Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 09.07.2026 14:01:23
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

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

Транспортный факультет

УТВЕРЖДАЮ
И.о. декана
_____ /М.Р. Рыбакова/
«26» февраля 2026г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Термодинамика

Направление подготовки/специальность
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль/специализация
Электроника и технологии сенсорики

Квалификация
бакалавр

Формы обучения
очная

Москва, 2026 г

Разработчик(и):
доцент, к.т.н.  /Д.В. Апелинский/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики»,д.т.н.  /Г.Г. Надарейшвили/

Оглавление

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине....4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.... 4
3. Структура и содержание дисциплины.... 4
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость.... 4
3.1.1. Очная форма обучения.... 4
3.1.2. Заочная форма обучения.... 5
3.2. Тематический план изучения дисциплины....6
3.2.1. Очная форма обучения.... 6
3.2.2. Заочная форма обучения.... 6
3.3. Содержание дисциплины.... 8
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий....12
3.4.1. Семинарские/практические занятия.... 12
3.4.2. Лабораторные занятия.... 12
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ).... 12
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение....12
4.1. Нормативные документы и ГОСТы.... 12
4.2. Основная литература.... 13
4.3. Дополнительная литература....13
4.4. Электронные образовательные ресурсы.... 13
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение.... 13
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.... 13
5. Материально-техническое обеспечение....14
6. Методические рекомендации....15
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения.... 15
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.... 15
7. Фонд оценочных средств.... 16
7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения.... 16
7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения.... 17
7.3. Оценочные средства.... 17
Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке (КТ1). Вопросы для собеседования со студентами.... 17
Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке (КТ2). Вопросы для собеседования со студентами.... 19
Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации успеваемости. Вопросы для собеседования со студентами.... 20

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО и образовательной программы.

Задачами освоения дисциплины являются:

- приобретение обучающимися знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса;
- оценка достижения обучающимися планируемых результатов обучения как этапа формирования соответствующих компетенций.

Обучение по дисциплине «Термодинамика для энергетических машин» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ИОПК-3.1. Умеет применять соответствующий физико-математический аппарат при решении профессиональных задач ИОПК-3.2. Умеет применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в часть блока Б.1 – «Обязательная часть», подраздел Б1.1.12

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения, навыки, формируемые предшествующими дисциплинами: Альтернативные энергоустановки для децентрализованной энергетики, Конструкции и схемы перспективных двигателей внутреннего сгорания, Биоэнергетика, История развития двигателей и энергетических агрегатов.

Знания, умения, навыки, сформированные данной дисциплиной, будут востребованы при изучении таких дисциплин как: Альтернативные и возобновляемые топлива для энергетических машин, Горюче-смазочные материалы для эксплуатации энергоустановок

Динамика двигателей внутреннего сгорания, Диагностика, ремонт и техническая эксплуататция энергоустановок.

Знания, умения, навыки, сформированные данной дисциплиной, будут востребованы при прохождении практик и сдаче государственной итоговой аттестации.

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов).

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			3
1	Аудиторные занятия	36	36
	В том числе:		
	Лекции	18	18
	Семинарские/практические занятия		
	Лабораторные занятия	18	18
2	Самостоятельная работа	36	36
3	Промежуточная аттестация		
	Зачет/диф.зачет/экзамен	Зачет	Зачет
	Итого	72	72

3.2. Тематический план изучения дисциплины

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Всего	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	Тема 1. Основы термодинамики	20	8	2		2	4
2	Тема 1. Основы термодинамики,	20	8	2		2	4
3	Тема 1. Основы термодинамики,	20	8	2		2	4
4	Тема 2. Основы теплотехники,	20	8	2		2	4
5	Тема 2. Основы теплотехники,	20	8	2		2	4
6	Тема 2. Основы теплотехники,	20	8	2		2	4
7	Тема 3. Основы тепломассообмена,	20	8	2		2	4
8	Тема 3. Основы тепломассообмена,	20	8	2		2	4
9	Тема 3. Основы тепломассообмена,	20	8	2		2	4
	Итого:	180	72	18		18	36

3.3. Содержание дисциплины

Лекция 1. Тема 1. Основы термодинамики
1. Термодинамика как наука.
1.1 Основные понятия и определения.
1.2 Параметры состояния термодинамической системы.
1.3 Обратимые и необратимые процессы.
1.4 Энергия системы, работа и теплота.
1.5 Уравнение состояния. Общие определения.

Лекция 2. Тема 1. Основы термодинамики
2.1 Газовые смеси.
2.2 Уравнение состояния в дифференциальной форме.
2.3 Теплоемкость газов. Основные виды теплоемкостей газов.
2.4 Зависимость теплоемкости газов от температуры Т. Истинная и средняя теплоемкости.

Лекция 3. Тема 1. Основы термодинамики
3.1 Определение теплоемкости газовой смеси.
3.2 Первый закон термодинамики. Определения.
3.3 Закрытая система. Работа процесса.
3.4 Математическое выражение I закона термодинамики для закрытой системы.
3.5 Внутренняя энергия рабочего вещества.
3.6 Открытая термодинамическая система. Располагаемая техническая работа.
3.7 Энтальпия газа.

Лекция 4. Тема 1. Основы термодинамики
4.1 Математическое выражение первого закона термодинамики
для открытой системы.
4.2 Математические характеристики функций состояния и функций процесса.
4.3 Энтропия идеального газа.
4.4 T-S- диаграмма и ее свойства.
4.5 Исследование обратимых термодинамических процессов.
4.6 Изохорные процессы.
4.7 Изобарные процессы (P=const).
4.8 Изотермные процессы (T=const).

Лекция 5. Тема 1. Основы термодинамики
5.1 Адиабатные процессы.
5.2 Политропные процессы. Определения.
5.3 Изображение политропных процессов в PV- диаграмме.
5.4 Вывод уравнения политропы.
5.5 Определение теплоемкости политропного процесса.
5.6 Соотношения основных параметров P,V,T в политропных процессах.

Лекция 6. Тема 1. Основы термодинамики
6.1 Определение работы расширенияв политропных процессах.
6.2 Изменения энтропии в политропных процессах.
6.3 Классификация политропных процессов по характеру энергобалансов.
6.4 Определение показателя политропы «n» по графику в PV – диаграмме.
6.5 Определение располагаемой работы в обратимых процессах.
6.6 iS- диаграмма.
6.7 Итоговые формулировки I закона термодинамики.

Лекция 7. Тема 1. Основы термодинамики

7.1 Второй закон термодинамики. Исследование круговых процессов.
Содержание второго закона термодинамики.
7.2 Базисные формулировки II закона термодинамики.
7.3 Круговые процессы или циклы.
7.4 Цикл Карно. Учение Карно.

Лекция 8. Тема 1. Основы термодинамики
8.1 Основные свойства цикла Карно.
8.2 Максимальная полезная работа.
8.3 Обратный цикл Карно.
8.4 Регенеративный цикл. Принцип регенерации теплоты.
8.5 Общая математическая характеристика обратимых процессов.
8.6 Энтропия как функция состояния или свойство любого тела.
8.7 Эксергия рабочего тела.

Лекция 9. Тема 1. Основы термодинамики
9.1 Уравнение эксергетического баланса для обратимых процессов.
9.2 Общая математическая характеристика необратимых процессов.
9.3 Принцип возрастания энтропии замкнутой системой при необратимых процессах.
9.4 Уравнение энергобаланса для необратимых процессов.

Лекция 10. Тема 2. Основы теплотехники
10.1 Энтропия и статистический характер второго закона термодинамики.
10.2 Рабочие тела тепловых машин. Определения.
10.3 Уравнение состояния Ван-дер-Ваальса для реальных газов.
10.4 Фазовые переходы. Правило фаз Гиббса.

Лекция 11. Тема 2. Основы теплотехники
11.1 Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
11.2 Свойства водяного пара.
11.3 Три стадии процесса парообразования.
11.4 Определение параметров насыщенного пара и кипящей воды.
11.5 Определение параметров перегретого пара.

Лекция 12. Тема 2. Основы теплотехники
12.1 Энтальпия воды и водяного пара.
12.2 Энтропия воды и водяного пара.
12.3 TS- диаграмма водяного пара.
12.4 iS- диаграмма водяного пара.
12.5 Определения эксергии водяного пара.
12.6 Процесс дросселирования газов и паров.

Лекция 13. Тема 2. Основы теплотехники
13.1 Смесь воздуха и водяного пара
13.2 Струйные аппараты. Сопла и диффузоры. Определения.
13.3 Уравнение движения потока газа без трения.
13.4 Определение скорости истечения и расхода топлива через сопло.
13.5 Исследование формул скорости истечения и расхода газа. Выбор формы канала сопла.
13.6 Технические характеристики сужающихся сопел.
13.7 Расчет сужено-расширенных сопел. Сопло Лаваля.
13.8 Диффузоры.

Лекция 14. Тема 2. Основы теплотехники

14.1 Выбор формы канала диффузора.
14.2 Параметры торможения адиабатического потока.
14.3 Дифференциальные уравнения термодинамики. Определения.
14.4 Соотношения Максвелла.
14.5 Дифференциальные уравнения для du, di, dS.
14.6 Соотношения между теплоемкостями C_Ри C_V.

Лекция 15. Тема 2. Основы теплотехники
15.1 Исследование циклов теплоэнергетических установок. Система КПД, для оценки эффективности теплоэнергетических установок.
15.2 Паротурбинные установки. Общая схема.
15.3 Идеальный цикл паротурбинной установки простейшего типа (цикл Ренкина).
15.4 Основные явления необратимости паротурбинной установки.
15.5 Определение расхода пара на турбину.
Лекция 16. Тема 2. Основы теплотехники
16.1 Влияние основных параметров на величину η_t цикла Ренкина.
16.2 Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ).
16.3 Компрессоры. Определения. Одноступенчатый поршневой компрессор.
16.4 Процесс сжатия в турбокомпрессорах.
16.5 Оценка экономичности компрессора.
16.6 Двигатели внутреннего сгорания. Определения.
16.7 Цикл с подводом теплоты при V =const и P=const (цикл Тринклера)
16.8 Цикл с подводом теплоты при P=const (цикл Дизеля)

Лекция 17. Тема 2. Основы теплотехники
17.1 Цикл с подводом теплоты при V =const (цикл Отто)
17.2 Циклы газотурбинных установок (ГТУ). Определения.
17.3 Идеальный цикл ГТУ в PV и TS-диаграмме с изобарным и изохорным подводом теплоты.
17.4 Пути повышения эффективности циклов ГТУ.
17.5 Схема ГТУ с регенерацией теплоты отработавших газов в турбине.
17.6 Холодильные машины и тепловые насосы. Определения.
17.7 Воздушная компрессионная холодильная машина.

Лекция 18. Тема 2. Основы теплотехники
18.1 Комбинированные энергетические установки. Определения.
18.2 Парогазовые установки.
18.3 Электрохимические энергоустановки (ЭЭУ) на основе топливных элементов (ТОТЭ) и ГТУ.
18.4 Реактивные двигатели.
18.5 Теплосиловые паровые циклы.

Лекция 19. Тема 3. Основы тепломассообмена
19.1 Теплопроводность.
19.2 Теплопроводность плоской стенки. Однородная стенка и многослойная стенка.
19.3 Теплопроводность цилиндрической стенки. Однородная стенка и многослойная стенка.
19.4 Конвективный теплообмен. Процесс теплоотдачи.

Лекция 20. Тема 3. Основы тепломассообмена
20.1 Критерии теплового подобия.
20.2 Теплообмен при свободном движении жидкости.
20.3 Теплоотдача при вынужденном движении жидкости. Теплоотдача при движении жидкости и газа в трубах.

Лекция 21. Тема 3. Основы тепломассообмена
21.1 Подобие физических явлений.
21.2 Три теоремы теории подобия.
21.3 Критерии гидромеханического подобия.

Лекция 22. Тема 3. Основы тепломассообмена
22.1 Лучистый теплообмен. Общие понятия и определения.
22.2 Законы теплового излучения. Закон Планка.
22.3 Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Закон Ламберта.
22.4 Теплопередача.

Лекция 23. Тема 3. Основы тепломассообмена
23.1 Теплопередача через плоскую стенку.
23.2 Теплопередача через цилиндрическую стенку.
23.3 Теплопередача через ребристую стенку.

Лекция 24. Тема 3. Основы тепломассообмена
24.1 Тепловое излучение газов.
24.2 Нестационарная теплопроводность.
24.3 Зависимость процесса охлаждения (нагревания) от формы и размеров тела.
24.4 Температурное поле в телах конечных размеров (параллелепипед).
24.4 Регулярный тепловой режим.

Лекция 25. Тема 3. Основы тепломассообмена
25.1 Сложный теплообмен
25.2 Газовые и жидкостные прослойки.
25.3 Интенсификация процессов теплопередачи.
25.4 Тепловая изоляция. Изоляционные материалы.
25.5 Условия рационального выбора материала для тепловой изоляции трубопроводов.
25.6 Теплообменные аппараты. Рекуперативные аппараты.
25.7 Расчет конечной температуры рабочих жидкостей.

Лекция 26. Тема 3. Основы тепломассообмена
26.1 Регенеративные теплообменные аппараты.
26.2 Расчет коэффициента теплопередачи.
26.3 Гидромеханический расчет теплообменных аппаратов.
26.4 Гидравлическое сопротивление элементов. Гладкие трубы.
26.5 Шероховатые трубы.
26.6 Гидравлическое сопротивление пучков труб.
26.7 Расчет мощности, необходимой для перемещения жидкости.

Лекция 27. Тема 3. Основы тепломассообмена
27.1 Процессы тепломассообмена.
27.2 Плотность потока массы.
27.10 Закон Фика молекулярной диффузии.
27.11 Термическая диффузия.
27.12 Диффузия в движущейся среде.
27.13 Тройная аналогия.
27.14 Теплоотдача при течении газа с большой скоростью.

3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

Практическое занятие 1. Основные понятия и определения термодинамики. Единицы измерения. Давление. Температура.
Практическое занятие 2. Внутренняя энергия (Первый закон термодинамики). Термодинамические процессы газов. Теплоёмкость.
Практическое занятие 3. Второй закон термодинамики. Циклы тепловых двигателей.
Практическое занятие 4. Фазовые переходы. Уравнение Клайперона – Клаузиуса. Термодинамические параметры состояния водяного пара. Паровые процессы.
Практическое занятие 5. Дросселирование газов и паров. Влажный воздух. Смешение газов. Течение газов и паров.
Практическое занятие 6. Работоспособность термодинамических систем. Энергия. Циклы холодильных машин и тепловых насосов.
Практическое занятие 7. Дифференциальные уравнения термодинамики. Основы теплообмена. Теплопроводность. Теплопередача.
Практическое занятие 8. Конвективный теплообмен. Лучистый теплообмен. Теплообменные аппараты.
Практическое занятие 9. Теплообмен при кипении и конденсации. Нестационарная теплопроводность.

3.4.2. Лабораторные занятия

Лабораторная работа 1. Экспериментальное исследование конвективного теплообмена между металлической сферой и водой.
Лабораторная работа 2. Расчётное определение коэффициента теплопроводности тела на основе экспериментальных данных.
Лабораторная работа 3. Исследование процесса конвекции возле вертикальных нагретых труб.
Лабораторная работа 4. Исследование процесса теплопередачи на радиаторе отопителя салона автомобиля.
Лабораторная работа 5. Исследование процесса теплопередачи через гладкие трубы.
Лабораторная работа 6. Исследование процесса нестационарной теплопроводности.
Лабораторная работа 7. Исследование гидравлических сопротивлений в каналах и трубах.
Лабораторная работа 8. Исследования процессов фазовых переходов газов и пара.
Лабораторная работа 9. Исследование процесса теплообмена при кипении и конденсации.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовой проект по дисциплине предусмотрен.
Для выполнения курсового проекта предлагаются следующие темы:

1. Выполнить расчет процесса теплопередачи на радиаторе отопителя салона автомобиля.
2. Выполнить расчет конвективного теплообмена между металлической сферой и водой.
3. Термодинамический расчет цикла газотурбинного двигателя.
4. Термодинамический расчет цикла газотурбинного двигателя с регенерацией теплоты.
5. Термодинамический расчет цикла дизельного двигателя.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1. Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 10150– 2014 Двигатели внутреннего сгорания поршневые. Общие технические условия

2. ГОСТ Р 54120-2010 Двигатели автомобильные. Пусковые качества. Технические требования

3. ГОСТ Р 52033-2003 Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния

4.2. Основная литература

1. Ерофеев, В. Л. Теплотехника в 2 т. Том 1. Термодинамика и теория теплообмена : учебник для вузов / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 308 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01738-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/511615

2. Ерофеев, В. Л. Теплотехника в 2 т. Том 2. Энергетическое использование теплоты : учебник / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 199 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-06943-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/516585

4.3. Дополнительная литература

1. Баширов, Р. М. Автотракторные двигатели: конструкция, основы теории и расчета : учебник / Р. М. Баширов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-2741-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://reader.lanbook.com/book/96242

2. Автомобильные двигатели. Рабочие процессы, конструкция, основы расчёта и эксплуатации : учебник / Н. Г. Фаталиев, М. М. Аливагабов, А. Х. Бекеев, М. А. Арсланов. — Махачкала : ДагГАУ имени М.М.Джамбулатова, 2018. — 316 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://reader.lanbook.com/book/113001

4.4. Электронные образовательные ресурсы

1. Курс «Термодинамика для энергетических машин»
URL: https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=8821

4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее ПО:
Операционная система Windows 7 и выше, Офисные приложения Microsoft Office.

4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Для освоения дисциплины рекомендуются следующие сайты информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

http://минобрнауки.рф/ - Министерство образования и науки РФ;
http://fcior.edu.ru/ - Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов;
http://fgosvo.ru/ - Портал Федеральных государственных образовательных стандартов;
http://www.consultant.ru/ - Справочная правовая система «Консультант Плюс»;
http://www.garant.ru/ - Справочная правовая система «Гарант»;
http://www.edu.ru/ - Российское образование. Федеральный портал;
http://www.opengost.ru/ - Сайт, содержащий полные тексты нормативных документов.

Перечень информационных систем:

Научная библиотека Московского политехнического университета. http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog

База данных содержит в себе 102678 учебных материалов различной направленности 1939 из которых полнотекстовые. Доступ к электронному каталогу можно получить с любого устройства, имеющим подключение к интернету.

Электронный каталог БИЦ МГУП.

http://mgup.ru/library/

Электронный каталог позволяет производить поиск по базе данных библиотеки МГУП.

ЭБС издательства «ЛАНЬ».

https://e.lanbook.com/

ЭБС «ЛАНЬ» - ресурс, предоставляющий online-доступ к научным журналам и полнотекстовым коллекциям книг различных издательств.

Доступ к ЭБС издательства «ЛАНЬ» осуществляется со всех компьютеров университета.

ЭБС «Polpred».

http://polpred.com/news

ЭБС представляет собой архив важных публикаций, собираемых вручную. База данных с рубрикатором: 53 отрасли/ 600 источников/ 9 федеральных округов РФ/ 235 стран и территорий/ главные материалы/ статьи и интервью 8000 первых лиц. Для доступа к полным текстам ЭБС с компьютеров на территории учебных корпусов университета авторизация не требуется.

«КиберЛенинка» - научная библиотека открытого доступа.

http://cyberleninka.ru/

Это научная электронная библиотека открытого доступа (Open Access).

Библиотека комплектуется научными статьями, публикациями в журналах России и ближнего зарубежья. Научные тексты, представленные в библиотеке, размещаются в интернете бесплатно, в открытом доступе. Пользователям библиотеки предоставляется возможность читать научные работы с экрана планшета, мобильного телефона и других современных мобильных устройств.

Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU».

http://elibrary.ru/defaultx.asp

Крупнейшая в России электронная библиотека научных публикаций, обладающая богатыми возможностями поиска и анализа научной информации. Библиотека интегрирована с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ) - созданным по заказу Минобрнауки РФ бесплатным общедоступным инструментом измерения публикационной активности ученых и организаций.

Реферативная и наукометрическая электронная база данных «Scopus».

https://www.scopus.com/home.uri

Индексирует не менее 20500 реферируемых научных журналов, которые издаются не менее чем 5000 издательствами и содержат не менее 47 млн. библиографических записей, из которых не менее 24 млн. включают в себя списки цитируемой литературы.

База данных «Knovel» издательства «Elsevir».

https://app.knovel.com/web/

Полнотекстовая база данных для поиска инженерной информации и поддержки принятия инженерных решений.

Доступ к электронным базам данных «Scopus» и «Knovel» осуществляется круглосуточно через сеть Интернет в режиме он-лайн по IP-адресам, используемым университетом для выхода в сеть Интернет.

Поисковые интернет-системы: Google, Yandex, Yahoo, Mail, Rambler, Bing и др.

Информационная система предоставляет свободный доступ к каталогу образовательных Интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно- методической библиотеке для общего и профессионального образования. Доступ с любого компьютера, подключенного к Интернет.

5. Материально-техническое обеспечение

1) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-222 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

2) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-223 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

3) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Нд-224 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

4) Аудитория для лекционных, семинарских и практических занятий № Н-406 107023, г. Москва, ул. Б. Семёновская, д. 38, стр.13

5) Комплекты мебели для учебного процесса.

6) Мультимедийное оборудование: Экран для проектора, переносной ноутбук, переносной проектор.

6. Методические рекомендации

6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS). Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Преподаватель должен последовательно вычитать студентам ряд лекций, в ходе которых следует сосредоточить внимание на ключевых моментах конкретного теоретического материала, а также организовать проведение практических занятий таким образом, чтобы активизировать мышление студентов, стимулировать самостоятельное извлечение ими необходимой информации из различных источников, сравнительный анализ методов решений, сопоставление полученных результатов, формулировку и аргументацию собственных взглядов на многие спорные проблемы.

Перед началом преподавания преподавателю необходимо:

- изучить рабочую программу, цели и задачи дисциплины;
- четко представлять себе, какие знания, умения и навыки должен приобрести студент;
- познакомится с видами учебной работы;
- изучить содержание разделов дисциплины.

В ходе лекционного занятия преподаватель должен назвать тему, учебные вопросы, ознакомить студентов с перечнем основной и дополнительной литературы по теме занятия.

Во вступительной части лекции обосновать место и роль изучаемой темы в учебной дисциплине, раскрыть ее практическое значение. Если читается не первая лекция, то необходимо увязать ее тему с предыдущей, не нарушая логики изложения учебного материала. Лекцию следует начинать, только чётко обозначив её характер, тему и круг тех вопросов, которые в её ходе будут рассмотрены.

В основной части лекции следует раскрывать содержание учебных вопросов, акцентировать внимание студентов на основных категориях, явлениях и процессах, особенностях их протекания. Раскрывать сущность исодержание различных точек зрения и научных подходов к объяснению тех или иных явлений и процессов. Следует аргументировано обосновать собственную позицию по спорным теоретическим вопросам. Приводить примеры. Задавать по ходу изложения лекционного материала риторические вопросы и самому давать на них ответ. Это способствует активизации мыслительной деятельности студентов, повышению их внимания и интереса к материалу лекции, ее содержанию. Преподаватель должен руководить работой студентов по конспектированию лекционного материала, подчеркивать необходимость отражения в конспектах основных положений изучаемой темы, особо выделяя категорийный аппарат.

В заключительной части лекции необходимо сформулировать общие выводы по теме, раскрывающие содержание всех вопросов, поставленных в лекции. Объявить план очередного семинарского или лабораторного занятия, дать краткие рекомендации по подготовке студентов к семинару или лабораторной работе. Определить место и время консультации студентам, пожелавшим выступить на семинаре с докладами и рефератами по актуальным вопросам обсуждаемой темы.

6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины осуществляется при контактной работе с преподавателем и в процессе самостоятельной работы. Эффективное освоение дисциплины предполагает регулярное посещение

всех видов аудиторных занятий, выполнение плана самостоятельной работы в полном объеме и прохождение аттестации в соответствии с календарным учебным графиком.

Студенту рекомендуется ознакомиться со списком основной и дополнительной литературы и взять в библиотеке издания в твёрдой копии (необходимо иметь при себе читательский билет и уметь пользоваться электронным каталогом).

Доступ к информационным ресурсам библиотеки и информационно-справочным системам сети «Интернет» организован в читальных залах библиотеки со стационарных ПЭВМ, либо с личного ПЭВМ (ноутбука, планшетного компьютера или иного мобильного устройства) посредством беспроводного доступа при активации индивидуальной учетной записи.

Пользование информационными ресурсами расширяет возможности освоения теоретического курса, выполнения самостоятельной работы и позволяет получить информацию для реализации творческих образовательных технологий: выполнения реферата на заданную или самостоятельно выбранную тему в рамках тематики дисциплины.

Изучение дисциплины должно сопровождаться интенсивной самостоятельной работой студентов с рекомендованными преподавателями литературными источниками и с материалами, полученными на лекционных занятиях. Студент должен помнить, что начинать самостоятельные занятия следует с первого дня изучения дисциплины и проводить их регулярно. Очень важно приложить максимум усилий, воли, чтобы заставить себя работать с полной нагрузкой с первого дня.

Каждый студент должен сам планировать свою самостоятельную работу, исходя из своих возможностей и приоритетов. Это стимулирует выполнение работы, создает более спокойную обстановку, что в итоге положительно сказывается на усвоении материала.

Для плодотворной работы немаловажное значение имеет обстановка, организация рабочего места. Нужно добиться, чтобы место работы по возможности было постоянным. Работа на привычном месте делает ее более плодотворной. Продуктивность работы зависит от правильного чередования труда и отдыха. Поэтому каждые час или два следует делать, перерыв на 10-15 минут. Выходные дни лучше посвятить активному отдыху, занятиям спортом, прогулками на свежем воздухе и т.д. Даже переключение с одного вида умственной работы на другой может служить активным отдыхом.

Особое место уделяется консультированию, как одной из форм обучения и контроля самостоятельной работы. Консультирование предполагает особым образом организованное взаимодействие между преподавателем-консультантом и студентами, направленное на разрешение проблем и внесение позитивных изменений в деятельность студентов.

7. Фонд оценочных средств

Для осуществления процедур текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации студентов предусмотрен фонд оценочных средств (ФОС), позволяющий оценить достижение запланированных результатов обучения и уровень сформированности всех компетенций. Фонд оценочных средств состоит из комплектов контрольно-оценочных средств. Комплекты контрольно-оценочных средств включают в себя контрольно-оценочные материалы, позволяющие оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций.

7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения

Оценивание и контроль сформированности компетенций осуществляется с помощью текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации. Для этого семестр делится на три периода. По окончанию первого периода (контрольная точка 1 (КТ1)) проводится собеседование со студентами по изученному на данный момент материалу. По окончанию второго периода обучения (КТ2) проводится аналогичная процедура. Третий период заканчивается промежуточной аттестацией по всему пройдённому материалу.

Текущий контроль успеваемости студентов предназначен для повышения мотивации студентов к систематическим занятиям, оценивания степени усвоения студентами учебного

материала. Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение периода теоретического обучения семестра по всем видам аудиторных занятий и самостоятельной работы студента.

К формам контроля текущей успеваемости по дисциплине относится собеседование и тестирование. Критерии прохождения студентами текущего контроля следующие. При текущем контроле успеваемости обучающихся применяется система оценивания в виде отметки «зачтено» и «не зачтено».

Результаты текущего контроля успеваемости учитываются преподавателем при проведении промежуточной аттестации. Отставание студента от графика текущего контроля успеваемости по изучаемой дисциплине приводит к образованию текущей задолженности.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра. Промежуточная аттестация помогает оценить более крупные совокупности знаний и умений, формирование определенных профессиональных компетенций.

7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения

При контроле успеваемости используется следующая шкала оценивания:

Шкала оценивания	Критерии оценивания
«отлично»	студент должен: продемонстрировать глубокое и прочное усвоение знаний материала; исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно изложить теоретический материал; правильно формулировать определения; продемонстрировать умения самостоятельной работы с нормативно-правовой литературой; уметь сделать выводы по излагаемому материалу
«хорошо»	студент должен: продемонстрировать достаточно полное знание материала; продемонстрировать знание основных теоретических понятий; достаточно последовательно, грамотно и логически стройно излагать материал; продемонстрировать умение ориентироваться в нормативно-правовой литературе; уметь сделать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу
«удовлетворительно»	студент должен: продемонстрировать общее знание изучаемого материала; знать основную рекомендуемую программой дисциплины учебную литературу; уметь строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; показать общее владение понятийным аппаратом дисциплины;
«неудовлетворительно»	ставится в случае: незнания значительной части программного материала; не владения понятийным аппаратом дисциплины; существенных ошибок при изложении учебного материала; неумения строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса; неумения делать выводы по излагаемому материалу.

При текущем контроле успеваемости с помощью тестов выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если выполнено верно более 75% заданий теста (набрано более 15 баллов).

Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если выполнено верно менее 75% (набрано менее 15 баллов).

7.3. Оценочные средства

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке (КТ1). Вопросы для собеседования со студентами

1. Термодинамика как наука.
2. Основные понятия и определения.

3. Параметры состояния термодинамической системы.
4. Обратимые и необратимые процессы.
5. Энергия системы, работа и теплота.
6. Уравнение состояния. Общие определения.
7. Газовые смеси.
8. Уравнение состояния в дифференциальной форме.
9. Теплоемкость газов. Основные виды теплоемкостей газов.
10. Зависимость теплоемкости газов от температуры Т. Истинная и средняя теплоемкости.
11. Определение теплоемкости газовой смеси.
12. Первый закон термодинамики. Определения.
13. Закрытая система. Работа процесса.
14. Математическое выражение I закона термодинамики для закрытой системы.
15. Внутренняя энергия рабочего вещества.
16. Открытая термодинамическая система. Располагаемая техническая работа.
17. Энтальпия газа.
18. Математическое выражение первого закона термодинамики
для открытой системы.
19. Математические характеристики функций состояния и функций процесса.
20. Энтропия идеального газа.
21. T-S- диаграмма и ее свойства.
22. Исследование обратимых термодинамических процессов.
23. Изохорные процессы.
24. Изобарные процессы (P=const).
25. Изотермные процессы (T=const).
26. Адиабатные процессы.
27. Политропные процессы. Определения.
28. Изображение политропных процессов в PV- диаграмме.
29. Вывод уравнения политропы.
30. Определение теплоемкости политропного процесса.
31. Соотношения основных параметров P,V,T в политропных процессах.
32. Определение работы расширенияв политропных процессах.
33. Изменения энтропии в политропных процессах.
34. Классификация политропных процессов по характеру энергобалансов.
35. Определение показателя политропы «n» по графику в PV – диаграмме.
36. Определение располагаемой работы в обратимых процессах.
37. iS- диаграмма.
38. Итоговые формулировки I закона термодинамики.
39. Второй закон термодинамики. Исследование круговых процессов.
Содержание второго закона термодинамики.
40. Базисные формулировки II закона термодинамики.
41. Круговые процессы или циклы.
42. Цикл Карно. Учение Карно.
43. Основные свойства цикла Карно.
44. Максимальная полезная работа.
45. Обратный цикл Карно.
46. Регенеративный цикл. Принцип регенерации теплоты.
47. Общая математическая характеристика обратимых процессов.
48. Энтропия как функция состояния или свойство любого тела.
49. Эксергия рабочего тела.
50. Уравнение эксергетического баланса для обратимых процессов.
51. Общая математическая характеристика необратимых процессов.
52. Принцип возрастания энтропии замкнутой системой при необратимых процессах.
53. Уравнение энергобаланса для необратимых процессов.
54. Энтропия и статистический характер второго закона термодинамики.

55. Рабочие тела тепловых машин. Определения.
56. Уравнение состояния Ван-дер-Ваальса для реальных газов.
57. Фазовые переходы. Правило фаз Гиббса.
58. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
59. Свойства водяного пара.
60. Три стадии процесса парообразования.
61. Определение параметров насыщенного пара и кипящей воды.
62. Определение параметров перегретого пара.
63. Энтальпия воды и водяного пара.
64. Энтропия воды и водяного пара.
65. TS- диаграмма водяного пара.
66. iS- диаграмма водяного пара.
67. Определения эксергии водяного пара.
68. Процесс дросселирования газов и паров.
69. Смесь воздуха и водяного пара
70. Струйные аппараты. Сопла и диффузоры. Определения.
71. Уравнение движения потока газа без трения.
72. Определение скорости истечения и расхода топлива через сопло.
73. Исследование формул скорости истечения и расхода газа. Выбор формы канала сопла.
74. Технические характеристики сужающихся сопел.
75. Расчет сужено-расширенных сопел. Сопло Лаваля.

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости в контрольной точке (КТ2). Вопросы для собеседования со студентами

1. Диффузоры.
2. Выбор формы канала диффузора.
3. Параметры торможения адиабатического потока.
4. Дифференциальные уравнения термодинамики. Определения.
5. Соотношения Максвелла.
6. Дифференциальные уравнения для du, di, dS.
7. Соотношения между теплоемкостями C_Ри C_V.
8. Исследование циклов теплоэнергетических установок. Система КПД, для оценки эффективности теплоэнергетических установок.
9. Паротурбинные установки. Общая схема.
10. Идеальный цикл паротурбинной установки простейшего типа (цикл Ренки-на).
11. Основные явления необратимости паротурбинной установки.
12. Определение расхода пара на турбину.

Лекция 16. Тема 2. Основы теплотехники

13. Влияние основных параметров на величину η_t цикла Ренкина.
14. Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ).
15. Компрессоры. Определения. Одноступенчатый поршневой компрессор.
16. Процесс сжатия в турбокомпрессорах.
17. Оценка экономичности компрессора.
18. Двигатели внутреннего сгорания. Определения.
19. Цикл с подводом теплоты при V =const и P=const (цикл Тринклера)
20. Цикл с подводом теплоты при P=const (цикл Дизеля)
21. Цикл с подводом теплоты при V =const (цикл Отто)
22. Циклы газотурбинных установок (ГТУ). Определения.
23. Идеальный цикл ГТУ в PV и TS-диаграмме с изобарным и изохорным подводом теплоты.
24. Пути повышения эффективности циклов ГТУ.
25. Схема ГТУ с регенерацией теплоты отработавших газов в турбине.
26. Холодильные машины и тепловые насосы. Определения.
27. Воздушная компрессионная холодильная машина.

28. Комбинированные энергетические установки. Определения.
29. Парогазовые установки.
30. Электрохимические энергоустановки (ЭЭУ) на основе
топливных элементов (ТОТЭ) и ГТУ.
31. Реактивные двигатели.
32. Теплосиловые паровые циклы.
33. Теплопроводность.
34. Теплопроводность плоской стенки. Однородная стенка и многослойная стенка.
35. Теплопроводность цилиндрической стенки. Однородная стенка и многослойная стенка.
36. Конвективный теплообмен. Процесс теплоотдачи.
37. Критерии теплового подобия.
38. Теплообмен при свободном движении жидкости.
39. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости. Теплоотдача при дви-жении жидкости и газа в трубах.
40. Подобие физических явлений.
41. Три теоремы теории подобия.
42. Критерии гидромеханического подобия.
43. Лучистый теплообмен. Общие понятия и определения.
44. Законы теплового излучения. Закон Планка.
45. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Закон Ламберта.
46. Теплопередача.
47. Теплопередача через плоскую стенку.
48. Теплопередача через цилиндрическую стенку.
49. Теплопередача через ребристую стенку.
50. Тепловое излучение газов.
51. Нестационарная теплопроводность.
52. Зависимость процесса охлаждения (нагревания) от формы и размеров тела.
53. Температурное поле в телах конечных размеров (параллелепипед).
54. Регулярный тепловой режим.
55. Сложный теплообмен
56. Газовые и жидкостные прослойки.
57. Интенсификация процессов теплопередачи.
58. Тепловая изоляция. Изоляционные материалы.
59. Условия рационального выбора материала для тепловой изоляции трубопроводов.
60. Теплообменные аппараты. Рекуперативные аппараты.
61. Расчет конечной температуры рабочих жидкостей.
62. Регенеративные теплообменные аппараты.
63. Расчет коэффициента теплопередачи.
64. Гидромеханический расчет теплообменных аппаратов.
65. Гидравлическое сопротивление элементов. Гладкие трубы.
66. Шероховатые трубы.
67. Гидравлическое сопротивление пучков труб.
68. Расчет мощности, необходимой для перемещения жидкости.
69. Процессы тепломассообмена.
70. Плотность потока массы.
71. Закон Фика молекулярной диффузии.
72. Термическая диффузия.
73. Диффузия в движущейся среде.
74. Тройная аналогия.
75. Теплоотдача при течении газа с большой скоростью.

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации успеваемости.
Вопросы для собеседования со студентами.

Для оценки сформированности в рамках данной дисциплины компетенции ОПК-3, на промежуточной аттестации оцениваются ответы на приведенные вопросы:

1. Термодинамика как наука.
2. Основные понятия и определения.
3. Параметры состояния термодинамической системы.
4. Обратимые и необратимые процессы.
5. Энергия системы, работа и теплота.
6. Уравнение состояния. Общие определения.
7. Газовые смеси.
8. Уравнение состояния в дифференциальной форме.
9. Теплоемкость газов. Основные виды теплоемкостей газов.
10. Зависимость теплоемкости газов от температуры Т. Истинная и средняя теплоемкости.
11. Определение теплоемкости газовой смеси.
12. Первый закон термодинамики. Определения.
13. Закрытая система. Работа процесса.
14. Математическое выражение I закона термодинамики для закрытой системы.
15. Внутренняя энергия рабочего вещества.
16. Открытая термодинамическая система. Располагаемая техническая работа.
17. Энтальпия газа.
18. Математическое выражение первого закона термодинамики
для открытой системы.
19. Математические характеристики функций состояния и функций процесса.
20. Энтропия идеального газа.
21. T-S- диаграмма и ее свойства.
22. Исследование обратимых термодинамических процессов.
23. Изохорные процессы.
24. Изобарные процессы (P=const).
25. Изотермные процессы (T=const).
26. Адиабатные процессы.
27. Политропные процессы. Определения.
28. Изображение политропных процессов в PV- диаграмме.
29. Вывод уравнения политропы.
30. Определение теплоемкости политропного процесса.
31. Соотношения основных параметров P,V,T в политропных процессах.
32. Определение работы расширенияв политропных процессах.
33. Изменения энтропии в политропных процессах.
34. Классификация политропных процессов по характеру энергобалансов.
35. Определение показателя политропы «n» по графику в PV – диаграмме.
36. Определение располагаемой работы в обратимых процессах.
37. iS- диаграмма.
38. Итоговые формулировки I закона термодинамики.
39. Второй закон термодинамики. Исследование круговых процессов.
Содержание второго закона термодинамики.
40. Базисные формулировки II закона термодинамики.
41. Круговые процессы или циклы.
42. Цикл Карно. Учение Карно.
43. Основные свойства цикла Карно.
44. Максимальная полезная работа.
45. Обратный цикл Карно.
46. Регенеративный цикл. Принцип регенерации теплоты.
47. Общая математическая характеристика обратимых процессов.
48. Энтропия как функция состояния или свойство любого тела.
49. Эксергия рабочего тела.

50. Уравнение эксергетического баланса для обратимых процессов.
51. Общая математическая характеристика необратимых процессов.
52. Принцип возрастания энтропии замкнутой системой при необратимых процессах.
53. Уравнение энергобаланса для необратимых процессов.
54. Энтропия и статистический характер второго закона термодинамики.
55. Рабочие тела тепловых машин. Определения.
56. Уравнение состояния Ван-дер-Ваальса для реальных газов.
57. Фазовые переходы. Правило фаз Гиббса.
58. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
59. Свойства водяного пара.
60. Три стадии процесса парообразования.
61. Определение параметров насыщенного пара и кипящей воды.
62. Определение параметров перегретого пара.
63. Энтальпия воды и водяного пара.
64. Энтропия воды и водяного пара.
65. TS- диаграмма водяного пара.
66. iS- диаграмма водяного пара.
67. Определения эксергии водяного пара.
68. Процесс дросселирования газов и паров.
69. Смесь воздуха и водяного пара
70. Струйные аппараты. Сопла и диффузоры. Определения.
71. Уравнение движения потока газа без трения.
72. Определение скорости истечения и расхода топлива через сопло.
73. Исследование формул скорости истечения и расхода газа. Выбор формы канала сопла.
74. Технические характеристики сужающихся сопел.
75. Расчет сужено-расширенных сопел. Сопло Лаваля.
76. Диффузоры.
77. Выбор формы канала диффузора.
78. Параметры торможения адиабатического потока.
79. Дифференциальные уравнения термодинамики. Определения.
80. Соотношения Максвелла.
81. Дифференциальные уравнения для du, di, dS.
82. Соотношения между теплоемкостями C_Ри C_V.
83. Исследование циклов теплоэнергетических установок. Система КПД, для оценки эффективности теплоэнергетических установок.
84. Паротурбинные установки. Общая схема.
85. Идеальный цикл паротурбинной установки простейшего типа (цикл Ренки-на).
86. Основные явления необратимости паротурбинной установки.
87. Определение расхода пара на турбину.

Лекция 16. Тема 2. Основы теплотехники

88. Влияние основных параметров на величину η_t цикла Ренкина.
89. Теплоэлектроцентраль (ТЭЦ).
90. Компрессоры. Определения. Одноступенчатый поршневой компрессор.
91. Процесс сжатия в турбокомпрессорах.
92. Оценка экономичности компрессора.
93. Двигатели внутреннего сгорания. Определения.
94. Цикл с подводом теплоты при V =const и P=const (цикл Тринклера)
95. Цикл с подводом теплоты при P=const (цикл Дизеля)
96. Цикл с подводом теплоты при V =const (цикл Отто)
97. Циклы газотурбинных установок (ГТУ). Определения.
98. Идеальный цикл ГТУ в PV и TS-диаграмме с изобарным и изохорным подводом теплоты.
99. Пути повышения эффективности циклов ГТУ.
100. Схема ГТУ с регенерацией теплоты отработавших газов в турбине.

101. Холодильные машины и тепловые насосы. Определения.
102. Воздушная компрессионная холодильная машина.
103. Комбинированные энергетические установки. Определения.
104. Парогазовые установки.
105. Электрохимические энергоустановки (ЭЭУ) на основе
топливных элементов (ТОТЭ) и ГТУ.
106. Реактивные двигатели.
107. Теплосиловые паровые циклы.
108. Теплопроводность.
109. Теплопроводность плоской стенки. Однородная стенка и многослойная стенка.
110. Теплопроводность цилиндрической стенки. Однородная стенка и многослойная стенка.
111. Конвективный теплообмен. Процесс теплоотдачи.
112. Критерии теплового подобия.
113. Теплообмен при свободном движении жидкости.
114. Теплоотдача при вынужденном движении жидкости. Теплоотдача при дви-жении жидкости и газа в трубах.
115. Подобие физических явлений.
116. Три теоремы теории подобия.
117. Критерии гидромеханического подобия.
118. Лучистый теплообмен. Общие понятия и определения.
119. Законы теплового излучения. Закон Планка.
120. Закон Стефана-Больцмана. Закон Кирхгофа. Закон Ламберта.
121. Теплопередача.
122. Теплопередача через плоскую стенку.
123. Теплопередача через цилиндрическую стенку.
124. Теплопередача через ребристую стенку.
125. Тепловое излучение газов.
126. Нестационарная теплопроводность.
127. Зависимость процесса охлаждения (нагревания) от формы и размеров тела.
128. Температурное поле в телах конечных размеров (параллелепипед).
129. Регулярный тепловой режим.
130. Сложный теплообмен
131. Газовые и жидкостные прослойки.
132. Интенсификация процессов теплопередачи.
133. Тепловая изоляция. Изоляционные материалы.
134. Условия рационального выбора материала для тепловой изоляции трубопроводов.
135. Теплообменные аппараты. Рекуперативные аппараты.
136. Расчет конечной температуры рабочих жидкостей.
137. Регенеративные теплообменные аппараты.
138. Расчет коэффициента теплопередачи.
139. Гидромеханический расчет теплообменных аппаратов.
140. Гидравлическое сопротивление элементов. Гладкие трубы.
141. Шероховатые трубы.
142. Гидравлическое сопротивление пучков труб.
143. Расчет мощности, необходимой для перемещения жидкости.
144. Процессы тепломассообмена.
145. Плотность потока массы.
146. Закон Фика молекулярной диффузии.
147. Термическая диффузия.
148. Диффузия в движущейся среде.
149. Тройная аналогия.
150. Теплоотдача при течении газа с большой скоростью.