

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»
(РУТ (МИИТ))



Рабочая программа дисциплины (модуля),
как компонент образовательной программы
высшего образования - программы специалитета
по специальности
26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических
установок,
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)
Тимониным В.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Техническая термодинамика и теплопередача

Специальность: 26.05.06 Эксплуатация судовых
энергетических установок

Специализация: Эксплуатация судовых энергетических
установок, включая МАНС

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде
электронного документа выгружена из единой
корпоративной информационной системы управления
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)
ID подписи: 1093451
Подписал: заведующий кафедрой Зябров Владислав
Александрович
Дата: 06.07.2024

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями дисциплины «Техническая термодинамика и теплопередача» являются общепрофессиональное развитие личности обучающегося и подготовка к проектной деятельности и овладение соответствующими компетенциями в рамках задач, решаемых дисциплиной

Задачами освоения дисциплины «Техническая термодинамика и теплопередача» являются:

- формирование знаний об общих законах термодинамики и теплопередача и ознакомлении с методами расчета процессов, происходящих в судовом оборудовании;
- ознакомление обучающихся с термодинамическими явлениями и процессами, встречающимися в энергетических объектах, на основе законов физики и термодинамики;
- освоение и понимание принципов преобразования теплоты в работу, особенностей процессов, связанных с течением упругих жидкостей – истечения, дросселирования, эжектирования и торможения газов и паров;
- формирование у обучающихся представлений о способах передачи теплоты (конвекция, излучение и теплопроводность);
- ознакомление с методами расчёта теплообменных аппаратов.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

ОПК-2 - Способен применять естественнонаучные и общие инженерные знания, аналитические методы в профессиональной деятельности;

ОПК-3 - Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

Уметь:

применять основные законы естественнонаучных дисциплин, связанные в профессиональной деятельности;

обрабатывать экспериментальные данные, интерпретировать и профессионально представлять полученные результаты;

Знать:

основные законы естественнонаучных дисциплин, связанные с профессиональной деятельностью;

способы измерений, записи и хранения результатов наблюдений, методы обработки и представления экспериментальных данных;

Владеть:

навыками применения основных законов естественнонаучных дисциплин, связанные в профессиональной деятельности;

навыками работы с измерительными приборами и инструментами;

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 5 з.е. (180 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №4
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	64	64
В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	32	32

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 116 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

4. Содержание дисциплины (модуля).

4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	<p>Термодинамика. Основные понятия</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <p>Теплота и механическая работа. Понятие энергии. Основные категории и размерности в теплоэнергетике. Газ как рабочее тело теплового двигателя (ТД). Равновесное состояние газа как термодинамической системы. Термодинамическая система. Рабочее тело. Термодинамическое состояние. Параметры состояния и уравнение состояния. Понятие обратимости, равновесные и неравновесные процессы. Смеси рабочих тел. Основные свойства идеальных газов, газовых смесей. Парциальное давление. Закон Дальтона.</p> <p>Теплоемкость. Удельные теплоёмкости и связи между ними.</p>
2	<p>Законы термодинамики</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <p>Закон превращения и сохранения энергии. Внутренняя энергия, теплота и работа как энергетические характеристики термодинамического процесса. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Вычисление работы и её изображение в координатах Р-В.</p> <p>Понятие об энталпии. Первый закон термодинамики для потока. Классические формулировки второго закона термодинамики. Идеальный, регенеративный и эквивалентный термодинамические циклы Карно. Термодинамические процессы и циклы. Общие формулы и положения термодинамических процессов: изохорного, изобарного, изотермического, адиабатного.</p> <p>Политропные процессы и их анализ. Термодинамические циклы. Термодинамический КПД и холодильный коэффициент. Энтропия. Изменение энтропии в необратимых процессах. Пределы применимости второго закона термодинамики. Общие методы анализа термодинамических циклов. Эксергия. Реальные газы и пары. Уравнения состояния реальных газов. Водяной пар и его характерные состояния. Термодинамические процессы изменения состояния водяного пара.</p> <p>Термодинамические таблицы и диаграммы для водяного пара. Термодинамика потоков. Основные уравнения процессов течения упругой жидкости. Истечение из сужающихся сопел. Максимальные значения скорости и расхода. Критическое отношение давлений. Скорость звука. Связь формы канала с характером истечения упругой жидкости. Сопло Лаваля. Дросселирование газов и паров.</p> <p>Техническое применение процесса дросселирования. Рабочий процесс сжатия газов в компрессоре. Индикаторная диаграмма одноступенчатого компрессора. Многоступенчатый компрессор.</p> <p>Экономичность компрессора и методы её повышения.</p>
3	<p>Понятие о термодинамическом цикле</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <p>Понятие о термодинамическом цикле (ТЦ). ТЦ теплового двигателя (ТД) и холодильной установки (ХУ). Коэффициент полезного действия ТД. ТЦ Карно. Теоремы Карно. Необратимость в термодинамических процессах</p> <p>Термодинамический цикл двигателя внутреннего сгорания (ДВС). Термодинамика фазовых переходов.</p> <p>Теоретические циклы паротурбинных установок</p> <p>Зависимость термодинамического КПД цикла Ренкина от его параметров и теплофизических свойств рабочего тела.</p> <p>Теоретические циклы газотурбинных установок.</p> <p>Теоретический цикл поршневого компрессора (без вредного пространства и при его наличии).</p> <p>Фазовые переходы. Условия фазового равновесия. Фазовые переходы. Двухфазные системы.</p> <p>Термодинамические диаграммы состояния вещества.</p> <p>Химическая термодинамика. Закон Гесса. Принцип Ле Шателье.</p> <p>Двигатели Стирлинга, Ванкеля, Баландина.</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
4	<p>Теория теплообмена.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <p>Основные задачи и развитие теории теплообмена. Основные понятия и определения. Теплопроводность. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Расчёт теплопроводности плоских и цилиндрических одно- и многослойных стенок. Теплопроводность тел произвольной формы. Нестационарная теплопроводность. Регулярный режим. Конвекция. Конвективный теплообмен (теплоотдача). Закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи и его методы определения. Уравнение конвективного теплообмена. Краевые и граничные условия. Сущность и методы теории подобия и теплового моделирования. Признаки подобия. Основные критерии гидродинамического и теплового подобия. Теплоотдача при свободной конвекции. Теплоотдача при вынужденной конвекции в трубах и каналах (внутренняя задача). Теплоотдача при обтекании одиночных труб и пучков труб (внешняя задача). Теплоотдача при фазовых переходах: кипении и конденсации. Методы интенсификации процессов конвективного теплообмена. Излучение. Лучистый теплообмен. Основные понятия. Законы теплового излучения Планка, Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгофа, Ламберта. Экранирование. Расчёт лучистого теплообмена между телами с различным расположением теплообменных поверхностей. Теплопередача. Теплопередача через плоские и цилиндрические стенки. Коэффициент теплопередачи и методы его повышения. Эквивалентная стенка. Тепловая изоляция. Критический диаметр изоляции. Интенсификация теплообмена. Турбулизация, оребрение, замена теплоносителей. Основы массообмена. Диффузия. Законы Фика.</p>
5	<p>Теплообменные аппараты</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <p>Виды теплообменников. Основы расчёта теплообменных аппаратов. Средний температурный напор. Основы моделирования теплообменных аппаратов и теплообменных устройств. Основы расчета теплообменных аппаратов. Топливо и основы горения.</p> <p>Теплогенерирующие устройства.</p> <p>Обратный цикл Карно. Цикл воздушной холодильной установки. Цикл компрессионной холодильной установки. Абсорбционная холодильная установка. Принцип работы теплового насоса. Холодильный коэффициент и методы его повышения.</p>
6	<p>Основы энергосбережения</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <p>Применение теплоты в отрасли.</p> <p>Охрана окружающей среды. Тепловые загрязнения и борьба с ними. Основы энергосбережения. Внедрение современных технологий. Вторичные энергетические ресурсы. Турбогенераторы на низкокипящем рабочем теле.</p>

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	<p>Уравнение состояния газа</p> <p>В результате работы на практическом занятии студент изучает уравнение состояния газа</p>
2	<p>Исследование термодинамических свойств атмосферного воздуха</p> <p>В результате работы на практическом занятии студент изучает термодинамические свойства атмосферного воздуха</p>
3	<p>Исследование изменения параметров состояния идеального газа в процессе при неизменной температуре</p>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	В результате работы на практическом занятии студент изучает изменения параметров состояния идеального газа в процессе при неизменной температуре
4	Измерение относительной влажности воздуха В результате работы на практическом занятии студент приобретает навык измерения относительной влажности воздуха
5	Исследование смеси идеальных газов В результате работы на практическом занятии студент изучает смеси идеальных газов
6	Графическое и аналитическое исследование теплоемкостей В результате работы на практическом занятии студент изучает графическое и аналитическое исследование теплоемкостей
7	Исследование возрастания энтропии в необратимых процессах В результате работы на практическом занятии студент изучает возрастание энтропии в необратимых процессах
8	Измерение удельной теплоты плавления льда В результате работы на практическом занятии студент проводит измерение удельной теплоты плавления льда
9	Определение коэффициента теплопередачи при движении жидкости в трубе при различных скоростях течения В результате работы на практическом занятии студент проводит экспериментальное построение зависимости коэффициента теплоотдачи от скорости течения жидкости в трубе.
10	Закон Кирхгофа. Наблюдение сплошного и линейчатых спектров В результате работы на практическом занятии студент изучает закон Кирхгофа
11	Изучение зависимости интенсивности потока теплового излучения от расстояния до источника излучения. В результате работы на практическом занятии студент проводит измерение интенсивности светового потока в зависимости от расстояния между источником излучения и датчиком освещённости.
12	Определение коэффициента отражения поверхностей различного типа В результате работы на практическом занятии студент проводит экспериментальное определение коэффициента отражения поверхностей различного типа
13	Закон трения Ньютона. Определение коэффициента динамической вязкости В результате работы на практическом занятии студент изучает закон трения Ньютона и учится определять коэффициент динамической вязкости
14	Определение передаваемой тепловой мощности теплообменника В результате работы на практическом занятии студент проводит: - изучение влияния направления движения теплоносителя на передаваемую мощность и коэффициент теплопередачи теплообменника типа «труба в трубе». - изучение влияния направления движения теплоносителя на передаваемую мощность и коэффициент теплопередачи кожухотрубного теплообменника. - изучение влияния расхода теплоносителя на передаваемую мощность и коэффициент теплопередачи воздушно-водяного теплообменника.
15	Определение КПД теплообменника В результате работы на практическом занятии студент проводит: - изучение коэффициента полезного действия теплообменника типа «труба в трубе» при прямотоке. - изучение коэффициента полезного действия теплообменника типа «труба в трубе» при противотоке. - изучение коэффициента полезного действия кожухотрубного теплообменника. - изучение коэффициента полезного действия проточного нагревателя.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
16	Сглаживание экспериментальных зависимостей по методу наименьших квадратов В результате работы на практическом занятии студент изучает сглаживание экспериментальных зависимостей по методу наименьших квадратов

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к практическим занятиям
2	Работа с лекционным материалом, литературой
3	Выполнение курсовой работы.
4	Подготовка к промежуточной аттестации.
5	Подготовка к текущему контролю.

4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

Расчёт водо-водяного теплообменного аппарата судового двигателя внутреннего сгорания мощностью 100 кВт.

Расчёт водо-масляного теплообменного аппарата масла или воздуха судового двигателя внутреннего сгорания мощностью 200 кВт.

Расчёт водо-воздушного теплообменного аппарата охлаждаемой жидкости, масла или воздуха судового двигателя внутреннего сгорания мощностью 300 кВт.

Расчёт водо-водяного теплообменного аппарата судового двигателя внутреннего сгорания мощностью 400 кВт.

Расчёт водо-масляного теплообменного аппарата масла или воздуха судового двигателя внутреннего сгорания мощностью 500 кВт.

Расчёт водо-воздушного теплообменного аппарата охлаждаемой жидкости, масла или воздуха судового двигателя внутреннего сгорания мощностью 600 кВт.

Расчёт водо-водяного теплообменного аппарата судового двигателя внутреннего сгорания мощностью 700 кВт.

Расчёт водо-масляного теплообменного аппарата масла или воздуха судового двигателя внутреннего сгорания мощностью 800 кВт.

Расчёт водо-воздушного теплообменного аппарата охлаждаемой жидкости, масла или воздуха судового двигателя внутреннего сгорания мощностью 900 кВт.

Расчёт водо-водяного теплообменного аппарата судового двигателя внутреннего сгорания мощностью 1000 кВт.

Расчёт водо-масляного теплообменного аппарата масла или воздуха судового двигателя внутреннего сгорания мощностью 1200 кВт.

Расчёт водо-воздушного теплообменного аппарата охлаждаемой жидкости, масла или воздуха судового двигателя внутреннего сгорания мощностью 1300 кВт.

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Семенов, Ю. П. Теплотехника : учебник / Ю. П. Семенов, А. Б. Левин. — 2-е изд. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 400 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/7972. - ISBN 978-5-16-010104-0. - Текст : электронный.	ЭБС ZNANIUM.COM [https://znanium.com] - URL: https://znanium.com/catalog/product/1939094 . – Режим доступа: по подписке.
2	Епифанов, В.С. Техническая термодинамика и теплопередача [Электронный ресурс] / В.С. Епифанов, А.М. Степанов. - Москва : Альтаир-МГАВТ, 2015. - 64 с. - Текст : электронный.	ЭБС ZNANIUM.COM [https://znanium.com] - URL: https://znanium.com/catalog/product/522654
3	Кудинов, В. А. Теплотехника: Учебное пособие / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2019. - 424 с.: ил.; - (Высшее образование). - ISBN 978-5-905554-80-3. - Текст : электронный.	ЭБС ZNANIUM.COM [https://znanium.com] - URL: https://znanium.com/catalog/product/977184 . – Режим доступа: по подписке.
4	Епифанов, В. С. Техническая термодинамика и теплопередача [Электронный ресурс] : методические рекомендации / В. С. Епифанов. - Москва : Альтаир-МГАВТ, 2013. - 40 с. - Текст : электронный.	ЭБС ZNANIUM.COM [https://znanium.com] - URL: https://znanium.com/catalog/product/458767
5	Епифанов, В. С. Теплотехника. Сборник контрольных заданий [Электронный ресурс] / В. С. Епифанов. - Москва : МГАВТ, 2008. - 63 с., 17 ил., 10 табл. - Текст : электронный.	ЭБС ZNANIUM.COM [https://znanium.com] - URL: https://znanium.com/catalog/product/403786

6	Д.А. Попов Техническая термодинамика и теплопередача. Учебно-методическое пособие к курсовой работе. – М.: РУТ (МИИТ), 2025 – 54 стр.	ЭБС НТБ РУТ (МИИТ) https://library.miit.ru/bookscatalog/2024/TTiT.pdf
---	---	---

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Официальный сайт РУТ (МИИТ) (<https://www.miit.ru/>);

Официальный сайт Минтранса России (<https://mintrans.gov.ru/>);

Электронно-библиотечная система "ZNANIUM.COM"
<https://znanium.com>

Справочная правовая система «Консультант Плюс»
<http://www.consultant.ru>

Сайт Научно-технической библиотеки РУТ (МИИТ) <http://library.miit.ru>

Сайт Российской государственной библиотеки <http://www.rsl.ru>

Сайт Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>

ФАУ Российское Классификационное Общество <https://rfclass.ru>

Сайт Государственной публичной научно-технической библиотеки России <http://www.gpntb.ru>

Российский морской регистр судоходства <http://www.rs-class.org/ru/>

Сайт Всероссийского института научной и технической информации Российской академии наук (ВИНИТИ РАН) <http://www.viniti.ru>

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Операционная система (Полная лицензионная версия)

Офисный пакет приложений Office (Word, Excel, PowerPoint) (Полная лицензионная версия)

Система автоматизированного проектирования Компас

ПО к тренажеру судовой энергетической установки Medium Speed Engine Room (MSER)

ПО к тренажеру машинного отделения ERT 6000

ПО к тренажеру машинного отделения ERS 5000

Комплект мультимедийных обучающих модулей и мультимедийных тренажерных программ UNITEST

Специализированная программа для совместной работы ПК с лабораторным стендом

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, оснащенные компьютерной техникой и наборами демонстрационного оборудования.

2. Помещения для проведения практических занятий, оснащенные следующим оборудованием: комплекс учебных стендов судовых тепловых двигателей, деталей ДВС, вспомогательных механизмов и их элементов, специализированные учебные комплексы судового оборудования, набор контрольно-измерительных приборов.

9. Форма промежуточной аттестации:

Курсовая работа в 4 семестре.

Экзамен в 4 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

старший преподаватель кафедры
«Судовые энергетические
установки, электрооборудование
судов и автоматизация» Академии
водного транспорта

Д.А. Попов

Согласовано:

Заведующий кафедрой СЭУ

В.А. Зябров

Председатель учебно-методической
комиссии

А.А. Гузенко