Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 08.07.2024 10:25:49
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1f1

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

Факультет химической технологии и биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ
Декан
_____ / А.С. Соколов /
«17» февраля 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Термодинамика и теплопередача»

Направление подготовки/специальность
18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий

Профиль/специализация
Автоматизированное производство химических предприятий

Квалификация
Специалист

Формы обучения
Очно-заочная

Москва, 2024г.

Разработчик(и):

Ассистент кафедры «Техника низких температур имени П. Л. Капицы»  /А.А. Мошин/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Аппаратурное оформление и автоматизация технологических производств имени профессора М.Б.Генералова»,

 /А.С.Кирсанов/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 5
3. Структура и содержание дисциплины 5
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость 5
3.4.1 Семинарские/практические занятия 8
3.4.2 Лабораторные занятия 8
4 Учебно-методическое и информационное обеспечение 8
4.1 Нормативные документы и ГОСТы 8
4.2 Основная литература 8
4.3 Дополнительная литература 8
4.4 Электронные образовательные ресурсы 8
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 9
4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 9
5 Материально-техническое обеспечение 9
6 Методические рекомендации 9
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 9
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 10
7 Фонд оценочных средств 11
7.3.1. Текущий контроль 13
7.3.1. Примеры контрольных работ по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» 13
7.3.1.2 Темы практических работ по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» 14
7.3.1.3 Темы практических работ по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» 14
7.3.2. Промежуточная аттестация 14
7.3.2.1. Вопросы к экзамену по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» 14

О совершенствовании нормативного и учебно-методического обеспечения образовательного процесса
Исп.: Т.С. Леухина
ИД 2098248

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Основными целями изучения дисциплины «Термодинамика и теплопередача» являются

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

Основные задачи изучения дисциплины «Термодинамика и теплопередача»

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

Обучение по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен использовать математические, естественнонаучные и инженерные знания для решения задач профессиональной деятельности	ИОПК-1.1 Знает основы дифференциального и интегрального исчисления, дифференциальных уравнений, теории вероятностей и математической статистики. ИОПК-1.2 Знает технические и программные средства реализации информационных технологий, основы работы в локальных и глобальных сетях, типовые численные методы решения математических задач и алгоритмы их реализации. ИОПК-1.3 Знает теоретические основы общей и неорганической химии и понимать принципы строения вещества и протекания химических процессов; ИОПК-1.4 Знает основные понятия и соотношения термодинамики поверхностных явлений, основные свойства дисперсных систем. ИОПК-1.5 Умеет работать в качестве пользователя персонального компьютера, использовать численные методы для решения математических задач, использовать языки и системы программирования для решения профессиональных задач.

	ИОПК-1.6 Умеет решать типовые задачи, связанные, связанные с основными разделами физики, использовать физические законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности. ИОПК-1.7 Умеет выполнять основные химические операции, определять термодинамические характеристики химических реакций и равновесные концентрации веществ. ИОПК-1.8 Умеет проводить расчеты с использованием основных соотношений термодинамики поверхностных явлений и расчеты основных характеристик дисперсных систем. ИОПК-1.9 Владеет основами фундаментальных математических теорий и навыками использования математического аппарата; методами статистической обработки информации.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Термодинамика и теплопередача» относится к учебным дисциплинам обязательной части блока Б1 «Дисциплины и модули» образовательной программы образовательной программы «Автоматизированное производство химических предприятий» направления 18.05.01 Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий (степень) – специалист.
Освоение дисциплины «Термодинамика и теплопередача» в 5-м семестре необходимо для последующего освоения дисциплин «Процессы и аппараты отрасли».

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы (72 часа).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очно-заочная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			5	
1	**Аудиторные занятия**	**72**	72	
	В том числе:			
1.1	Лекции	36	36	
1.2	Семинарские/практические занятия	18	18	
1.3	Лабораторные занятия	18	18	
2	**Самостоятельная работа**	**72**	72	

	В том числе:			
2.1	Доклад, сообщение			
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**экзамен**	экзамен	
	Итого	**144**	144	

3.2 Тематический план изучения дисциплины

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1.	Предмет и метод термодинамики.		2	1			
2.	Термодинамические процессы идеальных газов		2	1	6		
3.	II закон термодинамики для обратимых и необратимых процессов		4	2			
4.	Круговые процессы или циклы.		4	2			
5.	Теплообмен.		4	2	6		
6.	Теплопроводность при стационарном режиме.		2	1			
7.	Нестационарная теплопроводность.		2	1			
8.	Конвективный теплообмен, его виды		2	1			
9.	Механизм взаимодействия между жидкостью и поверхностью твердого тела.		4	2			
10.	Теплоотдача при вынужденном движении.		2	1	6		
11.	Теплоотдача при свободном движении.		4	2			
12.	Теплообменные аппараты.		4	2			
Итого		**144**	**36**	**18**	**18**		**72**

3.3 Содержание дисциплины

Тема 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.

Тема 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).

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

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

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

Тема 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.

Тема 7. Нестационарная теплопроводность. Теория подобия. Получение чисел Фурье и Био. Решение задач нестационарной теплопроводности для пластины и цилиндра с помощью номограмм.

Тема 8. Конвективный теплообмен, его виды. Закон Ньютона –Рихмана. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена – уравнение энергии, уравнения движения и сплошности. Критерии кинематического и теплового подобия.

Тема 9. Механизм взаимодействия между жидкостью и поверхностью твердого тела. Основы теории пограничного слоя .

Понятие о динамическом и тепловом пограничных слоях. Представление о структуре турбулентного пограничного слоя.

Тема 10. Теплоотдача при вынужденном движении.

Гидродинамическая стабилизация. Профиль скорости. Критерий Фруда. Число Эйлера. Критерии Пекле и Прандтля. Число Нуссельта. Профиль температуры в условиях теплообмена между поверхностью твердого тела и потоком жидкости.

Продольное обтекание пластины. Течение жидкости в трубах различного сечения. Поперечное обтекание цилиндра. Явление отрыва. Изменение коэффициента теплоотдачи по периметру поперечно-обтекаемого цилиндра. Пучки труб. Структура обобщенных уравнений.

Тема 11. Теплоотдача при свободном движении.

Механизмы процесса. Формы движения в большом объеме. Критерии Галилея, Архимеда, Грасгофа. Структура обобщенного уравнения для расчета интенсивности теплообмена. Конвективный теплообмен в ограниченных пространствах.

Тема 12. Теплообменные аппараты. Классификация теплообменных аппаратов. Схемы движения теплоносителей в теплообменных аппаратах. Определение среднего температурного напора. Принцип расчета рекуперативных теплообменных аппаратов

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия

1. Основные параметры состояния рабочего тела. Определение основных параметров состояния рабочего тела

2.Законы идеальных газов. Решение задач по применению законов идеального газа

3.Первый закон термодинамики. Решение задач на определение работы, теплоты, внутренней энергии

3.Расчет количества теплоты, передаваемой через различные конструкции

3.4.2 Лабораторные занятия

Лабораторное занятие 1. Определение количества теплоты в различных процессах

Лабораторное занятие 2. Определение теплоемкости газовых смесей

Лабораторное занятие 3. Теплоемкость газов и их смесей

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Не предусмотрено

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

Не предусмотрено

4.2 Основная литература

1. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергия, 1969

2. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. -М.: Издательский дом МЭИ. 1979.

3. Юдаев Б.Н. «Техническая термодинамика. Теплопередача». М.: Высшая школа, 1988

4.3 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,

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Не предусмотрено

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Не предусмотрено

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. https://elibrary.ru/ - Научная электронная библиотека
2. Портал Единое окно доступа к образовательным ресурсам http://window.edu.ru/
3. Образовательная платформа «Юрайт». Для вузов и ссузов. Электронная библиотечная система (ЭБС) https://urait.ru/

5 Материально-техническое обеспечение

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

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

Библиотечный фонд обеспечивает студентов необходимыми источниками, перечисленными выше.

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

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

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

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

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

Структура и последовательность проведения лекционных занятий и практических занятий по дисциплине представлена в приложении 1 к настоящей рабочей программе.

Проведение практических занятий ориентировано на использование заданий для практических занятий по дисциплине «Термодинамика и теплопередача».

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

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

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

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

6.2 Методические указания для обучающихся 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 к разработке технических и эксплуатационных параметров деталей и узлов изделий машиностроения при их проектировании.

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.

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 «Термодинамика и теплопередача» осуществляется в формах, описанных в пункте 5 настоящей рабочей программы.

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

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

7 Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. 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 «отлично/хорошо/удовлетворительно/неудовлетворительно».

Вид работы	Форма отчетности и текущего контроля
Практические работы	Оформленные отчеты практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины с отметкой преподавателя «отлично/хорошо/удовлетворительно/неудовлетворительно», если выполнены и оформлены все работы.
Лабораторные работы	Оформленные журналы лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины с отметкой преподавателя «отлично/хорошо/удовлетворительно/неудовлетворительно», если выполнены и оформлены все работы.
Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

7.2.1 Шкала оценивания практической работы

Шкала оценивания	Описание

Отлично	Выполнены все работы, правильно оформлены, правильно сделан вывод.
Хорошо	Выполнены все требования, но с недочетами: незначительные ошибки в оформлении работы, неточности в формулировке выводов. Правильно подсчитаны значения.
Удовлетворительно	Работы выполнены с значительными недочетами. В некоторых работах неправильно подсчитаны значения или неправильно сформулирован вывод.
Неудовлетворительно	Не выполнены требования к написанию и защите практической работы: неправильно оформлена работа, неправильно подсчитаны значения, не сформулирован вывод.

7.2.2 Шкала оценивания лабораторной работы

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все работы, правильно оформлены, правильно сделан вывод.
Хорошо	Выполнены все требования, но с недочетами: незначительные ошибки в оформлении работы, неточности в формулировке выводов. Правильно подсчитаны значения.
Удовлетворительно	Работы выполнены с значительными недочетами. В некоторых работах неправильно подсчитаны значения или неправильно сформулирован вывод.
Неудовлетворительно	Не выполнены требования к написанию и защите практической работы: неправильно оформлена работа, неправильно подсчитаны значения, не сформулирован вывод.

7.2.3 Шкала оценивания контрольной работы

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Ответы даны на все задания. Студент демонстрирует знания терминов, умение правильно их применять, способен анализировать, обобщать фактический и теоретический материал, формулирует конкретные выводы, устанавливает причинноследственные связи. Умеет аргументировать свою точку зрения. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности при выполнении заданий.
Хорошо	Ответы даны с небольшими неточностями
Удовлетворительно	Некоторые ответы даны со значительными ошибками.
Неудовлетворительно	Не выполнено одно или более заданий. Студент демонстрирует неточное и неполное знание терминов, не умеет их правильно применять, не способен анализировать, обобщать, делать выводы для правильного ответа на вопросы заданий.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

7.3.1. Примеры контрольных работ по дисциплине «Термодинамика и теплопередача»

Задание 1.

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

Найти:

- начальную температуру
- работу, совершенную 1кг воздуха

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

2. Манометр парового котла показывает давление 2 бар.

Показание манометра 778 мм рт.ст..

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

Задание 2.

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

Найти:

- конечный объем воздуха
- конечную температуру воздуха
- работу процесса

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

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

Задание 3.

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

Найти:

- давление в конце процесса расширения
- изменение энтропии газа.

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

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

Задание 4

1. В резервуаре емкостью 25м^3 находится азот при давлении

730 мм.рт.ст. и температуре t1=10 °С. В результате подвода тепла давление азота возросло до 23,5атм.
Найти:

- количество подведенного тепла;
- изменение энтальпии и энтропии.

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

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

7.3.1.2 Темы практических работ по дисциплине «Термодинамика и теплопередача»

Тематика практических работ изложена в пункте 3.4.1

7.3.1.3 Темы практических работ по дисциплине «Термодинамика и теплопередача»

Тематика лабораторных работ изложена в пункте 3.4.2

7.3.2. Промежуточная аттестация

7.3.2.1. Вопросы к экзамену по дисциплине «Термодинамика и теплопередача»

1. Термодинамические параметры. Рабочее тело.
2. Термодинамическая система.
3. Уравнение состояния идеального газа.
4. . Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Работа.
5. Идеальный газ. Уравнения теплоемкости в интервале температур. Теплоемкость при постоянном давлении и при постоянном объеме. Уравнение Майера.
6. Энтальпия. Расчет изменения энтальпии.
7. Энтропия. Расчет изменения энтропии.
8. Графическое изображение работы и теплоты на. V-P и S-T диаграммах.
9. Термодинамические процессы идеального газа: изохорный, изобарный, изотермический: основные соотношения параметров. V-P и S-T диаграммы.
10. Адиабатный процесс: основные соотношения. V-P и S-T диаграммы.
11. Политропный процесс. Определение показателя политропы. Теплоемкость политропного процесса.
12. Второй закон термодинамики. Основные формулировки. Математическое выражение второго закона термодинамики для круговых процессов.
13. Круговые процессы или циклы.
14. Прямой обратимый цикл Карно. Термический к.п.д. цикла.
15. Обратный цикл Карно. Холодильный коэффициент.
16. Теорема Карно.
17. Цикл ДВС с подводом теплоты при V = const.
18. Цикл ДВС с подводом теплоты при P = const.

19. Цикл ДВС со смешанным подводом теплоты.
20. Нагнетание газов и паров. Поршневой компрессор.
21. Цикл газотурбинной установки.
22. Цикл воздушной компрессорной холодильной установки.
23. Условия фазового равновесия. Фазовые переходы.
24. Свойства реальных газов.
25. Водяной пар. Парообразование при постоянном давлении.
26. P-V, S-T, I –S диаграммы водяного пара
27. Паровые процессы: изобарный, изохорный, изотермический и адиабатный.
28. Уравнение Клайперона-Клаузиуса.
29. Цикл Ренкина. P-V, S-T, I –S диаграммы.
30. Виды переноса теплоты. Температурное поле и температурный градиент.
31. Теплопроводность. Гипотеза Фурье. Коэффициент теплопроводности. Термическое сопротивление теплопроводности. Плотность теплового потока. Тепловой поток.
32. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Уравнение Фурье. Уравнение Лапласа.
33. Условия однозначности. Граничные условия.
34. Передача теплоты через плоскую стенку при граничных условиях 1- рода.
35. Определение плотности теплового потока через многослойную плоскую стенку.
36. Теплопроводность через плоскую стенку при граничных условиях 111-рода. Коэффициент теплопередачи. Определение температуры на поверхностях стенки.
37. Теплопроводность через цилиндрическую стенку при граничных условиях 1-рода. Линейная плотность теплового потока для однослойной и многослойной цилиндрических .стенок. Уравнение распределения температуры по толщине цилиндрической стенки.
38. Теплопроводность через цилиндрическую стенку при граничных условиях 111-го рода. Линейный коэффициент теплопередачи. Линейная плотность теплового потока.
39. Конвективный теплообмен. . Виды конвективного теплообмена.
40. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл.
41. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.
42. Критерии подобия конвективного теплообмена и их физический смысл.
43. Обобщенные уравнения теплоотдачи.
44. Динамический пограничный слой.
45. Тепловой пограничный слой.
46. Соотношение толщины теплового и динамического пограничных слоев.
47. Обобщенные уравнения при обтекании пластины потоком жидкости.
48. Теплообмен при вынужденном течении жидкости в трубах. Обобщенные уравнения.
49. Теплообмен при поперечном обтекании труб. Обобщенные уравнения.
50. Теплообмен при поперечном обтекании пучка труб. Обобщенные уравнения.
51. Теплообмен при свободной конвекции. Обобщенные уравнения.
52. Свободная конвекция в ограниченном объеме.
53. Теплообмен излучением.

О совершенствовании нормативного и учебно-методического обеспечения образовательного процесса
Исп.: Т.С. Леухина
ИД 2098248