

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 16.09.2023 13:33:31
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b18c

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета
химической технологии и биотехнологии
/ С.В. Белуков /
« 31 августа » 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теплофизика»

Направление подготовки:

**20.03.01 – Техносферная безопасность
Профиль «Техносферная безопасность»**

Квалификация (степень) выпускника
Бакалавр

Форма обучения:
Очная
Прием 2020 г.

Москва
2020 г.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Основными целями изучения дисциплины «Теплофизика» 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 «Теплофизика»

- 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 «Теплофизика» входит в блок вариативных учебных дисциплин блока Б1 образовательной программы бакалавриата.

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

В базовой части Блока 1 (Б.1):

- Б.1.1.6. Высшая математика
- Б.1.1.8. Физика

В вариативной части

- Б.1.2.10. Процессы и аппараты очистки атмосферы
- Б.1.2.11. Процессы и аппараты очистки сточных вод
- Б.1.2.12. Процессы и аппараты очистки отходов

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

- Б.1.3.10. Инженерные системы вентиляции производственных помещений

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 - 8	Способность работать самостоятельно	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • термодинамические основы работы циклов теплотехнических устройств <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • рассчитывать циклы тепловых двигателей <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • методиками термодинамического и теплового расчета теплотехнических устройств
ОК-10	способностью к познавательной деятельности	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • основные законы термодинамики и теплопередачи их практическое применение. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • рассчитывать термодинамические процессы и тепловые потоки <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • навыками определения физических свойств веществ
ПК-22	Способностью использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Математические и расчетные методики применительно к процессам теплопереноса в области экотехнологий. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Реализовывать различные расчетные алгоритмы для моделирования теплофизических процессов <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Методиками численного моделирования применительно к основным процессам теплопереноса.
ПК-23	Способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований в том числе экспериментальных.	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Законы теплообмена в процессе эксплуатации аппаратов очистки атмосферного воздуха, сточных вод, твердых отходов <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Определять коэффициенты теплоемкости и теплопроводности веществ для расчета теп-

		обменных процессов Владеть: <ul style="list-style-type: none"> методиками термодинамического и теплового расчета теплотехнических устройств, компьютерными программами для их расчета.
--	--	---

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, т.е. 108 академических часов. 18 часов лекций, 18 часов семинарских занятий, 18 часов лабораторных работ 54 часа самостоятельная работа.

Структура и содержание дисциплины «Теплофизика» по срокам и видам работы отражены в Приложении 3.

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

Раздел 6. 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 7. 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 8. 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 9. 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 10. 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.

Раздел 11. 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.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Теплофизика» и реализация компетентного 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
- практические занятия; – подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;
- лабораторные работы; подготовка к выполнению лабораторных работ в лабораториях вуза;
 - подготовка к выполнению контрольных работ;
 - защита лабораторных работ;
 - индивидуальное обсуждение расчетно-графических работ;
 - использование интерактивных форм текущего контроля в форме аудиторного тестирования;

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

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

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 «Теплофизика» 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» (выполнили контрольную работу и РГР.)

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.

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 Изучение основной и дополнительной литературы [1-5] Изучение справочной литературы
2.	Раздел 2	Чтение лекционного материала Изучение основной и дополнительной литературы [1-5] Изучение учебно-методических материалов
3.	Раздел 3	Чтение лекционного материала Изучение основной и дополнительной литературы [1-5]
4.	Раздел 4	Чтение лекционного материала Изучение основной и дополнительной литературы [1-5] Самостоятельное выполнение практических заданий
5.	Раздел 5	Чтение лекционного материала Изучение основной и дополнительной литературы [1-5] Изучение учебно-методических материалов
6.	Раздел 6	Чтение лекционного материала Изучение основной и дополнительной литературы [1-5] Самостоятельное выполнение практических заданий
7.	Раздел 7	Чтение лекционного материала Изучение основной и дополнительной литературы [1-5] Изучение справочной литературы
8	Раздел 8	Чтение лекционного материала Изучение основной и дополнительной литературы [1-5] Изучение справочной литературы
9	Раздел 9	Чтение лекционного материала Изучение основной и дополнительной литературы [1-5] Самостоятельное выполнение практических заданий
10	Раздел 10	Чтение лекционного материала Изучение основной и дополнительной литературы [1-5] Изучение учебно-методических материалов
11	Раздел 11	Чтение лекционного материала Изучение основной и дополнительной литературы [1-5] Изучение учебно-методических материалов

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) Основная литература

1. Байков, В.И. Теплофизика: термодинамика и статистическая физика / В.И. Байков, Н.В. Павлюкевич. – Минск : Вышэйшая школа, 2018. – 448 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=560679>
2. Теплофизика: неравновесные процессы теплопереноса / В.И. Байков, Н.В. Павлюкевич, А.К. Федотов, А.И. Шнип. – Минск : Вышэйшая школа, 2018. – 480 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=560818>

б) Дополнительная литература

1. Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче. М.: Энергия, 1980.-20
2. Покусаев Б.Г. Практикум по теплопередаче. -М.:Изд-во МГУИЭ, 2009. -30
3. Золотов В.А. Практикум по термодинамике. М. –Изд-во МГУИЭ,-50

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Для проведения лекций и семинаров используется аудитория АВ4203, оснащенная столами, стульями, доской, для проведения лабораторных работ аудитория 4104А., оснащенная стендами:

1. Учебный стенд - "Определение коэффициента теплопередачи при течении жидкости в трубе";
2. Учебный стенд - "Определение удельной теплоемкости воздуха при постоянном давлении";
3. Учебный стенд - "Исследование теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкости".

9. Методические рекомендации преподавателю

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

Дисциплина «Теплофизика» 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 «Теплофизика»

Преподавание теоретического (лекционного) материала по дисциплине «Теплофизика» осуществляется по последовательно-параллельной схеме на основе междисциплинарной интеграции и четких междисциплинарных связей в рамках ОП и рабочего учебного плана по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность».

Структура и последовательность проведения лекционных занятий, практических занятий и лабораторных работ по дисциплине представлена в приложении 1 к настоящей рабочей программе. Проведение практических занятий ориентировано на использование заданий для практических занятий по дисциплине «Теплофизика». Подробное содержание отдельных разделов дисциплины «Теплофизика» рассматривается в п.4 рабочей программы.

Целесообразные к применению в рамках дисциплины «Теплофизика» 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 «Теплофизика», приведен в п.7 настоящей рабочей программы. Преподавателю следует ориентировать студентов на использование современ-

ной 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 «Теплофизика» 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.

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.

Проведение практических занятий по дисциплине «Теплофизика» осуществляется в формах, описанных в пункте 5 настоящей рабочей программы.

Посещение практических занятий и активное участие в них является обязательным.

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.

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 «Теплофизика» приведен в п.7 настоящей рабочей

программы. Следует отдавать предпочтение современным литературным источникам по соответствующим разделам дисциплины «Теплофизика».

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 «Теплофизика».

Регулярное повторение материала конспектов лекций по каждому разделу в рамках подготовки к текущим и итоговым формам контроля по дисциплине «Теплофизика» 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 «Теплофизика» в 4-м семестре проходит в форме экзамена. Экзаменационный билет по дисциплине «Теплофизика» состоит из 2 вопросов теоретического характера. Примерный перечень вопросов к экзамену по дисциплине «Теплофизика» 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.

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.													
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	4	12	2	2									+
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.	4	13	2		6								+
Раздел 10. Основы теории пограничного слоя . Понятие о динамическом и тепловом пограничных слоях. Представление о структуре турбулентного пограничного слоя. Ламинарный динамический пограничный слой на пластине..	4	14	1									+	+
Раздел 11. Теплоотдача при вынужденном движении.	4	15,16	2	4	8								+

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.													
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 пространствах.	4	17	1	2								+	+
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.	4	18	1	1									
Итого			18	18	18	54				+		2	+

Заведующий кафедрой "Химбиотех" к.х.н., доц.

/И.В. Артамонова/

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

Направление подготовки: 20.03.01 – Техносферная безопасность

Профиль: «Техносферная безопасность»

Форма обучения: очная

Виды профессиональной деятельности:

Все в соответствии с ФГОС ВО

Кафедра: Термодинамика и неравновесные процессы переноса

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Теплофизика»

Составители:

Доцент, к.т.н.

Д.А. Некрасов

Москва,

2018 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-8,10	Владением культуры безопасности и рискоориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранение среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности. Способностью работать самостоятельно	Промежуточный контроль: экзамен Текущий контроль: опрос на практических занятиях; контрольная работа	1-3, 6-8
ПК-22,23	Способностью использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач Способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований в том числе экспериментальных	Промежуточный контроль: экзамен Текущий контроль: опрос на практических занятиях; контрольная работа	4-5 9-13

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 ОК-8,10, ПК-22,23)

«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 культурой безопасности и рискоориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранение среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности. Обладает способностью работать самостоятельно. (ОК-8,10)

на высоком уровне владеет способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований в том числе экспериментальных (ПК-22,23)

«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 культурой безопасности и рискоориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранение среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности. Обладает способностью работать самостоятельно. (ОК-8,10)

хорошо владеет способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований в том числе экспериментальных (ПК-22,23)

«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 культурой безопасности и рискоориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранение среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности. Обладает способностью работать самостоятельно. (ОК-8,10)

на удовлетворительном уровне владеет способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований в том числе экспериментальных (ПК-22,23)

«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 культурой безопасности и рискоориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранение среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности. Обладает способностью работать самостоятельно. (ОК-8,10)

не владеет способностью применять на практике навыки проведения и описания исследова-

ний в том числе экспериментальных (ПК-22,23)

2.2 Критерии оценки работы обучающегося на практических занятиях (формирование компетенций ОК-8,10, ПК-22,23)

«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 культурой безопасности и рискоориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранение среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности. Обладает способностью работать самостоятельно. (ОК-8,10)

на высоком уровне владеет способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований в том числе экспериментальных (ПК-22,23)

«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 культурой безопасности и рискоориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранение среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности. Обладает способностью работать самостоятельно. (ОК-8,10)

хорошо владеет способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований в том числе экспериментальных (ПК-22,23)

«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 культурой безопасности и рискоориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранение среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности. Обладает способностью работать самостоятельно. (ОК-8,10)

на удовлетворительном уровне владеет способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований в том числе экспериментальных (ПК-22,23)

«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 культурой безопасности и рискоориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранение среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности. Обладает способностью работать самостоятельно. (ОК-8,10)

не владеет способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований в том числе экспериментальных (ПК-22,23)

2.3 Критерии оценки контрольной работы (формирование компетенций ОК-8,10, ПК-22,23)

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

ключения и выводы.

Обучающийся:

на высоком уровне владеет культурой безопасности и рискоориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранение среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности. Обладает способностью работать самостоятельно. (ОК-8,10)

на высоком уровне владеет способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований в том числе экспериментальных (ПК-22,23)

«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 культурой безопасности и рискоориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранение среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности. Обладает способностью работать самостоятельно. (ОК-8,10)

хорошо владеет способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований в том числе экспериментальных (ПК-22,23)

«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 культурой безопасности и рискоориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранение среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности. Обладает способностью работать самостоятельно. (ОК-8,10)

на удовлетворительном уровне владеет способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований в том числе экспериментальных (ПК-22,23)

«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 культурой безопасности и рискоориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранение среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности. Обладает способностью работать самостоятельно. (ОК-8,10)

не владеет способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований в том числе экспериментальных (ПК-22,23)

2.5. Критерии оценки защиты расчетно-графических работ (формирование компетенций ОК-8,10, ПК-23)

«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 культурой безопасности и рискоориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранение среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности. Обладает способностью работать самостоятельно. (ОК-8,10)

на высоком уровне владеет способностью применять на практике навыки проведения и опи-

сания исследований в том числе экспериментальных (ПК-22,23)

«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 культурой безопасности и рискоориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранение среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности. Обладает способностью работать самостоятельно. (ОК-8,10)

хорошо владеет способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований в том числе экспериментальных (ПК-22,23)

«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 культурой безопасности и рискоориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранение среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности. Обладает способностью работать самостоятельно. (ОК-8,10)

на удовлетворительном уровне владеет способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований в том числе экспериментальных (ПК-22,23)

«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 культурой безопасности и рискоориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранение среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности. Обладает способностью работать самостоятельно. (ОК-8,10)

не владеет способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований в том числе экспериментальных (ПК-22,23)

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

ОК-8,10- владением культурой безопасности и рискоориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранение среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности. Способностью работать самостоятельно. (ОК-8,10)				
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 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.

<p>владеть: навыками определения физических свойств веществ</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками определения физических свойств веществ</p>	<p>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.</p>	<p>Обучающийся частично владеет навыками определения физических свойств веществ, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся в полном объеме владеет навыками определения физических свойств веществ, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.</p>
--	---	--	---	--

ПК-22,23 - Способностью использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач. Способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований в том числе экспериментальных

<p>знать: Законы теплообмена в процессе эксплуатации аппаратов очистки атмосферного воздуха, сточных вод, твердых отходов</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: Законы теплообмена в процессе эксплуатации аппаратов очистки атмосферного воздуха, сточных вод, твердых отходов</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: Законы теплообмена в процессе эксплуатации аппаратов очистки атмосферного воздуха, сточных вод, твердых отходов</p> <p>Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частично соответствие следующих знаний: Законы теплообмена в процессе эксплуатации аппаратов очистки атмосферного воздуха, сточных вод, твердых отходов</p> <p>Но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: Законы теплообмена в процессе эксплуатации аппаратов очистки атмосферного воздуха, сточных вод, твердых отходов</p> <p>Свободно оперирует приобретенными знаниями</p>
--	---	---	--	--

<p>уметь: Определять коэффициенты теплоемкости и теплопроводности веществ для расчета теплообменных процессов</p>	<p>Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет определять коэффициенты теплоемкости и теплопроводности веществ для расчета теплообменных процессов</p>	<p>Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: определять коэффициенты теплоемкости и теплопроводности веществ для расчета теплообменных процессов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: определять коэффициенты теплоемкости и теплопроводности веществ для расчета теплообменных процессов Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: определять коэффициенты теплоемкости и теплопроводности веществ для расчета теплообменных процессов Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.</p>
<p>владеть: методиками термодинамического и теплового расчета теплотехнических устройств, компьютерными программами для их расчета..</p>	<p>Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методиками термодинамического и теплового расчета теплотехнических устройств, компьютерными программами для их расчета</p>	<p>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.</p>	<p>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.</p>	<p>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.</p>

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

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

Текущий контроль знаний осуществляется в форме:

- 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 «Теплофизика» и в целом составляет 50% аудиторных занятий. Занятия лекционного типа составляют 33% от объема аудиторных занятий.

3.1. Текущий контроль (работа на практических занятиях) (формирование компетенций ОК-8,10, ПК-22,23)

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

3.2. Текущий контроль (выполнение контрольных работ) (формирование компетенций ОК-8,10, ПК-22,23)

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

Задачи для контрольной работы №1 (Формирование компетенций ОК-8,10, ПК-22,23)

Задание 1.

1. Воздух при давлении $P_1=4,5$ бар, расширяясь адиабатно до $P_2=1,2$ бар, охладился до $t_2= -45$ °С.

Найти:

- начальную температуру
- работу, совершенную 1кг воздуха

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

Задание 2.

1. 1 кг воздуха при температуре $t_1=15^\circ\text{C}$. и начальном давлении $p_1=1\text{бар}$ адиабатно сжимается до 8бар.

Найти:

- конечный объем воздуха
- конечную температуру воздуха
- работу процесса

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

Задание 3.

1. Кислород массой 10кг расширяется изотермически при $t = 150^\circ\text{C}$. Начальное давление 1,5МПа. При расширении газ производит работу $A=303\text{кДж}$.

Найти:

- давление в конце процесса расширения
- изменение энтропии газа.

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

Задание 4

1. В резервуаре емкостью 25м^3 находится азот при давлении 730 мм.рт.ст. и температуре $t_1=10^\circ\text{C}$. 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.

Задание 5

1. Кислород массой 10кг расширяется изотермически при $t=150^\circ\text{C}$. Начальное давление 1,5МПа. При расширении газ производит работу $A=303\text{кДж}$.

Найти:

- давление в конце изотермического расширения
- изменение энтропии газа.

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

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°C .

Найти:

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

Теплоемкость углекислого газа считать зависящей от температуры по квадратичной параболе.

Задание 7

1. В резервуаре $V=25\text{ м}^3$ находится азот при давлении $P_1=730\text{ мм рт. ст.}$ и температуре $t_1=10^\circ\text{C}$. 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.

Задание 8

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

Задание 9

1. В баллоне емкостью 40 л заключен кислород при начальном давлении $P_1=135$ атм и температуре $t_1 = 15^\circ\text{C}$. 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 $t_a = 15^\circ\text{C}$, 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.

Задание 10

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

Найти:

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

Теплоемкость воздуха считать зависящей от температуры по квадратичной параболе.

Задание 11

1. Углекислый газ массой 5 кг расширяется политропически от давления $P_1=80$ атм и объема $V_1 = 0.127$ м³ до давления $P_2=8$ атм и объема $V_2 = 0.8$ м³.

Найти:

- Теплоту, отведенную от углекислого газа в этом процессе.

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

Задание 12

1. Процесс изменения состояния 1 кг кислорода характеризуется теплоемкостью $C = 8.374$ кДж/кг·К. Известны начальная температура $t_1=30^\circ\text{C}$, 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.

Задание 13

1. Процесс изменения состояния 1 кг кислорода характеризуется теплоемкостью $C = 8.374$ кДж/кг·К. Известны начальная температура $t_1=30^\circ\text{C}$, 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 независимыми от температуры.

Задание 14

1. Азот массой 3 кг политропически сжимается от начального давления $P_1=1.2$ атм и температуры $t_1=45^\circ\text{C}$ до давления $P_2=8$ атм и температуры $t_2=274^\circ\text{C}$.

Найти:

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

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

Задание 15

1. Начальное состояние 2 кг воздуха характеризуется параметрами: давление $P_1=15$ атм и температура $t_1=60^\circ\text{C}$. 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.

Задание 16

1. Углекислый газ массой 3 кг политропически расширяется от начального давления $P_1=20$ атм и температура $t_1=35^\circ\text{C}$ до температуры $t_2= -15^\circ\text{C}$. 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.

Задание 17

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

Найти:

- Минимально необходимую степень сжатия ϵ .

Теплоемкость воздуха считать зависящей от температуры по квадратичной параболе

Задание 18

1. Начальное состояние 2 кг углекислого газа характеризуется параметрами: давление $P_1=5$ атм и температура $t_1=20^\circ\text{C}$. Углекислый газ политропически сжимается с теплоемкостью $C = 400$ 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.

Задание 19

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

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

Задачи для контрольной работы №2 (Формирование компетенций ОК -8,10; ПК-22,23)

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 температура 1200°C , на наружной 30°C .

Какова должна быть толщина слоя шамотного кирпича, чтобы температура красного кирпича не превышала 850°C ? 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°C .

Определить температуру воды на выходе из трубы, коэффициент теплоотдачи к воде и длину трубы, если средняя температура ее внутренней поверхности 95°C .

Задание 2.

1. Определить плотность теплового потока и температуру на поверхностях стенки парового котла, если заданы температура дымовых газов 1100°C , температура кипящей воды 220°C и коэффициенты теплоотдачи $\alpha_1 = 110\text{ Вт/м}^2\text{К}$,

$\alpha_2 = 3000\text{ Вт/м}^2\text{К}$. 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°C , со скоростью 8 м/с. Снаружи трубопровод обдувается поперечным потоком воздуха, температура которого 20°C , а скорость 12 м/с.

Определить плотность теплового потока, передаваемого от воды к воздуху, если температура стенки 110°C .

Задание 3.

1. Определить плотность теплового потока и температуру на поверхностях стенки парового котла, если заданы температура дымовых газов 1200°C , температура кипящей воды 180°C и коэффициенты теплоотдачи $\alpha_1 = 150\text{ Вт/м}^2\text{К}$,

$\alpha_2 = 2500\text{ Вт/м}^2\text{К}$. Стенки выполнены из стали ЭИ69 толщиной 50 мм и футерована шамотным кирпичом толщиной 250 мм.

- По прямоугольному каналу $0,4 \times 0,8$ м, выполненному из асбеста толщиной 3 мм, движется сухой воздух с температурой 300°C . Расход воздуха $4,8$ кг/с. Длина канала 10 м.

Определить тепловой поток от воздуха к окружающей среде, если ее средняя температура 25°C , а коэффициент теплоотдачи от поверхности канала к окружающей среде 50 Вт/м².

Задание 4.

- Обмуровка парового котла толщиной 300 мм выполнена из шамотного кирпича. С одной стороны она омывается топочным газом с температурой 750°C , а с другой воздухом с температурой 25°C . Коэффициенты теплоотдачи соответственно равны $\alpha_1=30$ Вт/м²К, $\alpha_2=20$ Вт/м²К. Найти тепловые потери через стенку.

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

- Неизолированный стальной трубопровод (сталь 30) диаметром $225 \times 12,5$ мм проложен горизонтально подводой. Температура окружающей его воды 20°C . Внутри трубопровода движется масло МС-20, средняя температура которого 110°C , со скоростью 5 м/с. Температуру стенки трубопровода принять равной 100°C .

Определить тепловые потери трубопровода

Задание 5.

- Обмуровка парового котла толщиной 2500 мм выполнена из диатомитового кирпича. С одной стороны она омывается топочным газом с температурой 980°C , а с другой воздухом с температурой 30°C . Коэффициенты теплоотдачи соответственно равны $\alpha_1=40$ Вт/м²К, $\alpha_2=22$ Вт/м²К. Найти тепловые потери через стенку.

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

- Коридорный пучок стальных труб диаметром 60×4 мм омывается поперечным потоком воздуха. Температура воздуха на входе в пучок 360°C , а на выходе из него 280°C . 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°C , а на выходе 90°C . Определить тепловой поток от воздуха к воде, если средняя температура поверхности труб 75°C , а длина труб 12 м.

Задание 6.

- Паропровод (ст ЭИ107) диаметром 170×5 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°C , а температура внешней поверхности изоляции 50°C ? Длина трубы 15 м.

- По горизонтальной трубе диаметром 20×1 мм протекает вода с температурой 85°C на входе. Средняя температура стенки 15°C . Расход воды $0,5$ кг/с. На выходе из трубы вода должна иметь температуру 25°C . Какую длину трубы следует взять для этого?

Задание 7.

- Железобетонная дымовая труба 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°C . Температура внутренней поверхности футеровки $t_{c1}=425^\circ\text{C}$, коэффициент теплопроводности бетона $\lambda_2=1,1$ Вт/м К.

2. а) Плоская пластина длиной 5 м 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 $Re_{кр}=2 \cdot 10^5$)

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 165x7,5 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/м²К, и от трубы к окружающему воздуху $\alpha_2=12$ Вт/м²К.

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 44x2 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 °С. Скорость пара 5 м/с. Снаружи паропровод охлаждается свободным потоком воздуха, температура которого 30 °С. Диаметр паропровода 100 мм, длина 3 м. Температуру стенки принять равной 330 °С.

Определить тепловой поток от пара к воздуху.

Задание 10.

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 48x3 мм и 30x2,5 мм. Холодный теплоноситель – вода движется по внутренней трубе и нагревается от 5 до 35 °С. Расход воды 100 кг/ч.

Горячий теплоноситель со средней температурой 140 °С движется по межтрубному пространству. Коэффициент теплоотдачи от него к поверхности внутренней трубы 93 Вт/м²К.

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 210x5 мм, выполненного из сухого бетона, покрытого слоем изоляции из шлаковой ваты толщиной 50 мм. Температура внутренней поверхности трубопровода $t_1=180\text{ }^\circ\text{C}$ /

Температура наружной поверхности изоляции $t_2=50\text{ }^\circ\text{C}$. 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 °С. Расход воды 5000 кг/час. Диаметры труб: внешней 68x2 мм, внутренней – 50x1 мм. По внутренней трубе противотоком движется трансформаторное масло со скоростью 2,8 м/с. Температура масла изменяется от 140 до 60 °С.

Определить длину теплообменника.

Задание 12.

1. Обмуровка печи состоит из слоев шамотного и красного кирпича, между которыми расположена 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 40x2 мм омывается поперечным потоком воздуха. Температура воздуха на входе в пучок 320°С, а на выходе из него 230°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°С, а на выходе 90°С.

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

Расчетно-графическая работа.

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

Согласно рабочей программе каждый студент специальности «Техносферная безопасность» должен выполнить 1 расчетно-графическую работу по данной дисциплине. Вариант задания, отличающийся значениями исходных данных, берётся из приведенной таблицы.

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

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. В порядке исключения в случае недоступности печатной техники курсовая работа может быть представлена в виде рукописи, выполненной чётким почерком. Страницы должны быть пронумерованы, причём страницы 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 ли-

тературные источники, перечисленные в порядке упоминания в отдельном списке.

Оформление РГР:

титульный лист по общепринятой форме (см. образец);

содержание;

текст задания и исходных данных по варианту

краткое описание цикла двигателя

формулировка задач и расчётной методики;

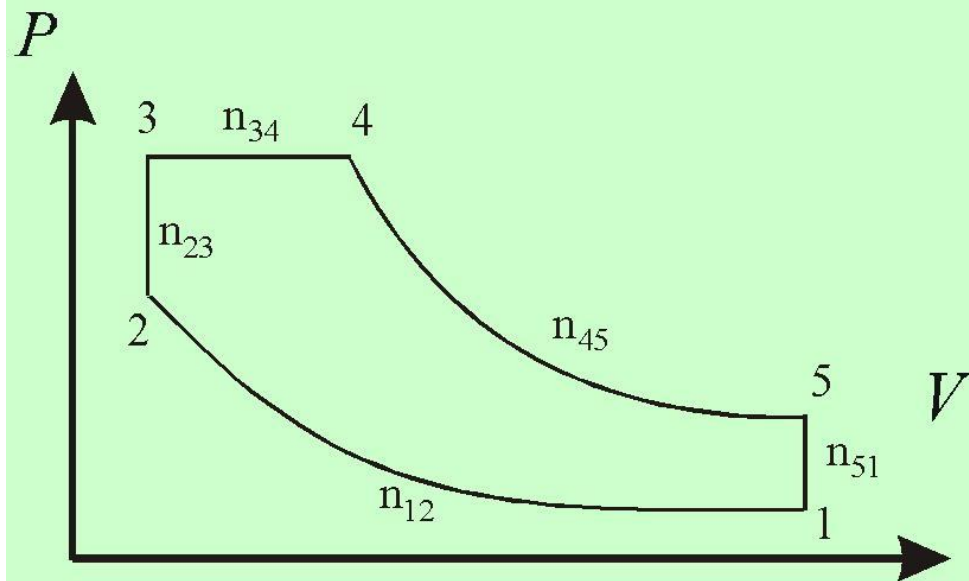
краткий анализ результатов и инженерные выводы;

список рекомендуемой литературы.

Таблица исходных данных

№ п/п	n_{12}	n_{23}	n_{34}	n_{45}	n_{51}	$P \cdot 10^{-5}$ Па	V m^3	t $^{\circ}C$	$\varepsilon = \frac{V_1}{V_2}$	$\lambda = \frac{P_3}{P_2}$	$\rho = \frac{V_4}{V_3}$
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

Схема цикла в P-V координатах



Методические указания по выполнению расчетно-графических работ.

РГР №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 средне интегральные в каждом процессе. По уравнению Майера находят 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.

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

Лабораторные работы

1. Определение удельной теплоемкости воздуха при постоянном давлении.
2. Определение коэффициента теплопередачи при течении жидкости в трубе.
3. Расчет и оптимизация на ЭВМ теплообменного аппарата

3.6. Промежуточный контроль (вопросы к экзамену) (формирование компетенций ОК-8,10, ПК-22,23)

1. Термодинамические параметры. Рабочее тело.
2. Термодинамическая система.
3. Уравнение состояния идеального газа.
3. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Работа.
4. Идеальный газ. Уравнения теплоемкости в интервале температур. Теплоемкость при постоянном давлении и при постоянном объеме. Уравнение Майера.
5. Энтальпия. Расчет изменения энтальпии.

6. Энтропия. Расчет изменения энтропии.
7. Графическое изображение работы и теплоты на V - P и S - T диаграммах.
8. Термодинамические процессы идеального газа: изохорный, изобарный, изотермический: основные соотношения параметров. V - P и S - T диаграммы.
9. Адиабатный процесс: основные соотношения. V - P и S - T диаграммы.
10. Политропный процесс. Определение показателя политропы. Теплоемкость политропного процесса.
11. Второй закон термодинамики. Основные формулировки. Математическое выражение второго закона термодинамики для круговых процессов.
12. Круговые процессы или циклы. Прямые и обратные циклы
13. Прямой обратимый цикл Карно. Термический к.п.д. цикла.
14. Цикл ДВС с подводом теплоты при $V = \text{const}$.
15. Цикл ДВС с подводом теплоты при $P = \text{const}$.
16. Цикл ДВС со смешанным подводом теплоты.
17. Виды переноса теплоты. Температурное поле и температурный градиент.
18. Теплопроводность. Гипотеза Фурье. Коэффициент теплопроводности. Термическое сопротивление теплопроводности. Плотность теплового потока. Тепловой поток.
19. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности. Граничные условия.
20. Передача теплоты через плоскую стенку при граничных условиях I- рода.
21. Теплопроводность через плоскую стенку при граничных условиях III-рода. Коэффициент теплопередачи. Определение температуры на поверхностях стенки.
22. 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.
23. Теплопроводность через цилиндрическую стенку при граничных условиях III-го рода. Линейный коэффициент теплопередачи. Линейная плотность теплового потока.
24. Конвективный теплообмен. Виды конвективного теплообмена.
25. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл.
26. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.
27. Критерии подобия конвективного теплообмена и их физический смысл.
28. Обобщенные уравнения теплоотдачи.
29. Динамический и тепловой пограничный слой. Соотношение толщины теплового и динамического пограничных слоев.
30. Обобщенные уравнения при обтекании пластины потоком жидкости.
31. Теплообмен при вынужденном течении жидкости в трубах. Обобщенные уравнения.
32. Теплообмен при поперечном обтекании труб. Обобщенные уравнения.
33. Теплообмен при поперечном обтекании пучка труб. Обобщенные уравнения.
34. Теплообмен при свободной конвекции. Обобщенные уравнения.
35. Свободная конвекция в ограниченном объеме.
36. Теплообмен излучением.

Программа составлена с учетом требований ФГОС ВО и учебным планом по направлению подготовки **20.03.01. – Техносферная безопасность.**