

**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

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: 14.03.2024

## 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 термодинамика 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 общеинженерные 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. Смесей 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 P-V.</p> <p>Понятие об энтальпии. 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. 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.</p> <p>Реальные газы и пары. Уравнения состояния реальных газов. Водяной пар и его характерные состояния. Термодинамические процессы изменения состояния водяного пара. Термодинамические таблицы и диаграммы для водяного пара. Термодинамика потоков. Основные уравнения процессов течения упругой жидкости. Истечение из сужающих сопел. Максимальные значения скорости и расхода. Критическое отношение давлений. Скорость звука. Связь формы канала с характером истечения упругой жидкости. Сопло Лавала. Дросселирование газов и паров. Техническое применение процесса дросселирования. Рабочий процесс сжатия газов в компрессоре. Индикаторная диаграмма одноступенчатого компрессора. Многоступенчатый компрессор. 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>
4	<p>Теория теплообмена.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<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 пограничные 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><b>Теплообменные аппараты</b> Рассматриваемые вопросы: Виды теплообменников. Основы расчёта теплообменных аппаратов. Средний температурный напор. Основы моделирования теплообменных аппаратов и теплообменных устройств. Основы расчета теплообменных аппаратов. Топливо и основы горения. Теплогенерирующие устройства. 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><b>Основы энергосбережения</b> Рассматриваемые вопросы: Применение теплоты в отрасли. 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><b>Уравнение состояния газа</b> В результате работы на практическом занятии студент изучает уравнение состояния газа</p>
2	<p><b>Исследование термодинамических свойств атмосферного воздуха</b> В результате работы на практическом занятии студент изучает термодинамические свойства атмосферного воздуха</p>
3	<p><b>Исследование изменения параметров состояния идеального газа в процессе при неизменной температуре</b> В результате работы на практическом занятии студент изучает изменения параметров состояния идеального газа в процессе при неизменной температуре</p>
4	<p><b>Измерение относительной влажности воздуха</b></p>

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	В результате работы на практическом занятии студент приобретает навык измерения относительной влажности воздуха
5	Изучение работы холодильника и определение его характеристик В результате работы на практическом занятии студент изучает работу холодильника и учится определять его характеристики
6	Исследование смеси идеальных газов В результате работы на практическом занятии студент изучает смеси идеальных газов
7	Графическое и аналитическое исследование теплоемкостей В результате работы на практическом занятии студент изучает графическое и аналитическое исследование теплоемкостей
8	Исследование возрастания энтропии в необратимых процессах В результате работы на практическом занятии студент изучает возрастание энтропии в необратимых процессах
9	Расчёт и конструирование сопла Лавалья В результате работы на практическом занятии студент приобретает навык расчёта и конструирования сопла Лавалья
10	Измерение удельной теплоты плавления льда В результате работы на практическом занятии студент проводит измерение удельной теплоты плавления льда
11	Изучение спектральных характеристик излучения газов В результате работы на практическом занятии студент изучает спектральные характеристики излучения газов
12	Закон Кирхгофа. Наблюдение сплошного и линейчатых спектров В результате работы на практическом занятии студент изучает закон Кирхгофа
13	Закон смещения Вина В результате работы на практическом занятии студент изучает закон смещения Вина
14	Закон трения Ньютона. Определение коэффициента динамической вязкости В результате работы на практическом занятии студент изучает закон трения Ньютона и учится определять коэффициент динамической вязкости
15	Термоэлектрические измерители температуры (термопары). В результате работы на практическом занятии студент изучает термоэлектрические измерители температуры (термопары).
16	Термометры сопротивления В результате работы на практическом занятии студент изучает термометры сопротивления
17	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.

#### 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, 2019. — 400 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). -	ЭБС ZNANIUM.COM [ <a href="https://znanium.com">https://znanium.com</a> ] - URL: <a href="https://znanium.com/catalog/product/1014755">https://znanium.com/catalog/product/1014755</a> . - Режим доступа: по подписке.

	ISBN 978-5-16-010104-0. - Текст : электронный.	
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	Епифанов, В. С. Термодинамика / В. С. Епифанов, А. М. Степанов. - Москва : Альтаир-МГАВТ, 2015. - 88 с. - Текст : электронный.	ЭБС ZNANIUM.COM [https://znanium.com] - URL: https://znanium.com/catalog/product/522648. – 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	Епифанов, В.С. Решение задач по термодинамике : учебно-методическое пособие / В.С. Епифанов. - Москва : МГАВТ, 2002. - 132 с. - Текст : электронный.	ЭБС ZNANIUM.COM [https://znanium.com] - URL: https://znanium.com/catalog/product/400264. – Режим доступа: по подписке.
7	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.

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>

Международная реферативная база данных научных изданий «Web of science» <https://clarivate.com/products/web-of-science/databases/>

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

Российский Речной Регистр <http://www.rivreg.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).

1. Операционная система Microsoft Windows 7 (Полная лицензионная версия);

2. Офисный пакет приложений MS Office 2010 (Word, Excel, PowerPoint) (Полная лицензионная версия);

3. Система автоматизированного проектирования Autocad

4. Система автоматизированного проектирования Компас

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

Для проведения аудиторных занятий по дисциплине используется аудитория с мультимедийным оборудованием: проектор, экран, персональный компьютер/ноутбук.

Помещение для проведения практических занятий, оснащенные следующим оборудованием

Стенд для определения коэффициента теплопроводности материала методом пластины.

Стенд для определения коэффициента теплоотдачи пластины методом регуляторного режима.

Стенд для определения коэффициента теплоотдачи при вынужденном движении воздуха в трубе.

Стенд для определения коэффициента теплоотдачи горизонтального цилиндра при естественной конвекции в условиях сложного теплообмена.

Стенд для исследования теплоотдачи через втулку цилиндра дизеля при набросе нагрузки и краевых условиях 3-го рода.

Барометр

Термометр

Гигрометр

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  
Председатель учебно-методической  
комиссии

В.А. Зябров

А.А. Гузенко