

**Компонент ОПОП 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок  
специализация Техническое обслуживание и ремонт судовых энергетических установок**

**Б1.О.18**  
шифр дисциплины

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**Дисциплины  
(модуля)**

**Техническая термодинамика и теплопередача**

---

Разработчик:

Петров А.И.

ФИО

доцент

должность

канд. техн. наук, доцент

ученая степень, звание

Утверждено на заседании кафедры

Судовых энергетических установок и  
судоремонта

наименование кафедры

протокол № 09 от 27 марта 2024 г.

Заведующий кафедрой

СЭУ и С



Сергеев К.О.

подпись

ФИО

**Мурманск  
2024**

## Пояснительная записка

Объем дисциплины **4 з.е.**

- 1. Результаты обучения по дисциплине**, соотнесенные с индикаторами достижения компетенций, установленными образовательной программой.

Компетенции	Индикаторы достижения компетенций <sup>1</sup>	Результаты обучения по дисциплине	Соответствие Кодексу ПДНВ
<p>ОПК-2. Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, аналитические методы в профессиональной деятельности</p>	<p>ИД-1. оПК-2. Знает основные законы естественнонаучных дисциплин, связанные с профессиональной деятельностью ИД-2. оПК-2. Владеет навыками применения основных законов естественнонаучных дисциплин, связанные в профессиональной деятельности ИД-3. оПК-2. Умеет применять основные законы естественнонаучных дисциплин, связанные в профессиональной деятельности</p>	<p><b>Знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сферы применения основных законов термодинамики и теплопередачи в технике;</li> <li>- основы термодинамического анализа круговых обратимых и необратимых циклов;</li> <li>- основные законы и способы передачи тепловой энергии и механической работы</li> <li>- физическую сущность преобразования энергий двух типов (тепла и работы), а также условия, при которых эти преобразования наиболее эффективны;</li> <li>- особенности термодинамического метода, исключающего какие-либо гипотезы о строении вещества и учитывающего связь рабочего тела с окружающей средой;</li> <li>- термодинамические свойства рабочих тел;</li> <li>- основы теплового и поверочного расчетов теплообменных аппаратов;</li> <li>- принцип действия и методический материал существующих мультимедийных образовательных устройств для выполнения экспериментальных работ на мобильных смартфонах или персональных компьютерах.</li> </ul>	
<p>ОПК-3. Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные</p>	<p>ИД-1. оПК-3. Знает способы измерений, записи и хранения результатов наблюдений, методы обработки и представления экспериментальных данных ИД-2. оПК-3. Владеет навыками работы с измерительными приборами и инструментами ИД-3. оПК-3. Умеет обрабатывать экспериментальные данные, интерпретировать и профессионально представлять полученные результаты...</p>	<p><b>Уметь:</b></p>	

		<p>- анализировать термодинамические процессы с позиций всеобщего закона сохранения энергии;</p> <p>- рассчитывать параметры термодинамических процессов и эффективность циклов;</p> <p>- управлять работой мультимедийных устройств в процессе выполнения экспериментов.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>- методом исследования круговых процессов;</p> <p>- методом поверочного расчета теплообменных аппаратов;</p> <p>- компьютерными методиками, например, с использованием языка программирования высокого уровня <a href="#">AppGameKit</a>, заложенного в интерактивном лабораторном практикуме, для количественного анализа углекислого газа и определения точки его фазового перехода.</p>	
--	--	--	--

## 2. Содержание дисциплины

**Тема 1.** Основные термодинамические параметры состояния, понятие о системе, процессе, работе, теплоте и равновесии.

**Тема 2.** Уравнения состояния газов (идеальных, реальных и смесей).

**Тема 3.** Первый закон термодинамики, его аналитическое выражение, понятия о внутренней энергии, энтальпии, обратимости и необратимости процессов.

**Тема 4.** Теплоемкость газов, энтропия и тепловая  $T_s$  диаграмма.

**Тема 5.** Основные процессы идеальных газов и анализ политропных процессов.

**Тема 6.** Второй закон термодинамики и его связь с круговыми процессами и циклом Карно, понятия о термическом к. п. д. и холодильном коэффициенте циклов, эксергии, абсолютной термодинамической температуре, математическое выражение закона.

**Тема 7.** Водяной пар и его основные параметры во влажном и сухом состоянии, таблицы и диаграммы насыщенного пара.

**Тема 8.** Основные процессы водяного пара и метод их исследования.

**Тема 9.** Истечение газов и паров с позиции первого закона термодинамики, уравнение для потока, понятие о располагаемой работе при истечении.

**Тема 10.** Адиабатное истечение идеальных газов и анализ уравнения массового расхода, понятия о критических параметрах и скорости, случаи истечения из суживающегося канала и комбинированного сопла Лаваля.

**Тема 11.** Дросселирование газов и паров, уравнение процесса, эффект Джоуля-

Томсона, понятие об инверсии.

**Тема 12.** Влажный воздух и его основные параметры, *i-d* диаграмма.

**Тема 13.** Циклы воздушных компрессоров, понятие о работе сжатия, объемном *k*, *n*, *d* и технической работе компрессора, определение работы на привод.

**Тема 14.** Циклы ДВС и сравнение их термической эффективности.

**Тема 15.** Циклы газотурбинных установок и сравнение их термической эффективности.

**Тема 16.** Циклы паротурбинных установок и сравнение их термической эффективности.

**Тема 17.** Основной закон теплопроводности, гипотеза Фурье, понятие о температурном поле, градиенте температур и граничных условиях, дифференциальное уравнение теплопроводности.

**Тема 18.** Стационарная теплопроводность при граничных условиях I-го рода через плоские, цилиндрические и сферические многослойные поверхности.

**Тема 19.** Передача тепла при граничных условиях 3-го рода через плоские, цилиндрические и сферические многослойные поверхности.

**Тема 20.** Понятие о критическом диаметре изоляции, интенсификация теплопередачи и передача тепла через ребристую стенку.

**Тема 21.** Основы теории подобия и конвективного теплообмена, понятие о коэффициенте теплоотдачи и дифференциальном уравнении теплообмена.

**Тема 22.** Конвективный теплообмен при вынужденном движении жидкости в трубах и вдоль пластин.

**Тема 23.** Конвективный теплообмен при вынужденном движении жидкости, омывающей одиночную трубу или пластину.

**Тема 24.** Конвективный теплообмен при вынужденном движении жидкости, омывающей пучок труб; основы теплового расчета рекуперативных теплообменников.

**Тема 25.** Конвективный теплообмен при свободном движении жидкости, омывающей одиночную трубу или пластину.

**Тема 26.** Теплообмен при кипении и конденсации воды.

**Тема 27.** Общие сведения о тепловом излучении и поглощении энергии, основные показатели этих процессов; законы Планка, Стефана-Больцмана, Кирхгофа и Ламберта.

**Тема 28.** Теплообмен излучением между параллельными пластинами и телами, находящимися друг в друге.

**Тема 29.** Влияние экранов на лучистый теплообмен, излучение газов и понятие о сложном теплообмене.

### **3. Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины**

1. Нечаев Е.П., Петров А.И. Лабораторный практикум по технической термодинамике и теплопередаче: Учебное пособие для учащихся в высших учебных заведениях, обучающихся по направлению 26.00.00 «Техника и технологии кораблестроения и водного транспорта» по специальности 26.05.06 – «Эксплуатация судовых энергетических установок» / Е.П. Нечаев, А.И. Петров – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2016. – 187 с.

2. Интерактивная лаборатория термодинамики как эффективное средство имитационного обучения.

[www.habr.com/ru/post/470011/](http://www.habr.com/ru/post/470011/).

3. Журнал лабораторных работ по дисциплине Техническая термодинамика и теплопередача». Мурманск: Изд. МГТУ, 2016, - 32с.

4. Бухмиров В.В., Щербакова Г.Н., Пекунова А.В. Теоретические основы теплотехники в примерах и задачах. Учеб. пособие / ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2013. – 128с.

#### **4. Фонд оценочных средств по дисциплине**

Является отдельным компонентом образовательной программы, разработан в форме отдельного документа, представлен на официальном сайте МАУ в разделе «Информация по образовательным программам, в том числе адаптированным». ФОС включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины;
- задания текущего контроля;
- задания промежуточной аттестации;
- задания внутренней оценки качества образования.

**5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы** (печатные издания, электронные учебные издания и (или) ресурсы электронно-библиотечных систем

##### ***Основная литература***

1. Петров А.И. Техническая термодинамика и теплопередача: учебное пособие для обучающихся в высших учебных заведениях, по специальности 26.05.06 – «Эксплуатация судовых энергетических установок» / А.И. Петров – Мурманск: Изд-во МГТУ, 2021.- 212с.
2. Петров А. И. Техническая термодинамика и теплопередача: учебник для вузов / А. И. Петров. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. – 428 с.: ил.
3. Бухмиров В.В., Щербакова Г.Н., Пекунова А.В. Теоретические основы теплотехники в примерах и задачах. Учеб. пособие / ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2013. – 128с.
4. Техническая термодинамика и теплопередача. Учеб. пособие для неэнергетических специальностей вузов/ В.В. Нащокин. Изд. «Аз-бук», 2008. - 469с.: ил.
5. Теплотехника. Учеб. для вузов/В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.М. Камфер и др.; под ред. В.Н. Луканина – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 2000. - 671с.: ил.
6. Сборник задач по технической термодинамике. Учеб. пособие для студентов высших учеб. Заведений, обучающихся по направлению «Теплоэнергетика» и «Техническая физика»/ Т.Н. Андрианова, Б.В. Дзампов, В.Н. Зубарев и др..Изд. МЭИ, Москва, 2000. - 352с.

##### ***Дополнительная литература***

1. Техническая термодинамика и теплопередача. Учебник для вузов/Л.В. Арнольд, Г.А. Михайловский, В.М. Селиверстов. Москва, Высшая школа, 1980. – 469с.
2. Термодинамические свойства воды и водяного пара. Справочник. Москва, Энергия, 1980. -423с
3. Сборник задач по технической термодинамике. Учеб. пособие для техникумов/О.М. Рабинович. Москва «Альянс», 2013. – 343с.

#### **6. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. *Операционная система Microsoft Windows Vista*
2. *Офисный пакет Microsoft Office 2007*
3. *Офисный пакет Microsoft Office 2010*

## 7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства

1. Интерактивная лаборатория термодинамики как эффективное средство имитационного обучения.

[www.habr.com/ru/post/470011/](http://www.habr.com/ru/post/470011/)

2. Техническая термодинамика и теплопередача (видео).

<https://clck.ru/VKkr3R>

3. Основы теории теплообмена (видео).

<https://clck.ru/VKkrZR>

## 8. Обеспечение освоения дисциплины лиц с инвалидностью и ОВЗ

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

**9. Материально-техническое обеспечение дисциплины** представлено в приложении к ОПОП «Материально-технические условия реализации образовательной программы» и включает:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных программой специалитета, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения;

- помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде МАУ;

- лабораторию технической термодинамики, теплопередачи и гидравлики;

- лабораторию судовых ДВС.

## 10. Распределение трудоемкости по видам учебной деятельности

Таблица 1 - Распределение трудоемкости

Вид учебной деятельности <sup>2</sup>	Распределение трудоемкости дисциплины (модуля) по формам обучения											
	Очная				Очно-заочная				Заочная			
	Семестр			Всего часов	Семестр			Всего часов	Семестр/Курс		Всего часов	
	4									Лето/2		
Лекции	40			40						10		10
Практические занятия	24			24						2		2
Лабораторные работы	16			16						2		2
Самостоятельная работа	28			28						121		121
Подготовка к промежуточной аттестации	36			36						9		9
<b>Всего часов по дисциплине</b>	<b>144</b>			<b>144</b>						<b>144</b>		<b>144</b>

/ из них в форме практической подготовки <sup>3</sup>	40			40						4		4
---	----	--	--	----	--	--	--	--	--	---	--	---

**Формы промежуточной аттестации и текущего контроля**

Экзамен	+									+		
Зачет												
Курсовая работа (проект)												
Количество расчетно-графических работ	1											
Количество контрольных работ										1		
Количество тестирований												

**Перечень практических занятий по формам обучения**

№ п\п	Темы практических занятий
1	2
	<b>Очная форма</b>
1	Основные термодинамические параметры состояния, уравнение состояния идеального газа, понятие о системе, процессе, работе, теплоте и равновесии.
2	Первый закон термодинамики, его аналитическое выражение, понятия о внутренней энергии, теплоемкости, энтальпии, обратимости и необратимости процессов
3	Основные процессы идеальных газов и анализ политропных процессов; второй закон термодинамики, понятия о термическом к. п. д. и холодильном коэффициенте циклов, эксергии, абсолютной термодинамической температуре.
4	Водяной пар и его основные параметры, таблицы и диаграммы насыщенного пара; основные процессы водяного пара.
5	Адиабатное истечение газов и паров с позиции первого закона термодинамики, уравнения массового расхода, понятия о критических параметрах и скорости, случаи истечения из суживающегося канала и комбинированного сопла Лаваля.
6	Дросселирование; влажный воздух и его основные параметры, <i>id</i> диаграмма.
7	Циклы воздушных компрессоров, понятие о работе сжатия, объемном к. п. д. и технической работе компрессора, определение работы на привод.
8	Циклы ДВС и сравнение их термической эффективности
9	Циклы газотурбинных и паротурбинных установок, сравнение термической эффективности.
10	Основной закон теплопроводности, гипотеза Фурье, понятие о температурном поле, градиенте температур и граничных условиях, дифференциальное уравнение теплопроводности.

11	Стационарная теплопроводность при граничных условиях 1-го рода через плоские, цилиндрические и сферические многослойные поверхности.
12	Передача тепла при граничных условиях 3-го рода через плоские, цилиндрические и сферические многослойные поверхности.
13	Критический диаметр изоляции, интенсификация теплопередачи и передача тепла через ребристую стенку.
14	Конвективный теплообмен при вынужденном движении жидкости в трубах и вдоль пластин.
15	Конвективный теплообмен при вынужденном движении жидкости, омывающей одиночную трубу или пластину.
16	Конвективный теплообмен при вынужденном движении жидкости, омывающей пучок труб; основы теплового расчета рекуперативных теплообменников.
17	Конвективный теплообмен при свободном движении жидкости, омывающей одиночную трубу или пластину.
18	Теплообмен при кипении и конденсации воды.
19	Общие сведения о тепловом излучении и поглощении энергии, основные показатели этих процессов; законы Планка, Стефана-Больцмана, Кирхгофа и Ламберта.
20	Теплообмен излучением между параллельными пластинами и телами, находящимися друг в друге.
21	Влияние экранов на лучистый теплообмен, излучение газов, сложный теплообмен.
	<b>Заочная форма</b>
1	Циклы ДВС, ГТУ и ПТУ. Конвективный теплообмен при вынужденном движении жидкости в трубах и при обтекании труб.

### Перечень лабораторных работ по формам обучения

№ п/п	Темы лабораторных работ
1	2
	<b>Очная форма</b>
1	Изучение конструкции приборов, схем измерения параметров состояния и расхода рабочих тел.
2	Определение газовой постоянной и объёмной изобарной теплоёмкости воздуха.
3	Изучение адиабатного процесса, определение показателя адиабаты воздуха
4	Изучение изотермического, изобарного и изохорного процессов.
5	Определение зависимости давления насыщенных паров от температуры.
6	Определение коэффициента теплопроводности твердых материалов и их зависимости от температуры.
7	Исследование коэффициента теплоотдачи от горизонтальной и вертикальной трубы при естественной конвекции.
8	Определение зависимости степени черноты поверхности от температуры.
	<b>Заочная форма</b>
1	Изучение конструкции приборов, схем измерения параметров состояния и расхода рабочих тел.



2	Определение газовой постоянной и объёмной изобарной теплоёмкости воздуха.
3	Изучение адиабатного процесса, определение показателя адиабаты воздуха
4	Изучение изотермического, изобарного и изохорного процессов.
5	Определение зависимости давления насыщенных паров от температуры.
6	Определение коэффициента теплопроводности твердых материалов и их зависимости от температуры.
7	Исследование коэффициента теплоотдачи от горизонтальной и вертикальной трубы при естественной конвекции.
8	Определение зависимости степени черноты поверхности от температуры.