Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 01.09.2023 12:49:07
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**УТВЕРЖДАЮ**
Декан факультета машиностроения
_____/Е. В. Сафонов /
«___» _____ 2020 г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

# «Термодинамика и теплопередача»

Специальность
**15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов»**

Специализация
**«Проектирование технологических комплексов в машиностроении»**

Квалификация (степень) выпускника
**Инженер**

Форма обучения
**Очная**

Москва 2020 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов», специализация « Проектирование технологических комплексов в машиностроении»

Программу составил:

_____ ст. преп. Захаров Н.С.

Программа дисциплины «Термодинамика и теплопередача» по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов» утверждена на заседании кафедры «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики»

«____»_____20___ г., протокол № _____

Заведующий кафедрой _____ /доц., к.т.н. Некрасов Д.А./

Программа согласована с руководителем образовательной программы

_____

«____»_____20___ г.

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии машиностроительного факультета

Председатель комиссии _____ /_____/

«18»_____06_____2020 г. Протокол: № 7-20

## 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;

## 2.Место дисциплины в структуре ООП бакалавриата

Учебная дисциплина «Термодинамика и теплопередача» входит в блок учебных дисциплин специализации базовой части базового цикла (Б.1.2.17) образовательной программы специалитета.

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

*В базовой части Блока 1 (Б.1.1):*

- Высшая математика
- Физика в производственных и технологических процессах

*В вариативной части(Б.1.2)*

- Проектирование технологических машин и комплексов

*В дисциплинах по выбору базового цикла:*

- Оборудование технологических комплексов и основы надежности технологических машин

## 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-3 | Готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала | **знать:**<br>• основные законы термодинамики и теплопередачи их практическое применение.<br>**уметь:**<br>• рассчитывать термодинамические процессы и тепловые потоки<br>**владеть:**<br>• навыками определения физических свойств веществ |

**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. Расчет калорических параметров.

**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. Цикл Карно как эталонный с точки зрения термического КПД, его достоинства и недостатки. **.** Циклы реальных тепловых двигателей: Отто, Дизеля и Тринклера.

**Раздел 5.** Теплообмен. Основные понятия и определения. Виды теплообмена. Теплопроводность. Гипотеза Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности.

**Раздел 6.** Теплопроводность при стационарном режиме. 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 7**. Конвективный теплообмен, его виды. Закон Ньютона –Рихмана. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена – уравнение энергии, уравнения движения и сплошности. Критерии кинематического и теплового подобия. Обобщенные уравнения.

**Раздел 8. Теплоотдача при вынужденном движении.**

. 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 9. Теплоотдача при свободном движении.**
Механизмы процесса. Теплообмен в большом объеме. Критерии Галилея, Архимеда, Грасгофа. Структура обобщенного уравнения. Конвективный теплообмен в ограниченных пространствах.
**Раздел 10. Теплообмен излучением.**
Природа теплового излучения. Абсолютно черное тело. Законы Кирхгофа, Планка, Вина, Закон Стефана-Больцмана. Теплообмен излучением через прозрачную среду. Особенности излучения газов. Теплообмен излучением в замкнутой системе. Роль экранов. Теплообмен излучением в поглощающей среде.

**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, индивидуальных, 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;

– подготовка к выполнению контрольной работы;

– защита лабораторных 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-графической работы.

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: зачет.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачета проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дис-

циплине. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляются оценки "зачтено" или "не зачтено"

Общими критериями оценки ответов при проведении промежуточной аттестации в форме зачета являются:

оценка содержания ответов (полнота и правильность ответа, соблюдение логической последовательности изложения материала, обоснованность выводов);

форма изложения ответа, отражающая навыки и умения излагать и отстаивать свое мнение, отвечать на поставленные дополнительные вопросы.

| Оценка за ответ | Характеристика ответа |
|---|---|
| Зачтено | Содержание материала по рассматриваемому вопросу раскрыто, изложено грамотно и в определенной логической последовательности. Продемонстрированы теоретические знания программного и сопутствующего материала, сформированность и устойчивость навыков и умений. Показана способность и осознанность осуществления действий с использованием полученных знаний, навыков и умений при решении профессиональных задач. Допущены одна-две неточности при освещении второстепенных вопросов, которые исправлены по замечаниям. |
| Не зачтено | 1. Не раскрыто основное содержание учебного материала по всем вопросам экзаменационного билета. Речь неграмотная, допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии. Студент не осознает связь обсуждаемого вопроса с другими объектами дисциплины. Дополнительные вопросы преподавателя не приводят к коррекции содержания ответа. Не ответил на дополнительные вопросы.<br>2. Ответы на вопросы экзаменационного билета полностью отсутствуют или представляют разрозненные знания с существенными ошибками.<br>3. Отказ от ответа. |

**6.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

| № п/п | № раздела дисциплины | Методические указания по выполнению самостоятельной работы |
|---|---|---|
| 1. | Раздел 1 | Чтение лекционного материала<br>Изучение основной и дополнительной литературы [1-5]<br>Изучение справочной литературы |
| 2. | Раздел 2 | Чтение лекционного материала<br>Изучение основной и дополнительной литературы [1-5]<br>Изучение учебно-методических материалов |
| 3. | Раздел 3 | Чтение лекционного материала |

| | | |
|---|---|---|
| | | Изучение основной и дополнительной литературы [1-5] |
| 4. | Раздел 4 | Чтение лекционного материала<br>Изучение основной и дополнительной литературы [1-5]<br>Самостоятельное выполнение практических заданий |
| 5. | Раздел 5 | Чтение лекционного материала<br>Изучение основной и дополнительной литературы [1-5]<br>Изучение учебно-методических материалов |
| 6. | Раздел 6 | Чтение лекционного материала<br>Изучение основной и дополнительной литературы [1-5]<br>Самостоятельное выполнение практических заданий |
| 7. | Раздел 7 | Чтение лекционного материала<br>Изучение основной и дополнительной литературы [1-5]<br>Изучение справочной литературы |
| 8 | Раздел 8 | Чтение лекционного материала<br>Изучение основной и дополнительной литературы [1-5]<br>Изучение справочной литературы |
| 9 | Раздел 9 | Чтение лекционного материала<br>Изучение основной и дополнительной литературы [1-5]<br>Самостоятельное выполнение практических заданий |
| 10 | Раздел 10 | Чтение лекционного материала<br>Изучение основной и дополнительной литературы [1-5]<br>Изучение учебно-методических материалов |

**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. 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 обладает материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов лекционных, практических и лабораторных занятий, предусмотренных учебным планом по данной и другим дисциплинам. Аудиторный фонд включает в себя аудиторию 4203 для практических занятий; лабораторию 4104а.

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 базовой части учебного плана и обеспечивает формирование 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 15.05.01 – Проектирование технологических машин и комплексов.

Структура и последовательность проведения лекционных занятий и лабораторных работ по дисциплине представлена в приложении 1 к настоящей рабочей программе. 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-графической работы 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 разработке процессов и аппаратов очистки атмосферы, сточных вод и отходов.

Посещение лекционных занятий является обязательным.

Регулярное повторение материала конспектов лекций по каждому разделу в рамках подготовки к промежуточным и итоговым формам аттестации по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» является одним из важнейших видов самостоятельной работы студента в течение, необходимой 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.

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 в разрезе 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, необходимой для качественной подготовки к итоговой аттестации по дисциплине.

Методические указания по подготовке к промежуточной/ итоговой аттестации

Промежуточная аттестация по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» в 5-м семестре проходит в форме зачета. Примерный перечень вопросов к зачету по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» и критерии оценки ответа обучающегося на зачете для целей формирования БРС и оценки сформированности компетенций приведен в соответствующем подпункте Приложении 2 к рабочей программе.

Подготовка к зачету предполагает изучение рекомендуемой литературы и конспектов лекций.

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины
**«Термодинамика и теплопередача»**

Направление подготовки: **15.05.01**
**(инженер)**
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. | КР | зачет |
| **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. | 4 | 1 | 4 | | 8 | 8 | | | | | | | + |
| **Раздел 2.** Термодинамические процессы идеальных газов. Равновесные и неравновесные, обратимые и необратимые процессы. | 4 | 2 | 4 | | | 8 | | | | | | + | + |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 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. | 4 | 3 | 2 | | | 4 | | | | | | + | + |
| **Раздел 4.** Круговые процессы или циклы. Прямые и обратные циклы. Цикл Карно как эталонный с точки зрения термического КПД, его достоинства и недостатки. Циклы реальных тепловых двигателей: Отто, Дизеля и Тринклера. | 4 | 3,4 | 8 | | | 8 | | | | | | | + |
| **Раздел 5.** Теплообмен. Основные понятия и определения. Виды теплообмена. Теплопроводность. Гипотеза Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. | 4 | 4 | 2 | | | 8 | | | | | | | + |
| **Раздел 6.** 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 | 4 | 5 | 4 | | | 8 | | | | + | | | + |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| при граничных условиях I и III рода. Критический диаметр изоляции цилиндрических стенок. | | | | | | | | | | | | | |
| **Раздел 7**. 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. | 4 | 6 | 4 | | 12 | 8 | | | | | | | + |
| **Раздел 8. Теплоотдача при вынужденном движении.** Критерии Пекле и Прандтля. Число Нуссельта.. 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. | 4 | 7 | 4 | | 16 | 8 | | | | | | | + |
| **Раздел 9. 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 пространствах. | 44 | 8 | 2 | | | 4 | | | | | | | + |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Раздел 10. Теплообмен излучением.** Природа теплового излучения. Абсолютно черное тело. Законы Кирхгофа, Планка, Вина. Закон Стефана-Больцмана.. Теплообмен излучением через прозрачную среду. Особенности излучения газов. | 4 | 8 | 2 | | | 8 | | | | | | | |
| Итого | | | 36 | - | 36 | 72 | | | | + | | 2 | + |

Заведующий кафедрой ТиНПП к.т.н., доц. _____ /Д.А. Некрасов/

Приложение 2

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**
**РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**
**«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
**(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)**

Направление подготовки: 15.05.01 – Проектирование технологических машин и комплексов

Профиль: «Проектирование технологических комплексов в машиностроении»

Форма обучения: очная

Кафедра: Термодинамика и неравновесные процессы переноса

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

# ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**«**Термодинамика и теплопередача**»**

Составители:

Москва, 2020 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-3 | Готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала | **Промежуточный контроль:** зачет<br>**Текущий контроль**:<br>Защита лабораторных работ | 1-10 |

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 зачете (формирование компетенций ОК-3)**

**Зачтено:** обучающийся демонстрирует системные теоретические знания, владеет терминами, делает аргументированные выводы и обобщения, приводит примеры, показывает способность быстро реагировать на уточняющие вопросы.

Обучающийся на хорошем уровне владеет готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3)

**Не зачтено:** 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 готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3)

**2.2 Критерии оценки работы обучающегося на лабораторных занятиях (формирование компетенций ОК-3)**

**«5» (отлично):** выполнены все практические задания, предусмотренные практиче-

скими занятиями, обучающийся четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы, активно работал на практических занятиях.

Обучающийся:

на высоком уровне владеет готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3)

**«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 готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3)

**«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 готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3)

**«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 готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3)

### 2.3 Критерии оценки контрольной работы (формирование компетенций (ОК-3)

**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 готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала(ОК-3)

**«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 готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3)

**«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 готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3)

**«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 готовностью к саморазвитию, самореализации использованию, творческого потенциала (ОК-3)

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

| ОК-3 владеет готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **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 показа- | Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: определять теплоемкость и теплопроводность материалов; рассчитывать термодинамические процессы и тепловые потоки Умения освоены, но допускаются незначительные | Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: определять теплоемкость и теплопроводность материалов; рассчитывать термодинамические процессы и тепловые потоки. Свободно опери- |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | телей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации. | ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации. | рует 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. |

**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 (выполнение лабораторных работ)**
**(формирование компетенций ОК-3)**

**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**

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

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

Лабораторная работа 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.

. ***Методические указания по выполнению*** лабораторной работы.

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

Схема цикла в P-V координатах

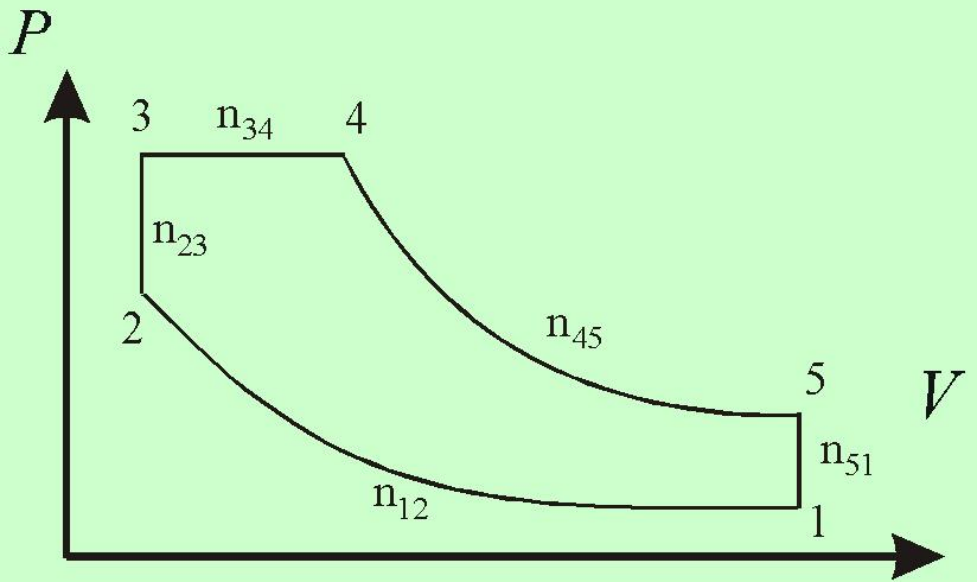


Таблица исходных данных

| № 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 |

**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.

**3.2. Текущий контроль (выполнение контрольной работы)**
**(формирование компетенций ОК-3)**

**Задачи для контрольной работы (Формирование компетенции ОК -3)**
***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$^{o}$С. Определить температуру воды на выходе из трубы, коэффициент теплоотдачи к воде и длину трубы, если средняя температура ее внутренней поверхности 95$^{o}$С.

***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 $\alpha_1$=110 Вт/м$^2$К, $\alpha_2$=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 $\alpha_1$=150 Вт/м$^2$К, $\alpha_2$=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 $\alpha_1$=30 Вт/м$^2$К, $\alpha_2$=20 Вт/м$^2$К. Найти тепловые потери через стенку.

Как изменяются тепловые потери, если стенку котла покрыть слоем штукатурки ($\lambda$=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°С. Внутри трубопровода движется масло МС-20, средняя температура которого 110°С, со скоростью 5 м/с. Температуру стенки трубопровода принять равной 100°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 $\alpha_1$=40 ВТ/м$^2$К, $\alpha_2$=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 $\lambda$=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 $\lambda_2$=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 $^{o}$C, температура окружающего воздуха 20 $^{o}$C.

***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 $\alpha_1$=10000 ВТ/м$^2$К, и от трубы к окружающему воздуху $\alpha_2$=12 ВТ/м$^2$К.

Решить задачу при условии, что паропровод покрыт слоем изоляции толщиной 60 мм и коэффициентом теплопроводности $\lambda$=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 $^{o}$C. Снаружи труба охлаждается поперечным потоком воздуха с температурой 15 $^{o}$C. Скорость воздуха 10 м/с.
   Определить линейную плотность теплового потока. Температуру стенки трубы со стороны масла принять равной 45 $^{o}$C.

***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 $\lambda$ от температуры.

2. По стальному паропроводу (сталь ЭИ69) движется насыщенный водяной пар с температурой 350 $^{o}$C. Скорость пара 5 м/с. Снаружи паропровод охлаждается свободным потоком воздуха, температура которого 30 $^{o}$C. Диаметр паропровода 100 мм, длина 3 м. Температуру стенки принять равной 330 $^{o}$C.
   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 $^{o}$C. Расход воды 100 кг/ч. Горячий теплоноситель со средней температурой 140 $^{o}$C 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. Промежуточный контроль (вопросы к экзамену)**
**(формирование компетенций ПК-3,ПК-14,ПК-15)**

1. Термодинамические параметры. Рабочее тело.
2. Термодинамическая система.
3. Уравнение состояния идеального газа.
3. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Работа.
2. Идеальный газ. Уравнения теплоемкости в интервале температур. Теплоемкость при постоянном давлении и при постоянном объеме. Уравнение Майера.
3. Энтальпия. Расчет изменения энтальпии.
4. Энтропия. Расчет изменения энтропии.
5. Графическое изображение работы и теплоты на. V-P и S-T диаграммах.
6. Термодинамические процессы идеального газа: изохорный, изобарный, изотермический: основные соотношения параметров. V-P и S-T диаграммы.
7. Адиабатный процесс: основные соотношения. V-P и S-T диаграммы.
8. Политропный процесс. Определение показателя политропы. Теплоемкость политропного процесса.

9. Второй закон термодинамики. Основные формулировки. Математическое выражение второго закона термодинамики для круговых процессов.
10. Круговые процессы или циклы. Прямые и обратные циклы
11. Прямой обратимый цикл Карно. Термический к.п.д. цикла.
12. Цикл ДВС с подводом теплоты при V = const.
13. Цикл ДВС с подводом теплоты при P = const.
14. Цикл ДВС со смешанным подводом теплоты.
15. Виды переноса теплоты. Температурное поле и температурный градиент.
16. Теплопроводность. Гипотеза Фурье. Коэффициент теплопроводности. Термическое сопротивление теплопроводности. Плотность теплового потока. Тепловой поток.
17. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Граничные условия.
18. Передача теплоты через плоскую стенку при граничных условиях I- рода.
19. Теплопроводность через плоскую стенку при граничных условиях III-рода. Коэффициент теплопередачи. Определение температуры на поверхностях стенки.
20. Теплопроводность через цилиндрическую стенку при граничных условиях I-рода. Линейная плотность теплового потока для однослойной и многослойной цилиндрических .стенок. Уравнение распределения температуры по толщине цилиндрической стенки.
21. Теплопроводность через цилиндрическую стенку при граничных условиях III-го рода. Линейный коэффициент теплопередачи. Линейная плотность теплового потока.
22. Конвективный теплообмен. Виды конвективного теплообмена.
23. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл.
24. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.
25. Критерии подобия конвективного теплообмена и их физический смысл.
26. Обобщенные уравнения теплоотдачи.
27. Динамический и тепловой пограничный слой. Соотношение толщины теплового и динамического пограничных слоев.
28. Обобщенные уравнения при обтекании пластины потоком жидкости.
29. Теплообмен при вынужденном течении жидкости в трубах. Обобщенные уравнения.
30. Теплообмен при поперечном обтекании труб. Обобщенные уравнения.
31. Теплообмен при поперечном обтекании пучка труб. Обобщенные уравнения.
32. Теплообмен при свободной конвекции. Обобщенные уравнения.
33. Свободная конвекция в ограниченном объеме.
34. Теплообмен излучением.

Программа составлена с учетом требований ФГОС ВО и учебным планом по направлению подготовки **15.05.01 – Проектирование технологических машин и комплексов.**