным и итоговым формам аттестации по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» является одним из важнейших видов самостоятельной работы студента, необходимым для качественной подготовки к промежуточной и итоговой аттестации по дисциплине.

В ходе лекций обучающимся рекомендуется:

- вести конспектирование учебного материала. Допускается конспектирование лекционного материала письменным и компьютерным способом.
- 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 правильного понимания теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых во внеаудиторное время можно сделать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Для успешного овладения курсом необходимо посещать все лекции, так как тематический материал взаимосвязан между собой.

Практическое занятие – это активная форма учебного процесса в вузе. При подготовке к практическим занятиям обучающемуся необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, учесть рекомендации преподавателя. Практические задания выполняются обучающимися в аудиториях и самостоятельно. Практическое задание оценивается по критериям, представленным в Приложении 2 к рабочей программе.

Посещение практических занятий и активное участие в них является обязательным. Пропуск практических занятий без уважительных причин даже при условии отличной работы на оставшихся занятиях влечет за собой невозможность аттестации по дисциплине по итогам семестра.

Подготовка к практическим занятиям обязательно включает в себя изучение конспектов лекционного материала для адекватного понимания условия и способа решения заданий, запланированных преподавателем на конкретное практическое занятие.

Лабораторные занятия – это активная форма учебного процесса в вузе. При подготовке к лабораторным занятиям обучающемуся необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, учесть рекомендации преподавателя. Посещение лабораторных занятий и активное участие в них является обязательным.

Подготовка к лабораторным занятиям обязательно включает в себя изучение конспектов лекционного материала.

Методические указания по выполнению различных форм внеаудиторной самостоятельной работы

Важной частью самостоятельной работы является чтение учебной и научной литературы. Основная функция учебников - ориентировать обучающегося в системе знаний, умений и навыков, которые должны быть усвоены по данной дисциплине будущими выпускниками.

Список основной и дополнительной литературы и обязательных к изучению нормативно-правовых документов по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» приведен в п.7 настоящей рабочей программы. Следует отдавать предпочтение современным литературным источникам по соответствующим разделам дисциплины «Термодинамика и теплопередача».

Изучение основной и дополнительной, а также справочной литературы по дисциплине проводится на регулярной основе при изучении каждого раздела, в соответствии с приведенными в п.6 рабочей программы рекомендациями для подготовки к промежуточной и итоговой аттестации по дисциплине «Термодинамика и теплопередача».

Регулярное повторение материала конспектов лекций по каждому разделу в рамках подготовки к текущим и итоговым формам контроля по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» является одним из важнейших видов самостоятельной работы обучающегося в течение семестра (см. соответствующие положения пункта 5.7 настоящей рабочей программы), необходимой для качественной подготовки к итоговой аттестации по дисциплине.

Контрольная работа. В соответствии с учебным планом в процессе изучения дисциплины обучающиеся выполняют 2 контрольные работы по заданиям, приведенным в Приложении 2 к рабочей программе.

Целью выполнения контрольных работ является формирования у обучающихся системы умений и навыков в области расчета термодинамических процессов и циклов машин и аппаратов, а также тепловых потоков в них.

Задачами выполнения контрольных работ являются:

- изучение методик расчета термодинамических параметров, функций и процессов
- определение параметров и термодинамических функций в ходе осуществления термодинамических циклов и оценка их эффективности
- определение распределения температур и тепловых потоков в машинах и аппаратах;
- определение коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи при работе оборудования

Выполнение контрольных работ является обязательным условием для допуска обучающегося к экзамену. Контрольные работы оцениваются по критериям, представленным в Приложении 2 к рабочей программе

Расчетно-графические работы.

1. «Расчет цикла теплового двигателя со смешанным подводом теплоты».

2. «Определение площади поверхности теплообмена кожухотрубного теплообменного аппарата»

Согласно рабочей программе каждый студент специальности «**Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий»** должен выполнить 2 расчетно-графические работы по данной дисциплине. Вариант задания, отличающийся значениями исходных данных, берется из приведенных в Приложении 2 таблиц.

РГР выполняются под руководством преподавателя, прежде всего, осуществляющего лекционные и практические занятия. Руководитель проводит необходимые консультации и контролирует выполнение учебного графика.

РГР должны быть напечатаны на компьютерном принтере через 1,5 интервала на стандартных листах бумаги формата А4. На каждой странице должны быть предусмотрены поля: левое 25 мм, верхнее 20 мм, правое 10 мм. В порядке исключения в случае недоступности печатной техники курсовая работа может быть представлена в виде рукописи, выполненной чётким почерком. Страницы должны быть пронумерованы, причём стра-

ницы титульного листа и содержания не указываются. Сокращения слов, кроме общепринятых и профессиональных аббревиатур, не допустимы. Объём работы не должен превышать 10-15 стр.

Принципиальные положения в тексте работы должны подтверждаться ссылками на литературные источники, перечисленные в порядке упоминания в отдельном списке.

Оформление РГР:

Титульный лист по общепринятой форме;
содержание;
текст задания и исходных данных по шифру;
краткое описание схемы установки;
эскиз теплообменного аппарата;
формулировка задач и расчётной методики;
краткий анализ результатов и инженерные выводы;
список рекомендуемой литературы.

Методические указания по выполнению расчетно-графических работ.

Расчетно-графическая работа №1

По заданным параметрам в т.1 определяется неизвестный параметр с помощью уравнения состояния идеального газа. В остальных точках параметры определяются по заданным степеням сжатия или повышения давления в каждом процессе, а также по соотношениям параметров в соответствующих процессах. Составляется таблица параметров для каждой точки.

По справочникам определяются изобарные теплоемкости в каждой точке цикла, а затем среднеинтегральные в каждом процессе. По уравнению Майера находятся изохорные средние теплоемкости для всех процессов, а затем политропные теплоемкости в политропных процессах.

В каждом процессе рассчитываются основные термодинамические функции (внутренняя энергия, энтальпия и энтропия), а также работа и теплота.

Составляется таблица значений термодинамических функций для каждого процесса и суммарных значений для цикла в целом.

Определяется термический КПД цикла и сравнивается с термическим КПД цикла Карно.

Стоятся графики цикла в p-V и T-s координатах

Расчетно-графическая работа №2

1. По заданным температурам на входе и выходе в теплообменник определяются температурный напор и среднеинтегральные (определяющие) температуры
2. Определяются физические свойства теплоносителей при определяющих температурах (таблица)
3. Определяют расход холодного теплоносителя.
4. Определяют геометрические характеристики теплообменника (площади проходных сечений и эквивалентный диаметр)
5. Находят скорости холодного и горячего теплоносителей и критерии Рейнольдса
6. Определяют критерий Прандтля для обоих теплоносителей при определяющих температурах, а также при температуре стенки в 1 приближении

7. Выбирают форму обобщенного уравнения и рассчитывают критерии Нуссельта и коэффициенты теплоотдачи для обоих теплоносителей.
8. Определяют коэффициент теплопередачи и уточняют температуры поверхностей стенки
9. Повторяют расчет во 2 приближении, уточняя значение критерия Прандтля при температурах стенки
10. Определяют площадь поверхности теплообмена
11. Строят график распределения температур по длине теплообменного аппарата

Задания для расчетно-графических работ приводятся в Приложении 2 к рабочей программе.

Методические указания по подготовке к промежуточной/ итоговой аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» в 5-м семестре проходит в форме экзамена. Экзаменационный билет по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» состоит из 3 вопросов теоретического характера. Примерный перечень вопросов к экзамену по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» и критерии оценки ответа обучающегося на экзамене для целей формирования БРС и оценки сформированности компетенций приведен в соответствующем подпункте Приложении 2 к рабочей программе.

Подготовка к экзамену предполагает изучение рекомендуемой литературы и других источников, конспектов лекций, повторение материалов практических занятий.

Автор:
каф. Т и НПП, ст.преп. Захаров Н.С
(место работы) (занимаемая должность) (инициалы, фамилия)

Программа утверждена на заседании кафедры «ХимБиотех» «26» августа 2020 г. протокол № 7

Зав. кафедрой ХимБиотех,
к.х.н., доцент И.В. Артамонова

Программа согласована:

Руководитель образовательной программы
к.т.н., доцент Н.С. Трутнев

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины

«Термодинамика и теплопередача»

Направление подготовки: **18.05.01** Направление подготовки: **18.05.01– Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий (специалист)**

Специализация: Автоматизированное производство химических предприятий

Форма обучения **– очная**

Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации
			Л	П/С	Лаб.	СРС	КСР	КР	КП	РГР	Реф.	К/Р	Э
Раздел 1. Предмет и метод термодинамики. Основные термодинамические функции. 1 закон термодинамики и его частные случаи. Параметры идеального газа. Термические и калорические параметры. Уравнение состояния идеального газа. Теплоемкость. Истинная и средняя теплоемкость; теплоемкость изобарного, изохорного и политропного процессов, уравнение Майера; массовая, объемная и молярная теплоемкость, связь между массовой и молярной теплоемкостью.	3	1-2	4	1	6	4							+
Раздел 2. Термодинамические процессы идеальных газов.	3	3	2	2		4							+

Равновесные и неравновесные, обратимые и необратимые процессы. Политропный процесс как наиболее общий, его частные случаи. Рабочая и тепловая диаграммы, изображение процессов. Расчет процессов идеального газа (расчет начальных и конечных параметров, определение термодинамических функций, работы и теплоты).													
Раздел 3. II закон термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Математическое выражение II закона (принцип существования и возрастания энтропии). Формулировки второго закона.	3	4	1			4							
Раздел 4. Круговые процессы или циклы. Прямые и обратные циклы. Оценка эффективности циклов тепловых двигателей и холодильных установок. Цикл Карно как эталонный с точки зрения термического КПД, его достоинства и недостатки. Циклы реальных тепловых двигателей: Отто, Дизеля и Тринклера.	3	5,6	3			6				+			
Раздел 5. Водяной пар. Паровые диаграммы. Процесс парообразования при постоянном давлении. Виды пара. Определение параметров влажного и перегретого пара. Таблицы водяного пара и I-s диаграмма. Паровые процессы. Циклы паротурбинных установок	3	7,8	4	4	6	4							+
Раздел 6. Теплообмен. Основные понятия и определения. Виды	3	9	2			4							

теплообмена. Теплопроводность. Гипотеза Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности.													
Раздел 7. Теплопроводность при стационарном режиме. Решение дифференциального уравнения теплопроводности с учетом граничных условий. Определение плотности теплового потока и распределения температур по толщине для плоской и цилиндрической стенок при граничных условиях I и III рода. Критический диаметр изоляции цилиндрических стенок.	3	10-11	4	2		4							+
Раздел 8.Нестационарная теплопроводность. Решение дифференциального уравнения теплопроводности для нестационарного режима. Теория подобия. Получение чисел Фурье и Био. Решение задач нестационарной теплопроводности для пластины и цилиндра с помощью номограмм	3	12	2	1		4							+
Раздел 9. Конвективный теплообмен, его виды. Закон Ньютона –Рихмана. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена – уравнение энергии, уравнения движения и сплошности. Моделирование процессов конвективного теплообмена с помощью теории подобия. Критерии кинематического и теплового подобия.	3	13	2			4							

Раздел 10. Механизм взаимодействия между жидкостью и поверхностью твердого тела. Основы теории пограничного слоя . Понятие о динамическом и тепловом пограничных слоях. Представление о структуре турбулентного пограничного слоя. Ламинарный динамический пограничный слой на пластине.	3	14	1			4							+
Раздел 11. Теплоотдача при вынужденном движении. Профиль скорости. Критерий Фруда. Число Эйлера. Критерии Пекле и Прандтля. Число Нуссельта. Тепловая стабилизация. Профиль температуры в условиях теплообмена между поверхностью твердого тела и потоком жидкости. Продольное обтекание пластины. Течение жидкости в трубах различного сечения. Поперечное обтекание цилиндра. Явление отрыва. Изменение коэффициента теплоотдачи по периметру поперечно-обтекаемого цилиндра. Пучки труб. Структура обобщенных уравнений. Расчет поверхности теплообмена	3	15,16	4	4		4	+					+	+
Раздел 12. Теплоотдача при свободном движении. Механизмы процесса. Формы движения в большом объеме. Критерии Галилея, Архимеда, Грасгофа. Структура обобщенного уравнения для интенсивности теплообмена. Конвективный теплообмен в ограниченных про-	3	17	1	1		4							+

странствах.													
Раздел 13. Теплообмен излучением. Природа теплового излучения. Абсолютно черное тело. Законы Кирхгофа, Планка, Вина. Интегральное излучение. Закон Стефана-Больцмана. Закон Ламберта. Теплообмен излучением через прозрачную среду. Особенности излучения газов. Теплообмен излучением в замкнутой системе. Роль экранов.	3	18	1	1		6							
Раздел 14. Теплоотдача при конденсации пара. Капельная и плёночная конденсация. Конденсация пара на вертикальной поверхности и вертикальных трубах. Структура обобщенных уравнений.			2	1		6							
Раздел 15. Теплоотдача при кипении. Кипение в большом объеме. Структура обобщенного уравнения. Кривые кипения. Кипение в трубах. Особенности процесса. Кризисы кипения. Зависимость коэффициента теплоотдачи от скорости течения и плотности теплового потока.			2	1		6							

Раздел 16. Теплообменные аппараты. Классификация тепломассообменных аппаратов. Схемы движения теплоносителей в теплообменных аппаратах. Определение среднего температурного напора. Принцип расчета рекуперативных теплообменных аппаратов.			1		6	4							
Итого			36	18	18	72	1			1		2	+

Зав. кафедрой ХимБиотех, к.х.н., доцент И.В. Артамонова

Руководитель образовательной программы, к.т.н., доцент Н.С. Трутнев

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: **18.05.01 – Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий**
Специализация: Автоматизированное производство химических предприятий

Форма обучения: очная
Виды профессиональной деятельности:
Расчетно-проектная и проектно-конструкторская
Производственно-технологическая

Кафедра: Термодинамика и неравновесные процессы переноса

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Термодинамика и теплопередача»

Составитель: к.т.н. ст.преп. Захаров Н.С.

Москва, 2017 год

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины. Формы контроля формирования компетенций

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Компетенция	Код по ФГОС	Форма контроля	Этапы формирования (разделы дисциплины)
ОК-1	Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу	**Промежуточный контроль:** экзамен **Текущий контроль**: опрос на практических занятиях; контрольная работа; лабораторные работы;	1,2,5,7,8, 11-15 4
ОПК-1	Способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности	**Промежуточный контроль:** экзамен **Текущий контроль**: опрос на практических занятиях; контрольная работа; лабораторные работы;	3-5, 9-11,16 4,11

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

2. Показатели и критерии оценивания компетенций при изучении дисциплины, описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

2.1 Критерии оценки ответа на экзамене (формирование компетенций ОПК-1, ОК-1)

«5» (отлично): обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминами, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает способность быстро реагировать на уточняющие вопросы.
Обучающийся на высоком уровне владеет: способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1),
Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1).

«4» (хорошо): обучающийся демонстрирует прочные теоретические знания, владеет терминами, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, но при этом делает несущественные ошибки, которые быстро исправляет самостоятельно или при незначительной коррекции преподавателем.

Обучающийся хорошо владеет: способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1),
Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1).

«3» (удовлетворительно): обучающийся демонстрирует неглубокие теоретические знания, проявляет слабо сформированные навыки анализа явлений и процессов, недостаточное умение делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает не достаточно свободное владение монологической речью, терминами, логичностью и последовательностью изложения, делает ошибки, которые может исправить только при коррекции преподавателем.
Обучающийся на удовлетворительном уровне владеет: способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1),
Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1).

«2» (неудовлетворительно): обучающийся демонстрирует незнание теоретических основ предмета, не умеет делать аргументированные выводы и приводить примеры, показывает слабое владение монологической речью, не владеет терминами, проявляет отсутствие логичности и последовательности изложения, делает ошибки, которые не может исправить даже при коррекции преподавателем, отказывается отвечать на дополнительные вопросы.
Обучающийся:
не владеет: способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1),
Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1).

2.2 Критерии оценки работы обучающегося на практических занятиях (формирование компетенций ОПК-1, ОК-1)

«5» (отлично): выполнены все практические задания, предусмотренные практическими занятиями, обучающийся четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы, активно работал на практических занятиях.
Обучающийся на высоком уровне владеет: способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1),
Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1).

«4» (хорошо): выполнены все практические задания, предусмотренные практическими занятиями, обучающийся с корректирующими замечаниями преподавателя ответил на все контрольные вопросы, достаточно активно работал на практических занятиях.
Обучающийся:
хорошо владеет: способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1),
Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1).

«3» (удовлетворительно): выполнены все практические задания, предусмотренные практическими занятиями с замечаниями преподавателя; обучающийся ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.
Обучающийся:
на удовлетворительном уровне владеет: способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1),

Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1).

«2» (неудовлетворительно): обучающийся не выполнил или выполнил неправильно практические задания, предусмотренные практическими занятиями; студент ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Обучающийся:

не владеет: способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1),
Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1).

2.3 Критерии оценки контрольной работы (формирование компетенций ОПК-1, ОК-1)

«5» (отлично): все задания контрольной работы выполнены без ошибок в течение отведенного на работу времени; работа выполнена самостоятельно, присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы.

Обучающийся на высоком уровне владеет: способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1),
Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1).

«4» (хорошо): задания контрольной работы выполнены с незначительными замечаниями в полном объеме либо отсутствует решение одного задания; работа выполнена самостоятельно, присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы; отсутствуют грубые орфографические и пунктуационные ошибки.

Обучающийся:

хорошо владеет: способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1),
Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1).

«3» (удовлетворительно): задания контрольной работы имеют значительные замечания; работа выполнена самостоятельно, присутствуют собственные обобщения; присутствуют грубые орфографические и пунктуационные ошибки.

Обучающийся на удовлетворительном уровне владеет: способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1),
Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу ОК-1).

«2» (неудовлетворительно): задания в контрольной работе выполнены не полностью или неправильно; отсутствуют или сделаны неправильно выводы и обобщения; присутствуют грубые орфографические и пунктуационные ошибки.

Обучающийся:

не владеет: способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1),
Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1).

2.5. Критерии оценки защиты расчетно-графических работ (формирование компетенций ОПК-1, ОК-1)

«5» (отлично): выполнены все задания РГР; работа выполнена в срок; оформление,

структура и стиль РГР соответствуют предъявляемым требованиям к текстовым документам и чертежам; работа выполнена самостоятельно, присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы; правильные ответы на все вопросы при защите РГР.

Обучающийся:

на высоком уровне владеет: способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1),

Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1).

«4» (хорошо): выполнены все задания РГР с незначительными замечаниями; работа выполнена в срок; в оформлении, структуре и стиле пояснительной записки и чертежей нет грубых ошибок; РГР выполнена самостоятельно, присутствуют собственные обобщения, заключения и выводы; правильные ответы на все вопросы с помощью преподавателя при защите работы.

Обучающийся:

хорошо владеет: способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1),

Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1).

«3» (удовлетворительно): задания РГР имеют значительные замечания; работа выполнена с нарушениями графика, в оформлении, структуре и стиле работы есть недостатки; работа выполнена самостоятельно, присутствуют собственные обобщения; ответы не на все вопросы при защите работы.

Обучающийся:

на удовлетворительном уровне владеет: способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1),

Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1).

«2» (неудовлетворительно): задания РГР выполнены не полностью или выполнены неправильно; отсутствуют или сделаны неправильно выводы и обобщения; оформление работы не соответствует предъявляемым требованиям; нет ответов на вопросы преподавателя при защите работы.

Обучающийся:

не владеет: способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности (ОПК-1),

Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1).

2.6. Итоговые показатели балльной оценки сформированности компетенций по дисциплине в разрезе дескрипторов «знать/ уметь/ владеть»:

ОК-1 Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: - основные законы термодинамики и теплопередачи их практическое применение. - современные методы определения термодинамических и теплофизических свойств веществ	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основные законы термодинамики и теплопередачи их практическое применение. - современные методы определения термодинамических и теплофизических свойств веществ	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основные законы термодинамики и теплопередачи их практическое применение. - современные методы определения термодинамических и теплофизических свойств веществ. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основные законы термодинамики и теплопередачи их практическое применение. - современные методы определения термодинамических и теплофизических свойств веществ, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основные законы термодинамики и теплопередачи их практическое применение. - современные методы определения термодинамических и теплофизических свойств веществ, свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: определять теплоемкость и теплопроводность материалов - рассчитывать термодинамические процессы и тепловые потоки	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет определять теплоемкость и теплопроводность материалов - рассчитывать термодинамические процессы и тепловые потоки	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: определять теплоемкость и теплопроводность материалов - рассчитывать термодинамические процессы и тепловые потоки . Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: определять теплоемкость и теплопроводность материалов - рассчитывать термодинамические процессы и тепловые потоки Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений определять теплоемкость и теплопроводность материалов - рассчитывать термодинамические процессы и тепловые потоки . Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

владеть: навыками определения физических свойств веществ	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками определения физических свойств веществ	Обучающийся владеет навыками определения физических свойств веществ в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет навыками определения физических свойств веществ, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет навыками определения физических свойств веществ, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ОПК-1 - способностью использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач своей профессиональной деятельности				
знать: термодинамические основы работы циклов теплотехнических устройств, законы теплообмена в процессе эксплуатации изделий машиностроения	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: термодинамические основы работы циклов теплотехнических устройств, законы теплообмена в процессе эксплуатации изделий машиностроения	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: термодинамические основы работы циклов теплотехнических устройств, законы теплообмена в процессе эксплуатации изделий машиностроения . Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: термодинамические основы работы циклов теплотехнических устройств, законы теплообмена в процессе эксплуатации изделий машиностроения Но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: термодинамические основы работы циклов теплотехнических устройств, законы теплообмена в процессе эксплуатации изделий машиностроения. Свободно оперирует приобретенными знаниями

уметь: рассчитывать циклы тепловых двигателей, газотурбинных и паротурбинных установок, компрессоров, теплообменных аппаратов и т.д.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет рассчитывать циклы тепловых двигателей, газотурбинных и паротурбинных установок, компрессоров, теплообменных аппаратов и т.д.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: рассчитывать циклы тепловых двигателей, газотурбинных и паротурбинных установок, компрессоров, теплообменных аппаратов и т.д. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: рассчитывать циклы тепловых двигателей, газотурбинных и паротурбинных установок, компрессоров, теплообменных аппаратов и т.д. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: рассчитывать циклы тепловых двигателей, газотурбинных и паротурбинных установок, компрессоров, теплообменных аппаратов и т.д. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: методиками термодинамического и теплового расчета теплотехнических устройств, компьютерными программами для их расчета.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методиками термодинамического и теплового расчета теплотехнических устройств, компьютерными программами для их расчета	Обучающийся владеет в неполном объеме методиками термодинамического и теплового расчета теплотехнических устройств, компьютерными программами для их расчета, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет методиками термодинамического и теплового расчета теплотехнических устройств, компьютерными программами для их расчета, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методиками термодинамического и теплового расчета теплотехнических устройств, компьютерными программами для их расчета, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

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

Контрольные задания, применяемые в рамках текущего и промежуточного контроля по дисциплине, носят универсальный характер и предусматривают возможность комплексной оценки всего набора компетенций, предусмотренных ОП по дисциплине.

3.1. Текущий контроль (работа на практических занятиях)
(формирование компетенций ОПК-1, ОК-1)

Тематика практических заданий для текущего контроля по дисциплине изложена в Приложении 1 к рабочей программе.

3.2. Текущий контроль (выполнение контрольных работ)
(формирование компетенций ОПК-1, ОК-1)

В соответствии с рабочей программой студенты выполняют две контрольные работы. Контрольные работы состоят каждая из двух задач.

Задачи для контрольной работы №1 (Формирование компетенций ОПК-1, ОК-1)

Задание 1.

1. Воздух при давлении P1=4,5 бар, расширяясь адиабатно до P2=1,2 бар, охладился до t2= -45 °C.

Найти:

- начальную температуру
- работу, совершенную 1кг воздуха

Изобразить процесс в p-v и T-s координатах.

2. Манометр парового котла показывает давление 2 бар.

Показание манометра 778 мм рт.ст..

Считая пар сухим насыщенным, определить его температуру, удельный объем и энтальпию.

Задание 2.

1. 1кг воздуха при температуре t1=15 °C. и начальном давлении p1=1бар адиабатно сжимается до 8бар.

Найти:

- конечный объем воздуха
- конечную температуру воздуха
- работу процесса

Изобразить процесс в p-v и T-s координатах.

2. Определить перегрев водяного пара, если его температура 151,8 °C , а давление 5 бар.

Задание 3.

1. Кислород массой 10кг расширяется изотермически при t =150 °C. Начальное давление 1,5МПа. При расширении газ производит работу A=303кДж.

Найти:

- давление в конце процесса расширения
- изменение энтропии газа.

Изобразить процесс в p-v и T-s координатах.

2. Определить количество тепла, затрачиваемого на перегрев 1 кг влажного пара при давлении P = 100 бар и степени сухости X = 0,98 до температуры t =480°C.

Задание 4

1. В резервуаре емкостью 25м^3 находится азот при давлении 730 мм.рт.ст. и температуре t1=10 ^{o}C. В результате подвода тепла давление азота возросло до 23,5атм.

Найти:

- количество подведенного тепла;
- изменение энтальпии и энтропии.

Изобразить процесс в p-v и T-s координатах.

2. Определить энтальпию и внутреннюю энергию влажного пара при P =13 бар и степени сухости X = 0,98.

Задание 5

1. Кислород массой 10кг расширяется изотермически при t=150 ^{o}C. Начальное давление1,5мПа. При расширении газ производит работу A=303кДж.

Найти:

- давление в конце изотермического расширения
- изменение энтропии газа.

Изобразить процесс в p-v и T-s координатах.

2. Определить массу, внутреннюю энергию, энтальпию и энтропию 6 м^3 насыщенного водяного пара при давлении P = 12 бар и степени сухости X = 0,9.

Задание 6

1.В результате полного сгорания углерода в атмосфере чистого кислорода в бомбе объемом 5 л образовался углекислый газ CO_2 при давлении 0.613 МПа и температуре 1400^{o}C.

Найти:

- Количество тепла, выделившегося при остывании CO_2 до температуры 20^{o}C.
- Давление, которое установится в бомбе при остывании CO_2 до указанной выше температуры.

Теплоемкость углекислого газа считать зависящей от температуры по квадратичной параболе.

2.Определить состояние водяного пара, еслиего давление P = 6 бар, а удельный объем 0,3м^3/кг.

Задание 7

1. В резервуаре V=25 м^3 находится азот при давлении P_1=730 мм рт. ст. и температуре t_1=10^{o}C. В результате подвода тепла давление азота возросло до 23,5 атм.

Найти:

- Количество подведенного тепла.
- Изменение внутренней энергии.
- Изменение энтальпии.

Теплоемкость азота считать зависящей от температуры по квадратичной параболе.

2. 1 кг водяного пара при p_1=16 бар и t_1 = 300 ^{o}C нагревается при постоянном давлении до 400 ^{o}C. Определить затраченное количество тепла, работу и изменение внутренней энергии.

Задание 8

1. Начальный объем углекислого газа V= 5 л, начальное давление P_1= 0.4 МПа, начальная температура 400^{o}C. Углекислый газ изобарически охлаждается до температуры 100^{o}C.

Найти:

- Количество тепла, которое необходимо отвести в процессе охлаждения.
- Изменение внутренней энергии.
- Работу, совершенную газом.

Теплоемкость углекислого газа считать зависящей от температуры по квадратичной параболе

2. 1 кг водяного пара при p = 10 бар и t1 = 240 ^{o}C нагревается при постоянном давлении до 320 ^{o}C. Определить затраченное количество тепла, работу и изменение внутренней энергии.

Задание 9

1. В баллоне емкостью 40 л заключен кислород при начальном давлении P_1=135 атм и температуре t_1 = 15^{o}C. Вследствие быстрого открытия выпускного клапана происходит адиабатическое расширение газа, и давление в баллоне падает до P_2 = 60 атм. Далее, уже при закрытом клапане вследствие теплообмена с атмосферой, имеющей температуру t_a = 15^{o}C, происходит выравнивание температур.

Найти:

- Какое количество кислорода было выпущено в атмосферу.
- Найти давление, установившееся после выхода кислорода из баллона и выравнивания температур.

Теплоемкость кислорода считать независящей от температуры.

2. В баллоне емкостью 1 м^3 находится пар при давлении 10 бар и x = 0,78. Сколько тепла нужно сообщить баллону, чтобы пар стал сухим насыщенным.

Задание 10

1. В цилиндр дизеля засасывается 25 л воздуха при температуре t_1=60^{o}C. В результате адиабатического сжатия температура воздуха повышается и становится равной или большей температуре воспламенения топлива, равной t_2= 720^{o}C.

Найти:

Объем сжатого воздуха, при котором его температура станет равной температуре воспламенения топлива.

Теплоемкость воздуха считать зависящей от температуры по квадратичной параболе.

2. 1 м^3 пара при давлении p = 10 ат и температуре t=300^o охлаждается при постоянном объеме до 100^{o}C. Определить количество тепла отданного паром.

Задание 11

1. Углекислый газ массой 5 кг расширяется политропически от давления P_1=80 атм и объема V_1 = 0.127 м^3 до давления P_2=8 атм и объема V_2 = 0.8 м^3.

Найти:

- Теплоту, отведенную от углекислого газа в этом процессе.

Теплоемкости углекислого газа при постоянном давлении и объеме считать линейно зависящими от температуры.

2. Определить количество тепла, которое нужно сообщить 6 кг водяного пара, занимающего объем 0,6 $м^3$ при давлении 6 бар, чтобы при постоянном объеме повысить его давление до 10 бар, определить также конечную степень сухости пара.

Задание 12

1. Процесс изменения состояния 1 кг кислорода характеризуется теплоемкостью С = 8.374 кДж/кг·К. Известны начальная температура $t_1=30^oC$, давление $P_1=100$ атм и конечное давление P_2 =2 атм.

Найти:

- Работу, совершенную газом.
- Изменение внутренней энергии.
- Тепло, полученное газом.
- Изобразить процесс на P-V диаграмме.

Теплоемкости кислорода при постоянном давлении и объеме считать независящими от температуры.

2. В закрытом сосуде содержится 1 $м^3$ сухого насыщенного водяного пара при давлении 10 бар. Определить давление, степень сухости пара и количество отданного им тепла, если он охладился до температуры 60^0C.

Задание 13

1. Процесс изменения состояния 1 кг кислорода характеризуется теплоемкостью С = 8.374 кДж/кг·К. Известны начальная температура $t_1=30^oC$, давление $P_1=100$ атм и конечное давление P_2 =2 атм.

Найти:

- Работу, совершенную газом.
- Изменение внутренней энергии.
- Тепло, полученное газом.
- Изобразить процесс на P-V диаграмме.

Теплоемкости кислорода при постоянном давлении и объеме считать независящими от температуры.

2. Водяной пар, начальное давление которого p_1 = 0,3 мПа и температуре $t = 150^oC$ изотермически сжимается до уменьшения объема в три раза. Определить термические параметры начального и конечного состояний пара, изменение энтальпии, энтропии и внутренней энергии, а так же теплоту и работу процесса.

Задание 14

1. Азот массой 3 кг политропически сжимается от начального давления $P_1=1.2$ атм и температуры $t_1=45^oC$ до давления $P_2=8$ атм и температуры $t_2=274^oC$.

Найти:

- Показатель политропы.
- Величину работы, затраченной на сжатие газа.
- Изменение внутренней энергии.
- Количество телпоты

Теплоемкости азота при постоянном давлении и объеме считать зависящими от температуры по линейному закону.

2. Определите степень сухости влажного пара, если его энтальпия i = 1600КДж/кг, энтальпия насыщенной жидкости i’ = 500 КДж/кг, а теплота парообразования r = 2200 КДж/кг.

Задание 15

1. Начальное состояние 2 кг воздуха характеризуется параметрами: давление P_1=15 атм и температура t_1=60 ^oC. Воздух политропически расширяется с теплоемкостью C = 573.6 Дж/кг·К до конечного давления P_2= 7 атм.

Найти:

- Изменение энтропии газа.
- Найти изменение внутренней энергии.
- Количество подведенного тепла.

Теплоемкость азота считать не зависящей от температуры.

2. Определите энтропию влажного пара при степени сухости x = 0,8, если энтропия насыщенной жидкости S’ = 2,3 КДж/кг·к, теплота парообразования r = 2000 КДж/кг и температура пара t = 227˚C.

Задание 16

1. Углекислый газ массой 3 кг политропически расширяется от начального давления P_1=20 атм и температура t_1=35 ^oC до температуры t_2= -15 ^oC. Известно, что в ходе расширения от газа отнимается тепло Q = 200 кДж.

Найти:

- Изменение энтропии в этом процессе.
- Изменение внутренней энергии.
- Работу, совершенную газом.

Теплоемкости при постоянном давлении и объеме считать линейными функциями температуры.

2. Начальное состояние 1 кг водяного пара задано давлением P_1 = 50 атм и удельным объемом V_1 = 0.046 $м^3$/кг. В результате адиабатического расширения давление пара падает до P_2 = 2 атм.

Найти:

- Параметры пара в конце расширения.
- Работу, совершенную паром.
- Изменение внутренней энергии.
- Представить процесс в P-V и T-S и H-S диаграммах.

Задание 17

1. Температура самовоспламенения дизельного топлива 750^oC. Температура в камере поднимается за счет сжатия воздуха. Начальная температура воздуха, подаваемого в камеру 60^oC при атмосферном давлении (≈1 атм).

Найти:

- Минимально необходимую степень сжатия ε.

Теплоемкость воздуха считать зависящей от температуры по квадратичной параболе

2. В паровом котле, имеющем объем V = 15 $м^3$, вода занимает объем V_1 = 10 $м^3$. Остальное пространство котла занято водяным паром. Температура котла t_1 = 20^oC.

Найти:

- Количество тепла, для того, что бы давление пара стало равным P_2 = 35 атм.
- Изменение энтропии пара при увеличении давления.

Задание 18

1. Начальное состояние 2 кг углекислого газа характеризуется параметрами: давление P_1=5 атм и температура t_1=20 ^oC. Углекислый газ политропически сжимается с теплоемкостью С = 400 Дж/кг·К до конечного давления P_2= 70 атм.

Найти:

- Изменение энтропии азота.
- Найти изменение внутренней энергии.
- Количество подведенного тепла.

Теплоемкость азота считать не зависящей от температуры.

2. Начальное состояние 1 кг влажного пара соответствует P_1 = 0.5 атм и степени сухости X = 0.35. При адиабатическом сжатии пар превращается в насыщенную воду.

Найти:

- Количество тепла, выделившегося при сжатии.
- Давление в конце превращения.

Представить процесс в P-V и T-S и H-S диаграммах.

Задание 19

1. Воздух в цилиндре дизеля сжимается политропически с показателем n = 1.43. Начальное состояние воздуха: температура t_1 = 80^{o}C, давление P_1 = 1атм. Температура воспламенения дизельного топлива t_2 = 680^{o}C. Масса воздуха М = 1 кг.

Найти:

- Конечное давление воздуха в дизеле.
- Работу сжатия газа.
- Количество отводимого тепла.
- Изменение внутренней энергии газа.

Теплоемкости газа при постоянном давлении и объеме считать линейными функциями температуры

2. Определите энтальпию влажного пара при степени сухости x = 0,5, если энтальпия насыщенной жидкости i’ = 350 КДж/кг, а теплота парообразования r = 2300 КДж/кг.

Задачи для контрольной работы №2 (Формирование компетенций ОПК-2, ПК-2)

Задание 1.

1. Печь изнутри выложена шамотным кирпичом, за которым следует слой красного кирпича толщиной 200 мм, а снаружи слой асбеста толщиной 50 мм. На внутренней поверхности печи температура1200 °С, на наружной 30 °С.

Какова должна быть толщина слоя шамотного кирпича, чтобы температура красного кирпича не превышала 850 °С? Найти температуру на внутренней поверхности асбеста.

2. В теплообменном устройстве охлаждающая вода должна отводить тепловой поток 465 Вт. Вода движется по прямой круглой трубе с внутренним диаметром 100 мм. Расход воды 40 т/час, а ее температура на входе в трубу 75^{o}C. Определить температуру воды на выходе из трубы, коэффициент теплоотдачи к воде и длину трубы, если средняя температура ее внутренней поверхности 95^{o}C.

Задание 2.

1. Определить плотность теплового потока и температуру на поверхностях стенки парового котла, если заданы температура дымовых газов 1100 °С, температура кипящей воды 220 °С и коэффициенты теплоотдачи α_1=110 Вт/м^{2}К, α_2=3000 Вт/м^{2}К. Стенки выполнены из углеродистой стали 30 толщиной 50 мм и футерована динасовым кирпичом толщиной 150 мм.

2. По стальному трубопроводу диаметром 100х3 мм протекает вода, средняя температура которой 120^{o}С, со скоростью 8 м/с. Снаружи трубопровод обдувается поперечным потоком воздуха, температура которого 20^{o}С, а скорость 12 м/с.

Определить плотность теплового потока, передаваемого от воды к воздуху, если температура стенки 110^{o}С.

Задание 3.

1. Определить плотность теплового потока и температуру на поверхностях стенки парового котла, если заданы температура дымовых газов 1200 °С, температура кипящей воды 180 °С и коэффициенты теплоотдачи α_1=150 Вт/м^{2}К, α_2=2500 Вт/м^{2}К. Стенки выполнены из стали ЭИ69 толщиной 50 мм и футерована шамотным кирпичом толщиной 250 мм.

2. По прямоугольному каналу 0,4 х 0,8 м, выполненному из асбеста толщиной 3 мм, движется сухой воздух с температурой 300^{o}С. Расход воздуха 4,8 кг/с. Длина канала 10 м.

Определить тепловой поток от воздуха к окружающей среде, если ее средняя температура 25^{o}С, а коэффициент теплоотдачи от поверхности канала к окружающей среде 50 Вт/м^2.

Задание 4.

1. Обмуровка парового котла толщиной 300 мм выполнена из шамотного кирпича. С одной стороны она омывается топочным газом с температурой 750 °С, а с другой воздухом с температурой 25 °С. Коэффициенты теплоотдачи соответственно равны α_1=30 Вт/м^{2}К, α_2=20 Вт/м^{2}К. Найти тепловые потери через стенку.

Как изменяются тепловые потери, если стенку котла покрыть слоем штукатурки (λ=0,135+0,00029t) толщиной 8 мм?

2. Неизолированный стальной трубопровод (сталь 30) диаметром 225х12,5 мм проложен горизонтально подводой. Температура окружающей его воды 20^{o}С. Внутри трубопровода движется масло МС-20, средняя температура которого 110^{o}С, со скоростью 5 м/с. Температуру стенки трубопровода принять равной 100^{o}С.

Определить тепловые потери трубопровода

Задание 5.

1. Обмуровка парового котла толщиной 2500 мм выполнена из диатомитового кирпича. С одной стороны она омывается топочным газом с температурой 980 °С, а с другой воздухом с температурой 30 °С. Коэффициенты теплоотдачи соответственно равны α_1=40 Вт/м^{2}К, α_2=22 Вт/м^{2}К. Найти тепловые потери через стенку.

Как изменяются тепловые потери, если на котел наложить слой изоляции из асбестового картона толщиной 10 мм?

2. Коридорный пучок стальных труб диаметром 60х4 мм омывается поперечным потоком воздуха. Температура воздуха на входе в пучок 360°С, а на выходе из него 280°С. Скорость воздуха 5 м/с. Продольный шаг S_1 = 40 мм, поперечный S_2 = 25 мм. Внутри труб со скоростью 1 м/с движется вода, температура которой на входе 50°С, а на выходе 90°С. Определить тепловой поток от воздуха к воде, если средняя температура поверхности труб 75°С, а длина труб 12 м.

Задание 6.

1. Паропровод (ст ЭИ107) Диаметром 170х5 мм покрыт слоем тепловой изоляции толщиной 100 мм с коэффициентом теплопроводности λ=0,062(1+0,000363t) Вт/м К.

Определить тепловые потери паропровода, если температура внутренней поверхности трубы 300°С, а температура внешней поверхности изоляции 50°С? Длина трубы 15м.

2. По горизонтальной трубе диаметром 20х1 мм протекает вода с температурой 85 °С на входе. Средняя температура стенки 15 °С. Расход воды 0,5 кг/с. На выходе из трубы вода должна иметь температуру 25 °С. Какую длину трубы следует взять для этого?

Задание 7.

1. Железобетонная дымовая труда внутренним диаметром 800 мм и наружным диаметром 1300 мм должна быть футерована внутри шамотным кирпичом. Определить толщину футеровки и температуру наружной поверхности трубы t_{c3} из условий, чтобы тепловые потери с 1 м трубы не превышали 2000 Вт/м, а температура наружной поверхности железобетонной стенки t_{c3} не превышала 60 °С. Температура внутренней поверхности футеровки t_{c1}=425 °С, коэффициент теплопроводности бетона λ_2=1,1 Вт/м К.

2. а) Плоская пластина длиной 5м омывается водой со скоростью 3 м/с. Температура воды 25°С, температура пластины со стороны воды 90 °С.

Определить:

1. средний коэффициент теплоотдачи от пластины к воде;
2.расстояние, на котором произойдет переход из ламинарного режима в турбулентный (принять $Re_{кр}=2*10^5$)

б)Рассчитать тепловые потери от вертикальной трубы длиной 3,2 м и наружным диаметром 62 мм. Температура на поверхности трубы 80 °С, температура окружающего воздуха 20 °С.

Задание 8.

1. Вычислить потерю теплоты с 1 м трубопровода диаметром 165х7,5 мм, проложенного на открытом воздухе, температура которого -15 °С, если внутри трубы протекает вода со средней температурой 90 °С. Материал трубы – сталь ЭИ 107. Коэффициент теплоотдачи от воды к стенке трубы α_1=10000 ВТ/м^{2}К, и от трубы к окружающему воздуху α_2=12 ВТ/м^{2}К.

Решить задачу при условии, что паропровод покрыт слоем изоляции толщиной 60 мм и коэффициентом теплопроводности λ=0,15 Вт/м К. Объяснить изменение тепловых потерь.

2. По стальной трубе диаметром 44х2 мм со скоростью 0,7 м/с течет масло МС-20, температура которого 60 °С. Снаружи труба охлаждается поперечным потоком воздуха с температурой 15 °С. Скорость воздуха 10 м/с.
   Определить линейную плотность теплового потока. Температуру стенки трубы со стороны масла принять равной 45 °С.

Задание 9.

1. Обмуровка печи состоит из слоев шамотного и силикатного кирпича (на холодном растворе), между которыми расположен слой распушенного асбеста

3 сорта. Толщина шамотного слоя 120 мм, асбеста 50 мм и силикатного кирпича 250 мм. Температуры на внешних поверхностях стенки равны соответственно
950 °С и 30 °С.

Какой толщины следует сделать слой силикатного кирпича, если оказаться от асбестовой прокладки, чтобы тепловые потери через стенку остались неизменными?

Решить задачу, учитывая зависимость λ от температуры.

2. По стальному паропроводу (сталь ЭИ69) движется насыщенный водяной пар с температурой 350 ^{o}С. Скорость пара 5 м/с. Снаружи паропровод охлаждается свободным потоком воздуха, температура которого 30 ^{o}С. Диаметр паропровода 100 мм, длина 3 м. Температуру стенки принять равной 330 ^{o}С.
   Определить тепловой поток от пара к воздуху.

Задание10.

1. Обмуровка печи состоит из слоев пеношамота и красного кирпича машинной формовки, между которыми расположен слой асбозурита. Толщина пеношамота 120 мм, асбозурита 50 мм и красного кирпича 250 мм. Температуры на внешних поверхностях стенки равны соответственно

1100 °С и 40 °С.

Какой толщины следует сделать слой красного кирпича, если оказаться от асбестовой прокладки, чтобы тепловые потери через стенку остались неизменными?

2. Теплообменник типа «труба в трубе» длиной 6 м выполнен из стальных труб диаметром 48х3 мм и 30х2,5 мм. Холодный теплоноситель – вода движется по внутренней трубе и нагревается от 5 до 35 ^{o}С. Расход воды 100 кг/ч.

Горячий теплоноситель со средней температурой 140 ^{o}С движется по межтрубному пространству. Коэффициент теплоотдачи от него к поверхности внутренней трубы 93 Вт/м^{2}*К.

Определить:

температуру поверхности со стороны воды;

обеспечит ли поверхность теплообменника передачу заданной плотности теплового потока?

Задание 11

1. Вычислить потерю теплоты с 1 м трубопровода диаметром 210х5 мм, выполненного из сухого бетона, покрытого слоем изоляции из шлаковой ваты толщиной 50 мм. Температура внутренней поверхности трубопровода t_1=180 °С/

Температура наружной поверхности изоляции t_2=50 °С. Определить температуру на границы стенки и изоляции.

2. В межтрубном пространстве теплообменника типа «труба в трубе» протекает вода, температура которой изменяется от 20 до 80 ^{o}С. Расход воды 5000 кг/час. Диаметры труб: внешней 68х2 мм, внутренней – 50х1 мм. По внутренней трубе противотоком движется трансформаторное масло со скоростью 2,8 м/с. Температура масла изменяется от 140 до 60 ^{o}С.

   Определить длину теплообменника.

Задание 12.

1. Обмуровка печи состоит из слоев шамотного и красного кирпича, между которыми распложена засыпка из диатомитовой крошки. Толщина шамотного слоя 120 мм, диатомитовой засыпки 50 мм и красного кирпича 250 мм.

Какой толщины следует сделать слой красного кирпича, если отказаться от засыпки из диатомита, чтобы тепловой поток через стенку остался неизменным?

Температуры на поверхности стенки соответственно равны 840 °С и 50 °С.

2. Шахматный пучок стальных труб диаметром 40х2 мм омывается поперечным потоком воздуха. Температура воздуха на входе в пучок 320^{o}С, а на выходе из него 230^{o}С. Скорость воздуха 6,2 м/с. Продольный шаг S_1 = 70 мм, поперечный S_2 = 25 мм. Внутри труб со скоростью 2 м/с движется вода, температура которой на входе 20^{o}С, а на выходе 90^{o}С.

   Определить тепловой поток от воздуха к воде, если средняя температура поверхности труб 75^{o}С, а длина труб 10 м.

3.3. Текущий контроль (выполнение расчетно-графических работ) (Формирование компетенций ОПК-1, ОК-1)

РГР № 1. «Расчет цикла теплового двигателя со смешанным подводом теплоты».

Методические указания

По заданным параметрам в т.1 определяется неизвестный параметр с помощью уравнения состояния идеального газа. В остальных точках параметры определяются по заданным степеням сжатия или повышения давления в каждом процессе, а также по соотношениям параметров в соответствующих процессах. Составляется таблица параметров для каждой точки.

По справочникам определяются изобарные теплоемкости в каждой точке цикла, а затем средне интегральные в каждом процессе. По уравнению Майера находятся изохорные средние теплоемкости для всех процессов, а затем политропные теплоемкости в политропных процессах.

В каждом процессе рассчитываются основные термодинамические функции (внутренняя энергия, энтальпия и энтропия), а также работа и теплота.

Составляется таблица значений термодинамических функций для каждого процесса и суммарных значений для цикла в целом.

Определяется термический КПД цикла и сравнивается с термическим КПД цикла Карно.

Стоятся графики цикла в p-V и T-s координатах

РГР выполняется под руководством преподавателя, прежде всего, осуществляющего лекционные занятия. Руководитель проводит необходимые консультации и контролирует выполнение работы.

РГР должна быть напечатана на компьютерном принтере через 1,5 интервала на стандартных листах бумаги формата А4. На каждой странице должны быть предусмотрены поля: левое 25 мм, верхнее 20 мм, правое 10 мм или в случае недоступности печатной техники лабораторная работа может быть представлена в виде рукописи, выполненной чётким почерком. Сокращения слов, кроме общепринятых и профессиональных аббревиатур, не допустимы. Принципиальные положения в тексте работы должны подтверждаться ссылками на литературные источники, перечисленные в порядке упоминания в отдельном списке.

Схема цикла в P-V координатах

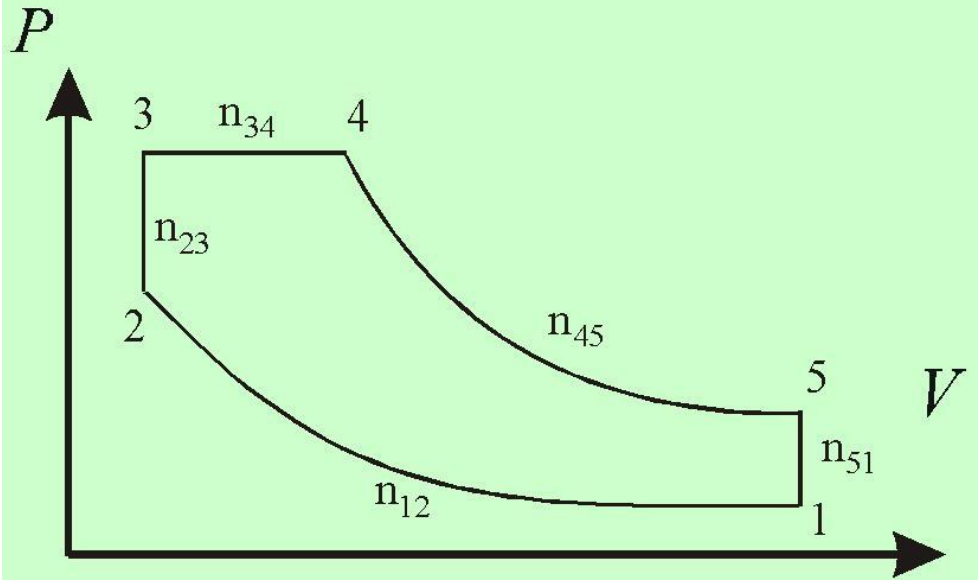


Таблица исходных данных

№ п/п	n_{12}	n_{23}	n_{34}	n_{45}	n_{51}	$P \cdot 10^{-5}$ Па	V $м^3$	t ^0C	$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2}$	$\lambda = \frac{P_3}{P_2}$	$\rho = \frac{V_4}{V_3}$
1	1,33	∞	0	1,27	∞	1,05	0,90	-	15	1,5	1,3
2	1,32	∞	0	1,29	∞	1,00	-	18	16	1,5	1,2
3	1,38	∞	0	1,28	∞	0,95	-	25	14	1,4	1,4
4	1,36	∞	0	1,29	∞	-	0,93	25	15	1,4	1,4
5	1,36	∞	0	1,26	∞	-	0,90	30	14	1,5	1,2
6	1,38	∞	0	1,24	∞	1,20	1,00	-	15	1,4	1,4
7	1,35	∞	0	1,25	∞	1,30	-	10	12	1,5	1,2
8	1,37	∞	0	1,28	∞	1,00	-	20	14	1,4	1,3
9	1,39	∞	0	1,30	∞	0,90	-	30	12	1,3	1,4
10	1,33	∞	0	1,25	∞	0,80	-	20	14	1,5	1,3
11	1,37	∞	0	1,23	∞	-	0,80	15	15	1,4	1,3
12	1,39	∞	0	1,29	∞	1,00	0,90	-	15	1,4	1,2
13	1,36	∞	0	1,28	∞	1,00	1,10	-	14	1,5	1,4
14	1,40	∞	0	1,25	∞	0,90	1,00	-	12	1,5	1,2
15	1,37	∞	0	1,28	∞	-	1,00	17	10	1,6	1,5
16	1,37	∞	0	1,30	∞	1,00	-	20	14	1,6	1,2
17	1,40	∞	0	1,29	∞	0,90	-	25	15	1,4	1,2
18	1,39	∞	0	1,26	∞	1,20	1,00	-	14	1,5	1,5
19	1,35	∞	0	1,25	∞	1,15	1,00	-	12	1,4	1,2
20	1,38	∞	0	1,24	∞	1,10	0,90	-	15	1,7	1,3
21	1,35	∞	0	1,30	∞	1,00	-	17	14	1,4	1,4
22	1,33	∞	0	1,25	∞	1,10	-	25	14	1,4	1,3
23	1,38	∞	0	1,28	∞	0,95	1,10	-	15	1,3	1,4
24	1,36	∞	0	1,22	∞	1,00	-	20	8	1,8	1,3
25	1,34	∞	0	1,30	∞	1,05	-	15	10	1,6	1,4
26	1,38	∞	0	1,24	∞	1,00	1,00	-	10	1,4	1,2
27	1,37	∞	0	1,26	∞	0,95	-	20	12	1,3	1,3
28	1,39	∞	0	1,27	∞	0,98	-	15	11	1,2	1,4
29	1,38	∞	0	1,28	∞	0,95	-	20	10	1,4	1,2
30	1,36	∞	0	1,29	∞	0,90	-	25	12	1,3	1,3

РГР №2. Определение площади поверхности кожухотрубного теплообменного аппарата

Задание для расчета. Определить требуемую площадь поверхности теплообмена F кожухотрубного теплообменника и суммарную мощность на прокачивание теплоносителей по его каналам N для охлаждения горячего теплоносителя с массовым расходом M_1 от температуры t_1 на входе в теплообменный аппарат до температуры t_1 на выходе из него. Температура холодного теплоносителя (воды) на входе t_2 и t_2. Горячий теплоноситель движется внутри n труб с внутренним диаметром d_1 14 мм. Толщина стенки трубок, выполненных из нержавеющей стали марки 1Х18Н10Т - 1мм.Вода обтекает трубы теплообменного аппарата продольно, двигаясь в межтрубном канале, образованном наружными поверхностями труб и кожухом с внутренним диаметром D. Длина секции теплообменного аппарата L = 2м.

№	Горячий теплоноситель	t_1' °C	t_1'' °C	t_2' °C	t_2'' °C	№ Варианта*	Схема движения теплоносителей
01	Этанол	160	100	20	80	01	Прямоток
02	Этанол	160	100	40	80	02	Прямоток
03	Этанол	150	120	40	100	03	Прямоток
04	Этанол	140	80	30	90	04	Противоток
05	Этанол	150	90	20	100	05	Противоток
06	Этанол	140	100	40	100	06	Противоток
07	Этанол	120	80	30	90	07	Противоток
08	Этанол	150	100	20	90	08	Противоток
09	Бензол	160	100	20	80	09	Прямоток
10	Бензол	160	100	40	80	10	Прямоток
11	Бензол	150	120	40	100	11	Прямоток
12	Бензол	140	80	30	90	12	Противоток
13	Бензол	150	90	20	100	13	Противоток
14	Бензол	140	100	40	100	14	Противоток
15	Бензол	120	80	30	90	15	Противоток
16	Бензол	150	100	20	90	16	Противоток
17	Ацетон	160	100	20	80	17	Прямоток
18	Ацетон	160	100	40	80	18	Прямоток
19	Ацетон	150	120	40	100	19	Прямоток
20	Ацетон	140	80	30	90	20	Противоток
21	Ацетон	150	90	20	100	21	Противоток
22	Ацетон	140	100	40	100	22	Противоток
23	Ацетон	120	80	30	90	23	Противоток
24	Ацетон	150	100	20	90	24	Противоток
25	Метанол	160	100	20	80	25	Прямоток
26	Метанол	160	100	40	80	26	Прямоток
27	Метанол	150	120	40	100	27	Прямоток
28	Метанол	140	80	30	90	28	Противоток
29	Метанол	150	90	20	100	29	Противоток
30	Метанол	140	100	40	100	30	Противоток
31	Метанол	120	80	30	90	31	Противоток
32	Метанол	150	100	20	90	32	Противоток
33	Масло МС-20	160	100	80	90	33	Прямоток
34	Масло МС-20	160	80	60	70	34	Прямоток
35	Масло МС-20	150	90	70	80	35	Прямоток

	101-132	201-232	301-332	401-432	501-532	601-632	701-732	801-832
Расход горячего теплоносителя M_1,кг/с	1.5	2.1	4.2	6	12	21	30	51
Внутренний диаметр кожуха D,м	0.06	0.08	0.10	0.12	0.15	0.2	0.25	0.3
Число труб n, шт	4	7	12	19	37	64	109	151

3.4. Текущий контроль(выполнение лабораторных работ)
(формирование компетенций ОПК-1, ОК-1)

Лабораторная работа №1

«Определение удельной теплоемкости воздуха при постоянном давлении

Методические указания по выполнению лабораторной работы

1. Подсоединить мультиметр к клеммам на установке
2. Включить питание установки, измеритель температуры и компрессор
3. Включить питание нагревателя. С помощью регуляторов «грубо» и «точно» установить начальное напряжение на нагрузке Uн=4В, отслеживая его значение с помощью мультиметра.
4. С помощью мультиметра измерить падение напряжения на образцовом сопротивлении
5. Через 4-5 минут произвести отсчет температур Т1 и Т2 по измерителю и объемного расхода воздуха G по ротаметру
6. Данные измерений занести в таблицу 1
7. Повторить измерения, описанные в пп 4-6, для напряжений на нагревателе Uн=6,8,10,12 В
8. По величине измеренного объемного расхода воздуха П рассчитать массовый расход воздуха М
9. Используя величину падения напряжения Uo на образцовом сопротивлении, вычислить силу тока
10. Вычислить мощность, выделяемую в нагревателе
11. Для нахождения удельной теплоемкости воздуха при постоянном давлении построить график температурной зависимости выделяемой мощности
12. Определить погрешность измерений

Лабораторная работа № 2

Расчет цикла паротурбинной установки (цикл Ренкина)

Методические указания по выполнению лабораторной работы

По заданным параметрам определяются неизвестные параметры с помощью таблиц водяного пара. Составляется таблица параметров для каждой точки.

Рассчитываются изменение внутренней энергии, энтальпии, энтропии, а также работа и теплота в каждом процессе.

Составляется таблица значений термодинамических функций для каждого процесса и суммарных значений для цикла в целом.

Определяется термический КПД цикла и сравнивается с термическим КПД парового цикла Карно.

Строятся графики цикла в p-V и T-s координатах

Исходные данные для расчета цикла на водяном паре.

Варианты заданий

№ п/п	$P_1 \cdot 10^{-5}$, Па	t_1, ^0C	$P_2 \cdot 10^{-5}$, Па
1	20	250	0,10
2	18	280	0,12
3	25	300	0,08
4	28	260	1.0
5	30	260	0,6
6	22	280	0,8
7	25	300	0,6
8	20	320	0,14
9	30	300	0,4
10	18	250	0,15
11	16	230	0,20
12	22	250	0,14
13	30	300	0,12
14	35	350	0,10
15	18	250	0,8
16	18	280	1,4
17	20	300	1,6
18	30	340	1,08
19	32	360	0,6
20	25	280	1,10
21	20	260	0,5
22	28	240	0,8
23	22	200	0,10
24	18	280	0,14
25	30	300	0,10
26	55	320	1,04
27	28	280	0,8
28	25	250	0,10
29	22	200	0,12
30	20	240	0,14

Лабораторная работа №3

Определение коэффициента теплопередачи при течении жидкости в трубе.

В данной работе изучается теплообменный аппарат, в котором теплоносители находятся в однофазном состоянии и не контактируют друг с другом.

3.5. Промежуточный контроль (вопросы к экзамену)
(формирование компетенций ОПК-1, ОК-1)

1. Термодинамические параметры. Рабочее тело.
2. Термодинамическая система.
3. Уравнение состояния идеального газа.
4. . Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Работа.
5. Идеальный газ. Уравнения теплоемкости в интервале температур. Теплоемкость при постоянном давлении и при постоянном объеме. Уравнение Майера.
6. Энтальпия. Расчет изменения энтальпии.
7. Энтропия. Расчет изменения энтропии.
8. Графическое изображение работы и теплоты на. V-P и S-T диаграммах.
9. Термодинамические процессы идеального газа: изохорный, изобарный, изотермический: основные соотношения параметров. V-P и S-T диаграммы.
10. Адиабатный процесс: основные соотношения. V-P и S-T диаграммы.
11. Политропный процесс. Определение показателя политропы. Теплоемкость политропного процесса.
12. Второй закон термодинамики. Основные формулировки. Математическое выражение второго закона термодинамики для круговых процессов.
13. Круговые процессы или циклы.
14. Прямой обратимый цикл Карно. Термический к.п.д. цикла.
15. Обратный цикл Карно. Холодильный коэффициент.
16. Теорема Карно.
17. Цикл ДВС с подводом теплоты при V = const.
18. Цикл ДВС с подводом теплоты при P = const.
19. Цикл ДВС со смешанным подводом теплоты.
20. Нагнетание газов и паров. Поршневой компрессор.
21. Цикл газотурбинной установки.
22. Цикл воздушной компрессорной холодильной установки.
23. Условия фазового равновесия. Фазовые переходы.
24. Свойства реальных газов.
25. Водяной пар. Парообразование при постоянном давлении.
26. P-V, S-T, I –S диаграммы водяного пара
27. Паровые процессы: изобарный, изохорный, изотермический и адиабатный.
28. Уравнение Клайперона-Клаузиуса.
29. Цикл Ренкина. P-V, S-T, I –S диаграммы.
30. Виды переноса теплоты. Температурное поле и температурный градиент.
31. Теплопроводность. Гипотеза Фурье. Коэффициент теплопроводности. Термическое сопротивление теплопроводности. Плотность теплового потока. Тепловой поток.
32. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Уравнение Фурье. Уравнение Лапласа.
33. Условия однозначности. Граничные условия.
34. Передача теплоты через плоскую стенку при граничных условиях 1- рода.
35. Определение плотности теплового потока через многослойную плоскую стенку.

36. Теплопроводность через плоскую стенку при граничных условиях 111-рода. Коэффициент теплопередачи. Определение температуры на поверхностях стенки.
37. Теплопроводность через цилиндрическую стенку при граничных условиях 1-рода. Линейная плотность теплового потока для однослойной и многослойной цилиндрических .стенок. Уравнение распределения температуры по толщине цилиндрической стенки.
38. Теплопроводность через цилиндрическую стенку при граничных условиях 111-го рода. Линейный коэффициент теплопередачи. Линейная плотность теплового потока.
39. Конвективный теплообмен. . Виды конвективного теплообмена.
40. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл.
41. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.
42. Критерии подобия конвективного теплообмена и их физический смысл.
43. Обобщенные уравнения теплоотдачи.
44. Динамический пограничный слой.
45. Тепловой пограничный слой.
46. Соотношение толщины теплового и динамического пограничных слоев.
47. Обобщенные уравнения при обтекании пластины потоком жидкости.
48. Теплообмен при вынужденном течении жидкости в трубах. Обобщенные уравнения.
49. Теплообмен при поперечном обтекании труб. Обобщенные уравнения.
50. Теплообмен при поперечном обтекании пучка труб. Обобщенные уравнения.
51. Теплообмен при свободной конвекции. Обобщенные уравнения.
52. Свободная конвекция в ограниченном объеме.
53. Теплообмен излучением.

Программа составлена с учетом требований ФГОС ВО и учебным планом по направлению подготовки **18.05.01 – Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий.**