Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 07.10.2023 11:59:52
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735a18bbb6

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
И.о. декана
_____ /А.С. Соколов/
«30» мая 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Термодинамика и теплопередача»

Направление подготовки/специальность
20.03.01 Техносферная безопасность

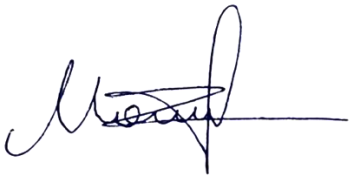
Профиль/специализация
Безопасность технологических процессов и производств

Квалификация
Бакалавр

Формы обучения
Очная

Москва, 2023г.

Разработчик(и):

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

Согласовано:

И.о.заведующий кафедрой «АОиАТП имени
Профессора М.Б.Генералова»,

К.т.н.  /А.С.Соколов/

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы 6
3. Структура и содержание дисциплины 6
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 9
5. Материально-техническое обеспечение 10
6. Методические рекомендации 10
7. Фонд оценочных средств 11

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
ПК-2 Проведение производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности	ИПК-2.1 применяет знания законодательства РФ в области промышленной безопасности, технического регулирования, нормативные правовые акты РФ, устанавливающие специальные требования к объектам промышленной безопасности в соответствующей сфере (области), нормативных технических и методических документов в области диагностирования, освидетельствования, неразрушающего контроля и испытаний технических устройств, проектной (конструкторской) и эксплуатационной документации на технические устройства ИПК-2.2 умеет применять нормативную техническую, проектную (конструкторскую) и эксплуатационную документацию на технические устройства, здания и сооружения, анализировать документацию, связанную с эксплуатацией технического устройства, разрабатывать предложения и рекомендации о приостановлении работ, осуществляемых на опасном производственном объекте, создающих угрозу жизни и здоровью работников, или работ, которые могут привести к аварии или инцидентам на опасном производственном объекте, проводить комплексные и целевые проверки состояния промышленной безопасности и выявлять опасные факторы на рабочих местах

	ИПК-2.3 владеет навыками инструктаж а работников опасных производственных объектов о соблюдений требований промышленной безопасности, проведения комплексных и целевых проверок состояния промышленной безопасности и выявления опасных факторов на рабочих местах, анализ а причин возникновения инцидентов на опасных производственных объектах и осуществления хранения документации по их учету, подготовки предложений о проведении мероприятий по обеспечению промышленной безопасности, устранению нарушений требований промышленной безопасности.
ПК-5 Оценка остаточного ресурса и возможности продления сроков безопасной эксплуатации технических устройств	ИПК-5.1 знать нормативные правовые акты РФ, требования охраны труда, промышленной, пожарной, электрической и экологической безопасности, порядок организации работ по экспертизе технических устройств, проектную (конструкторскую) и эксплуатационную документацию на технические устройства, конструктивные особенности, технологии изготовления, эксплуатации и ремонта технических устройств, типы дефектов (повреждений), их классификация, причины и вероятные зоны образования дефектов (повреждений) с учетом эксплуатационных воздействий, последствия их развития, методы технического диагностирования, неразрушающего и разрушающего контроля технических устройств, оценки риска аварии на опасном производственном объекте ИПК-5.2 уметь осматривать технические устройства, выбирать критерии предельного состояния технических устройств, определять условия безопасной эксплуатации конкретных технических устройств, применять исходные данные и документацию по оценке и прогнозированию технического состояния технических устройств, применять расчетно-аналитические процедуры оценки и прогнозирования технического состояния технических устройств, оформлять результаты расчетно-аналитических процедур и технические отчеты, содержащие сведения о

	возможности или невозможности продления срока безопасной эксплуатации технических устройств в рамках установленного расчетами остаточного ресурса, оформлять заключения по результатам проведения технического диагностирования (обследования) технических устройств на опасном производственном объекте ИПК-5.3 владеть осмотром технических устройств с целью оценки результатов их диагностирования, проверкой или идентификацией фактических режимов работы технических устройств, установление м (выбором) критериев предельного состояния технических устройств, исследованием напряженно-деформированного состояния технических устройств, оценкой остаточного ресурса технических устройств, оценкой и прогнозированием технического состояния технических устройств с учетом выявленных дефектов (отклонений, несоответствий, повреждений), оформлением результатов проведения расчетно-аналитических процедур при продлении срока безопасной эксплуатации технических устройств

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Термодинамика и теплопередача» относится к учебным дисциплинам обязательной части блока Б1 «Дисциплины и модули» образовательной программы «Безопасность технологических процессов и производств» направления 20.03.01 Техносферная безопасность, квалификация (степень) – бакалавр.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы (108 часа).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			4	
1	**Аудиторные занятия**	**36**	**36**	
	В том числе:			
1.1	Лекции	18	18	
1.2	Семинарские/практические занятия	18	18	
1.3	Лабораторные занятия	-	-	

2	**Самостоятельная работа**	**72**	**72**	
	В том числе:			
2.1	Доклад, сообщение			
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**экзамен**	экзамен	
	Итого	**108**	**108**	

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	
1.1	Предмет и метод термодинамики.	10	2	2			6
1.2	Термодинамические процессы идеальных газов	10	2	2			6
1.3	II закон термодинамики для обратимых и необратимых процессов.	10	2	2			6
1.4	Круговые процессы или циклы.	10	2	2			6
1.5	Теплообмен.	10	2	2			6
1.6	Теплопроводность при стационарном режиме.	10	2	2			6
1.7	Нестационарная теплопроводность.	8	1	1			6
1.8	Конвективный теплообмен, его виды	8	1	1			6
1.9	Механизм взаимодействия между жидкостью и поверхностью твердого тела.	8	1	1			6
1.10	Теплоотдача при вынужденном движении.	8	1	1			6
1.11	Теплоотдача при свободном движении.	8	1	1			6
1.12	**Теплообменные аппараты.**	8	1	1			6
	Итого	**108**	**18**	**18**			**72**

3.3 Содержание 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 эталнный 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. 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. Критерии кинематического и теплового подобия.

Раздел 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.

Раздел 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.

Раздел 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.

Раздел 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.Теплоемкость газов и их смесей. Определение теплоемкости
с помощью формул
4.Определение количества теплоты в различных процессах
5.Определение теплоемкости газовых смесей
6.Первый закон термодинамики. Решение задач на определение работы, теплоты, внутренней энергии
7.Расчет количества теплоты, передаваемой через различные
конструкции

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

- Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергия, 1969
- Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. -М.: Издательский дом МЭИ. 1979.
- Юдаев Б.Н. «Техническая термодинамика. Теплопередача». М.: Высшая школа, 1988

4.3 Дополнительная литература

- Краснощеков Е.А., Сукомел А.С. Задачник по теплопередаче. М.:Энергия, 1980.
- Покусаев Б.Г. Практикум по теплопередаче. -М.:Изд-во МГУИЭ, 2009.
- 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

Не предусмотрено

5. Материально-техническое обеспечение

Кафедра 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 (журнал) практических(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 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 причинно-следственные 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 °C. В результате подвода тепла давление азота возросло до 23,5атм.

Найти:

- количество подведенного тепла;
- изменение энтальпии и энтропии.

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

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

7.3.1.2 Темы практических работ по дисциплине «Термодинамика и теплопередача»

Тематика практических работ изложена в пункте 3.4.

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.