Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Макаров Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 18.09.2025 16:19:17
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/
«27» февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Теплообменные аппараты энергоустановок

Направление подготовки/ специальность
13.03.03 «Энергетическое машиностроение»

Профиль/ специализация
Проектирование и эксплуатация двигателей для транспорта и малой энергетики

Квалификация
Бакалавр

Форма обучения
Очная

Москва, 2025

Разработчик(и):

к.т.н., проф. /А.И. Федулов/

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 6
3. Структура и содержание дисциплины....6
3.1. Виды учебной работы и трудоемкость.... 6
3.2. Тематический план изучения дисциплины.... 7
3.3. Содержание дисциплины.... 7
3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий.... 8
3.4.1. Семинарские/практические занятия 8
3.4.2. Лабораторные занятия.... 10
3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 10
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение 10
4.1. Нормативные документы и ГОСТы 10
4.2. Основная литература.... 11
4.3. Дополнительная литература.... 11
4.4. Электронные образовательные ресурсы 11
4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 11
4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.... 12
5. Материально-техническое обеспечение....13
6. Методические рекомендации 13
6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения.... 13
6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины 14
7. Фонд оценочных средств....15
7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения 15
7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения.... 16
7.3. Оценочные средства.... 18

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

Целью данной дисциплины является формирование у студентов глубоких теоретических знаний и практических навыков, необходимых для проектирования, анализа и эксплуатации теплообменных аппаратов, используемых в энергетических установках, включая газотурбинные двигатели (ГТД) и газотурбинные установки (ГТУ). Дисциплина направлена на подготовку специалистов, способных эффективно решать задачи, связанные с выбором, расчетом и эксплуатацией теплообменных устройств в различных областях промышленности.

Задачи дисциплины:

Теоретические знания:

Освоение основных понятий и принципов работы теплообменных аппаратов.

Изучение различных типов теплообменников и их применения в энергетике, теплоснабжении и транспорте.

Понимание физической сущности процессов теплообмена и их влияния на эффективность работы энергоустановок.

Проектирование и расчет:

Овладение методами расчета теплообменных аппаратов и подбора оптимальных конструктивных решений.

Умение определять эффективность теплообменных аппаратов и рассчитывать их основные характеристики.

Знание способов улучшения теплогидравлических характеристик теплообменных поверхностей.

Надёжность и долговечность:

Понимание факторов, влияющих на надежность и долговечность теплообменных аппаратов.

Овладение методами оценки и прогнозирования ресурса теплообменных устройств.

Практические навыки:

Развитие навыков анализа и выбора теплообменных аппаратов для конкретных условий эксплуатации.

Владение методами расчёта и анализа характеристик теплообменных аппаратов.

Специализация по типам теплообменников:

Изучение конструкции и принципов работы рекуперативных и регенеративных теплообменников.

Понимание особенностей применения различных типов теплообменников в газотурбинных установках и двигателях.

Экологическое сознание:

Формирование понимания важности энергоэффективности и экологичности при проектировании и эксплуатации теплообменных аппаратов.

Студенты, освоившие дисциплину «Теплообменные аппараты энергоустановок», должны обладать следующими знаниями, умениями и навыками:

Знания:

Основы теплообмена:

Знать физические основы процессов теплообмена (конвективный, лучистый, молекулярный перенос тепла).

Понимать принципы классификации теплообменных аппаратов и области их применения.

Конструкции теплообменников:

Знать устройство и принцип работы рекуперативных и регенеративных теплообменников.

Понимать конструктивные особенности различных типов теплообменников (регенеративные, рекуперативные, смесительные).

Поверхности теплообмена:

Знать виды поверхностей теплообмена (гладкотрубные, оребрённые, гофрированные) и их влияние на эффективность теплообмена.
Понимать факторы, влияющие на эффективность теплообмена и способы её увеличения.
Расчёт теплообменных аппаратов:
Знать основные теплогидравлические характеристики теплообменных аппаратов (коэффициенты теплопередачи и гидравлического сопротивления).
Понимать, как выбрать подходящий теплообменник для конкретной ситуации.
Надёжность и долговечность:
Знать основные показатели надежности теплообменных аппаратов и факторы, влияющие на их долговечность.
Понимать методы оценки и прогнозирования ресурса теплообменных аппаратов.
Энергетическое применение:
Понимать роль теплообменных аппаратов в энергетике, теплоснабжении и транспорте.
Знать назначение основных элементов теплообменных устройств в газотурбинных установках и двигателях.
Умения:
Проектирование и выбор теплообменников:
Уметь подбирать подходящий тип теплообменника для конкретных условий эксплуатации.
Уметь проводить расчёт и анализ теплообменных аппаратов с учетом теплогидравлических характеристик.
Анализ и диагностика:
Уметь оценивать эффективность и надежность теплообменных аппаратов.
Уметь анализировать потери и пути их минимизации.
Эксплуатация и обслуживание:
Уметь обеспечить надежную и эффективную эксплуатацию теплообменных аппаратов.
Уметь диагностировать возможные проблемы и нарушения в работе теплообменных аппаратов.
Решение практических задач:
Уметь применять полученные знания для проектирования, расчёта и эксплуатации теплообменных аппаратов в реальных проектах.
Навыки:
Практические навыки:
Навыки расчёта теплообменных аппаратов и анализа их характеристик.
Навыки выбора теплообменников для конкретных задач и условий эксплуатации.
Технические навыки:
Владение методами расчёта теплогидравлических характеристик теплообменных аппаратов.
Наличие навыков работы с различной технической литературой и справочниками.
Аналитические навыки:
Способность анализировать и оценивать эффективность теплообменных аппаратов.
Навыки формулировки выводов и рекомендаций по улучшению характеристик теплообменных аппаратов.

Обучение по дисциплине направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-3. Способен к проведению исследований в области проектирования	ИПК-3.1. Применяет знания основ проведения исследований в области проектирования энергетических установок ИПК-3.2.

энергоустановок	Умеет применять и анализировать результаты, полученные при проведении исследований для проектирования энергоустановок ИПК-3.3. Владеет навыками проведения исследований и проектирования энергетических установок на основе анализа результатов исследовательской работы

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в часть блока Б.1, формируемую участниками образовательных отношений, подраздел Б1.2.4.

Для изучения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, формируемые при изучении таких дисциплин, как Термодинамика для энергетических машин, Физика, Линейная алгебра, Математический анализ, Инженерная механика в энергетическом машиностроении, Сопротивление материалов.

Знания, умения, навыки, сформированные данной дисциплиной, будут востребованы при изучении таких дисциплин как: Виброакустика на транспорте и в энергетике, Проектирование тепловых двигателей для транспорта и малой энергетики, а также при прохождении практики, подготовке к процедуре защиты и защите выпускной квалификационной работы.

3. Структура и содержание дисциплины

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

3.1. Виды учебной работы и трудоемкость

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры
			6
1	Аудиторные занятия	36	36
	В том числе:	–	–
	Лекции	18	18
	Семинарские/практические занятия	18	18
	Лабораторные занятия	–	–
2	Самостоятельная работа	36	36
3	Промежуточная аттестация	–	–
	Зачет/диф.зачет/экзамен	Зачет	Зачет
	Итого	72	72

3.2. Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Всего	Аудиторная работа	Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1		8	4	2	2	–	4
2		8	4	2	2	–	4
3		8	4	2	2	–	4
4		8	4	2	2	–	4
5		8	4	2	2	–	4
6		8	4	2	2	–	4
7		8	4	2	2	–	4
8		8	4	2	2	–	4
9		8	4	2	2	–	4
	Итого:	72	36	18	18	–	36

3.3. Содержание дисциплины

Лекция 1. Введение в теплообменные аппараты
Основные схемы и типы газотурбинных установок (ГТУ) и газотурбинных двигателей (ГТД).
Применение теплообменных аппаратов в энергетике, теплоснабжении и транспорте.
Назначение основных элементов теплообменных устройств в ГТУ и ГТД.

Лекция 2. Классификация теплообменников
Принципы классификации теплообменных аппаратов.
Основные типы теплообменников: регенеративные, рекуперативные, смесительные.
Область применения различных видов теплообменников.

Лекция 3. Характеристики теплообменников
Основные характеристики теплообменных аппаратов.
Материалоёмкость, габариты и масса теплообменников.
Эффективность и показатели надежности теплообменных аппаратов.

Лекция 4. Поверхности теплообмена
Понятие поверхности теплообмена и ее назначение.
Виды поверхностей теплообмена: гладкотрубные, оребрённые, гофрированные.
Факторы, влияющие на эффективность теплообмена.

Лекция 5. Теплогидравлические характеристики
Основные теплогидравлические характеристики поверхностей теплообмена.
Коэффициенты теплопередачи и гидравлического сопротивления.
Способы улучшения теплогидравлических характеристик.

Лекция 6. Основные процессы в теплообменных аппаратах
Физические основы процессов теплообмена.
Конвективный, лучистый и молекулярный перенос тепла.

Особенности теплообмена в теплообменных аппаратах.

Лекция 7. Надёжность теплообменных аппаратов
Основные показатели надежности теплообменных аппаратов.
Факторы, влияющие на долговечность и ресурс теплообменных аппаратов.
Методы оценки и прогнозирования надежности.

Лекция 8. Рекуперативные теплообменники
Конструкция и принцип работы рекуперативных теплообменников.
Теплообмен в рекуперативных аппаратах.
Применение рекуперативных теплообменников в ГТУ и ГТД.

Лекция 9. Регенеративные теплообменники
Конструкция и принцип работы регенеративных теплообменников.
Особенности регенерации тепла в теплообменных аппаратах.
Применение регенеративных теплообменников в энергетических установках.

В связи с проведением лекций в дистанционном формате и с целью повышения эффективности усвоения учебного материала, студенты должны вести рукописный конспект лекций во время всех дистанционных лекций.
Конспект должен быть оформлен в соответствии с требованиями кафедры, включая:

- Дату проведения лекции.
- Тему лекции.
- Основные тезисы и определения.
- Схемы, графики, формулы и другие визуальные материалы, представленные на лекции.
- Личные комментарии и вопросы, возникшие в ходе лекции.

Конспект должен быть аккуратным, понятным и легко читаемым.
Наличие рукописного конспекта лекций является обязательным условием для допуска к промежуточной аттестации.
Студенты, не предоставившие конспекты лекций, не будут допущены к промежуточной аттестации.
В течение семестра профессорско-преподавательский состав должен не менее двух раз (в период текущего контроля успеваемости) проводить проверку конспектов лекций.
Итоговые конспекты лекций должны быть предоставлены на проверку не позднее, чем за неделю до начала зачётно-экзаменационной сессии.

3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

Практическое занятие №1. Введение в теплообменные аппараты
Цель: Ознакомление с основными типами теплообменных аппаратов и областью их применения.
Задания:
Составление списка теплообменных аппаратов, используемых в энергетике и транспорте.
Определение назначения основных элементов теплообменных устройств.
Сравнение основных схем газотурбинных установок (ГТУ) и газотурбинных двигателей (ГТД).

Практическое занятие №2. Классификация теплообменников
Цель: Изучение классификации теплообменных аппаратов.
Задания:
Заполнение таблицы с классификацией теплообменников по различным признакам.

Сопоставление достоинств и недостатков различных типов теплообменников.
Подбор теплообменного аппарата для заданных условий эксплуатации.

Практическое занятие №3. Характеристики теплообменников
Цель: Изучение основных характеристик теплообменных аппаратов.
Задания:
Расчёт материальных показателей (материалоемкость, габариты, масса) теплообменников.
Определение эффективности и показателей надежности теплообменных аппаратов.
Анализ влияния различных факторов на характеристики теплообменников.

Практическое занятие №4. Поверхности теплообмена
Цель: Изучение различных видов поверхностей теплообмена.
Задания:
Определение понятия поверхности теплообмена и её назначения.
Изучение и анализ различных видов поверхностей теплообмена (гладкотрубные, оребрённые, гофрированные).
Оценка факторов, влияющих на эффективность теплообмена.

Практическое занятие №5. Теплогидравлические характеристики
Цель: Изучение теплогидравлических характеристик теплообменных аппаратов.
Задания:
Расчёт коэффициентов теплопередачи и гидравлического сопротивления.
Оценка теплогидравлических характеристик поверхностей теплообмена.
Изучение методов улучшения теплогидравлических характеристик.

Практическое занятие №6. Основные процессы в теплообменных аппаратах
Цель: Изучение физических основ процессов теплообмена.
Задания:
Изучение механизмов переноса тепла (конвективный, лучистый, молекулярный).
Анализ особенностей теплообмена в теплообменных аппаратах.
Определение параметров процессов теплообмена в различных теплообменных аппаратах.

Практическое занятие №7. Надёжность теплообменных аппаратов
Цель: Изучение факторов, влияющих на надежность теплообменных аппаратов.
Задания:
Определение основных показателей надежности теплообменных аппаратов.
Анализ факторов, влияющих на долговечность и ресурс теплообменных аппаратов.
Изучение методов оценки и прогнозирования надежности теплообменных аппаратов.

Практическое занятие №8. Рекуперативные теплообменники
Цель: Изучение конструкции и принципа работы рекуперативных теплообменников.
Задания:
Изучение конструкции рекуперативных теплообменников.
Анализ процесса теплообмена в рекуперативных аппаратах.
Обоснование применения рекуперативных теплообменников в ГТУ и ГТД.

Практическое занятие №9. Регенеративные теплообменники
Цель: Изучение конструкции и принципа работы регенеративных теплообменников.
Задания:
Изучение конструкции регенеративных теплообменников.
Анализ особенностей регенерации тепла в теплообменных аппаратах.
Обоснование применения регенеративных теплообменников в энергетических установках.

3.4.2. Лабораторные занятия

Лабораторные работы по дисциплине не предусмотрены.

3.5. Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Курсовой проект (курсовая работа) по дисциплине не предусмотрены

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1. Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 25.101-83
«Расчёты и испытания на прочность. Методы расчёта и испытаний на усталостную прочность»
Используется для оценки долговечности и усталостной прочности деталей ГТД, а также для правильного выбора материалов и расчётных параметров.

2. ГОСТ 25.504-82
«Расчёты и испытания на прочность. Методы расчёта на прочность лопаток паровых и газовых турбин»
Важен для расчёта прочности лопаток газотурбинных двигателей, поскольку именно эта часть испытывает наибольшее воздействие термических и механических нагрузок.

3. ГОСТ 25.502-80
«Расчёты и испытания на прочность. Методы испытаний на ползучесть и длительную прочность»
Необходимо для изучения и учёта эффектов ползучести, длительного нагружения и установления долговременной прочности материалов ГТД.

4. ГОСТ 25.503-97
«Расчёты и испытания на прочность. Методы испытаний на статическую прочность»
Помогает освоить правильные методы испытаний на статическую прочность деталей и узлов ГТД, что крайне важно для безопасной эксплуатации.

5. ГОСТ 25.505-80
«Расчёты и испытания на прочность. Методы испытаний на релаксацию напряжений»
Рекомендуется для глубокого понимания процесса релаксации напряжений, возникающего в деталях ГТД при длительном воздействии нагрузок.

6. ГОСТ 25.506-85
«Расчёты и испытания на прочность. Методы расчёта и испытаний на вибропрочность»
Обязателен для студентов, изучающих динамику и вибростойкость элементов газотурбинных двигателей, таких как лопатки и диски.

7. ГОСТ 25.507-85
«Расчёты и испытания на прочность. Методы испытания на многократную изгибающую усталость»
Особенно важен для расчёта элементов, подверженных циклическим нагрузкам, таким как лопатки компрессора и турбины.

8. ГОСТ 25.508-94
«Расчёты и испытания на прочность. Методы испытаний на усталостную прочность при пульсирующем растяжении»

Будет полезен при изучении вопроса долговечности элементов ГТД, испытывающих пульсирующее растягивающее усилие.

9. ГОСТ 25.509-85
«Расчёты и испытания на прочность. Методы испытаний на выносливость при повторно-статическом нагружении»
Является полезным документом для изучения вопросов, связанных с усталостью и пределом выносливости элементов газотурбинных двигателей.

10. ГОСТ 25.501-97
«Расчёты и испытания на прочность. Методы расчёта и испытаний на растяжение»
Используется для изучения методов расчёта и проведения испытаний на растяжение материалов, применяемых в производстве деталей ГТД.

4.2. Основная литература

1. Математические модели потоков в лопаточных машинах двигателей и агрегатов летательных аппаратов : учебное пособие / А. Б. Прокофьев, В. Н. Матвеев, О. В. Батурин [и др.]. — Самара : Самарский университет, 2021. — 200 с. — ISBN 978-5-7883-1659-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/256937
2. Малоразмерные авиационные газотурбинные двигатели/ В. А. Григорьев, В. С. Кузьмичев, В. А. Зрелов [и др.] ; под редакцией В. А. Григорьева, А. И. Ланшина. — Самара : Самарский университет, 2021. — 436 с. — ISBN 978-5-7883-1587-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/257072
3. Конструирование двигателей внутреннего сгорания : учебник / под редакцией Н. Д. Чайнова. — 3-е изд. — Москва : Машиностроение, 2023. — 496 с. — ISBN 978-5-907523-24-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/307301

4.3. Дополнительная литература

1. Малоразмерные авиационные газотурбинные двигатели : учебное пособие / В. А. Григорьев, В. С. Кузьмичев, В. А. Зрелов [и др.] ; под редакцией В. А. Григорьева, А. И. Ланшина. — 2-е изд., доп. — Самара : Самарский университет, 2022. — 452 с. — ISBN 978-5-7883-1715-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/336593
2. Батурин, О. В. Основные сведения о турбомашинах и их применении в современной технике : учебное пособие / О. В. Батурин, В. Н. Матвеев, Г. М. Попов. — Самара : Самарский университет, 2020. — 108 с. — ISBN 978-5-7883-1578-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/188956
3. Надежность авиационной техники : методические указания / составитель И. В. Любимов. — Санкт-Петербург : СПБГУ ГА им. А.А. Новикова, 2022. — 21 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/297245

4.4. Электронные образовательные ресурсы

Теплообменные аппараты энергоустановок
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=11371

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.

Текущий контроль успеваемости в процессе изучения дисциплины может проводиться по усмотрению преподавателя в форме устного собеседования или посредством прохождения тестов, размещённых в соответствующем онлайн-курсе системы дистанционного обучения Московского Политеха.

Если текущий контроль проходит в формате тестирования, то для теста характерны следующие особенности:

Объем теста- 20 тестовых заданий.

Тест имеет ограничение по времени – 25 мин. По истечении времени, вносить изменения в тест будет невозможно.

По окончанию всего теста выдается информация о том, зачтен тест или нет.

При оценке текущей успеваемости с использованием устного собеседования рекомендуются следующие критерии:

1. Знание теории (40%)

Понимание основных понятий, терминологии и закономерностей дисциплины
Способность воспроизводить и объяснять ключевые положения

2. Практические навыки (35%)
Умение применять теоретические знания для решения типовых задач
Анализ и интерпретация результатов

3. Аргументация и качество ответов (15%)
Логичность, полнота и ясность изложения
Обоснование своих решений и выводов

4. Активность и самостоятельность (10%)
Участие в обсуждениях, выполнение дополнительных заданий
Проявление инициативы в обучении

Шкала оценивания (в процентах и по пятибалльной системе)

Процент выполнения	Оценка (5-балльная)	Характеристика результата
90–100%	5 (отлично)	Отличное знание материала, высокая активность
75–89%	4 (хорошо)	Хорошее усвоение материала, незначительные недочеты
60–74%	3 (удовлетворительно)	Базовое понимание, требуется доработка отдельных вопросов
Ниже 60%	2 (неудовлетворительно)	Недостаточный уровень знаний и навыков

Для допуска к промежуточной аттестации студент должен иметь оценку не ниже «удовлетворительно» (3) по результатам текущего контроля.

В случае неудовлетворительной оценки студенту рекомендуется дополнительная подготовка и повторное прохождение контроля до установленного срока.

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

Форма аттестации: Зачёт
Система оценивания: При проведении промежуточной аттестации по дисциплине используется недифференцированная шкала оценки уровня сформированности компетенций:

Оценка	Описание уровня освоения дисциплины
Зачтено	Студент продемонстрировал достаточный уровень знаний и умений, необходимых для

Оценка	Описание уровня освоения дисциплины
	формирования компетенций по дисциплине. Ответы соответствуют требованиям программы, допускаются незначительные огрехи, не влияющие на общее понимание материала.
Не зачтено	Студент не продемонстрировал достаточного уровня знаний и умений, допущены существенные ошибки, отсутствует понимание ключевых понятий и/или неспособность применять знания на практике.

Критерии оценивания зачёта

Критерий	Зачтено	Не зачтено
Знание основных понятий	Студент уверенно отвечает на вопросы, демонстрируя знание ключевых понятий и терминов дисциплины	Ответы неполные, существенные пробелы в знании основных понятий
Умение применять знания	Студент способен решать типовые задачи и применять теоретические знания на практике	Студент не способен применять знания, допускает ошибки при решении практических задач
Аргументация и обоснование	Ответы логичны и обоснованы, студент может объяснить свои решения	Отсутствует логика и обоснование в ответах, ответы поверхностны или неполны
Общее впечатление	Ответы соответствуют требованиям программы, студент демонстрирует сформированность компетенций	Ответы не соответствуют требованиям, уровень подготовки недостаточен

7.3. Оценочные средства

Лекция 1. Введение в теплообменные аппараты
Какие основные типы газотурбинных установок (ГТУ) и газотурбинных двигателей (ГТД) используются в энергетике?
Какие теплообменные аппараты применяются в энергетике, теплоснабжении и транспорте?
Назовите основные элементы теплообменных устройств, применяемых в ГТУ и ГТД.

Лекция 2. Классификация теплообменников
По каким признакам классифицируются теплообменные аппараты?
Какие основные типы теплообменников существуют (регенеративные, рекуперативные, смесительные)?
В каких областях применяются различные виды теплообменников?

Лекция 3. Характеристики теплообменников
Какие основные характеристики имеют теплообменные аппараты?
Что такое материалоёмкость, габариты и масса теплообменника?
Какие показатели надежности важны для теплообменных аппаратов?

Лекция 4. Поверхности теплообмена
Что такое поверхность теплообмена и каково её назначение?
Какие виды поверхностей теплообмена существуют (гладкотрубные, оребрённые, гофрированные)?
Какие факторы влияют на эффективность теплообмена?

Лекция 5. Теплогидравлические характеристики
Какие основные теплогидравлические характеристики поверхностей теплообмена?
Что такое коэффициенты теплопередачи и гидравлического сопротивления?
Какие существуют способы улучшения теплогидравлических характеристик?

Лекция 6. Основные процессы в теплообменных аппаратах
Какие физические основы лежат в основе процессов теплообмена?
Чем отличаются конвективный, лучистый и молекулярный перенос тепла?
Какие особенности теплообмена характерны для теплообменных аппаратов?

Лекция 7. Надёжность теплообменных аппаратов
Какие основные показатели надежности теплообменных аппаратов?
Какие факторы влияют на долговечность и ресурс теплообменных аппаратов?
Какие методы применяются для оценки и прогнозирования надежности теплообменных аппаратов?

Лекция 8. Рекуперативные теплообменники
Как устроены и как работают рекуперативные теплообменники?
Как происходит теплообмен в рекуперативных аппаратах?
Где применяются рекуперативные теплообменники в ГТУ и ГТД?

Лекция 9. Регенеративные теплообменники
Как устроены и как работают регенеративные теплообменники?
В чём особенности регенерации тепла в регенеративных теплообменниках?
Каково назначение регенеративных теплообменников в энергетических установках?

Общие вопросы

ГТУ и ГТД в энергетике, теплоснабжении, на транспорте

Схемы ГТУ, назначение основных элементов

Особенности использования ГТУ в качестве энергетической установки транспортного средства (преимущества и недостатки по сравнению с поршневыми двигателями)

Карнотизация цикла Регенерация тепла отработавших газов: тепловые диаграммы циклов ГТУ без теплообменника и с теплообменником

Влияние теплообменника на топливную экономичность, стоимость, срок службы, габариты

Класификация теплообменников по схеме взаимного направления потоков теплоносителей: прямоток, противоток, перекрестный ток, многоходовой

перекрестный ток при общем противоточном движении, зет- и икс-образные схемы

Классификация теплообменников по способу переноса тепла: рекуператоры и регенераторы

Поверхности с пропускной способностью (насадочные поверхности): сетчатая, пористая поверхность теплообмена, насыпная матрица

Поверхности теплообмена Гладкотрубная поверхность теплообмена

Трубчато-ребристая поверхность теплообмена

Пластинчатая поверхность теплообмена

Пластинчато-ребристая поверхность теплообмена

Характеристики поверхностей теплообмена

Гидравлический (эквивалентный) диаметр

Коэффициент фронтового сечения (коэффициент фронта)

Коэффициент компактности

Составляющие потерь давления

Коэффициент компактности

Гидравлическое сопротивление теплообменных аппаратов

Гидравлическое сопротивление матрицы

Получение эффекта от оребрения, ребро минимальной массы

Теплоотдача теплообменных аппаратов поверхностного типа

Использование теория подобия для процессов теплообмена

Средний и местный коэффициенты теплоотдачи

Критерии подобия

Решение внутренней задачи теплообмена с помощью критериальных уравнений

Коэффициент эффективности ребра

Коэффициент эффективности оребренной поверхности, коэффициент теплоотдачи через оребренную поверхность

Влияние загрязнения на теплогидравлические характеристики поверхности теплообмена

Теплогидравлические характеристики типовых поверхностей теплообмена

Влияние свойств теплоносителя на основные показатели теплообменника

Методика расчета дискового вращающегося регенератора Особенности теплогидравлического расчета рекуператоров

Среднеинтегральный температурный напор, его значение при противотоке при равенстве водяных эквивалентов

Эффективность теплообменника Число единиц переноса теплоты

Последовательность расчета рекуператора при прямой задаче

Последовательность расчета рекуператора при обратной задаче
Теплообменные аппараты регенеративного типа
Особенности использования среднеинтегрального температурного напора при расчете
регенератора Дисковые регенераторы
Обобщенные характеристики Основы расчета переходных режимов теплообменника
Технико-экономические требования к теплообменным аппаратам
Характеристики теплообменников
Основы конструирования теплообменников
Конструкция современных теплообменников с неподвижной матрицей: используемые материалы, методы изготовления, примеры выполненных конструкций, соединительные трубопроводы, компоновочные решения
Конструкция современных теплообменников роторного типа: способы уплотнений и обеспечение надежности их работы, привод, используемые материалы и методы изготовления, примеры выполнения конструкций, особенности конструкции теплообменников некоторых фирм