

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

**Б1.О.25**  
шифр дисциплины

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**Дисциплины  
(модуля)**

**Судовые турбомашинны**

---

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

  
подпись Сергеев К.О.  
ФИО

**Мурманск  
2024**

## Пояснительная записка

Объем дисциплины **6 з.е.**

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

Компетенции	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения по дисциплине	Соответствие Кодексу ПДНВ <sup>1</sup>
<p><b>УК-2</b> Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла</p>	<p>ИД-1 ук-2 Понимает основы проектного управления, учитывает требования к проектам и их результатам</p>	<p><b>Знать:</b> - классификацию турбомашин, принцип их действия, конструкцию деталей проточных частей, роторов, подшипниковых узлов, уплотнительных устройств, обслуживаемых систем;</p>	
<p>ОПК-2. Способен применять естественнонаучные и инженерные знания, аналитические методы в профессиональной деятельности</p>	<p>ИД-1. опк-2. Знает основные законы естественнонаучных дисциплин, связанные с профессиональной деятельностью</p>	<p>- теорию тепловых процессов турбинной и компрессорной ступени; - типы многоступенчатых турбин и области их применения; - типы компрессорных ступеней и области их применения; - характеристики компрессоров и их согласование с характеристиками дизеля;</p>	
<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</p>	<p>- основы теплового и конструктивного расчета турбинных и компрессорных ступеней; - условия работы деталей турбомашин и материалы, применяемые при их изготовлении;</p>	
<p>ПК-1 Способен выполнять безопасные и аварийные процедуры эксплуатации механизмов двигательной установки, включая системы управления</p>	<p>ИД-1. пк-1. Знает принципы безопасных процедур эксплуатации механизмов двигательной установки и систем управления ею ИД-2. пк 1. Умеет идентифицировать ситуации, требующие применения аварийной процедуры эксплуатации двигательной установки</p>	<p>- основы статической и динамической балансировки роторов турбомашин. <b>Уметь:</b> - определять по чертежам конструктивное устройство турбин и компрессоров; - использовать аналитические выражения и выполнять расчет тепловых процессов в паровых и газовых турбинах,</p>	

	<p>ИД-3. ПК-1. Знает правила безопасной эксплуатации двигательной установки и систем ее управления</p> <p>ИД-4. ПК-1 Знает правила и обладает навыками эксплуатации двигательной установки в аварийных ситуациях</p>	<p>осевых и центробежных компрессорах; - анализировать работу турбин и компрессоров на расчетных и переменных режимах, используя характеристики этих машин.</p> <p><b>Владеть:</b> - методикой конструктивного и поверочного расчетов проточной части турбомашин; - методикой использования компьютерных программ расчета турбокомпрессоров судовых дизелей; - методикой безразборной очистки проточной части турбомашин, её периодичностью и правилами выбора моющих средств; - основными приемами разборки и сборки узлов турбонагнетателей ДВС; - справочной информацией о теплофизических и механических свойствах материалов деталей турбомашин; - методикой проведения эксперимента по определению характеристик турбокомпрессора.</p>	
<p>ПК-2. Способен осуществлять подготовку, эксплуатацию, обнаружение неисправностей и меры, необходимые для предотвращения причинения повреждений следующим механизмам и системам управления: 1. Главный двигатель и связанные с ним вспомогательные механизмы; 2. Вспомогательные первичные двигатели и связанные с ними системы; 4. Другие вспомогательные механизмы, включая системы охлаждения, кондиционирования воздуха и вентиляции</p>	<p>ИД-1. ПК-2. Знает правила и обладает навыками осуществления подготовки к эксплуатации и эксплуатации главного двигателя и связанных с ним вспомогательных систем</p> <p>ИД-2. ПК-2. Знает правила и обладает навыками осуществления подготовки к эксплуатации и эксплуатации парового котла и связанных с ним вспомогательных механизмов и паровых систем</p> <p>ИД-3. ПК-2. Знает правила и обладает навыками осуществления подготовки к эксплуатации и эксплуатации вспомогательных первичных двигателей и связанных с ними систем</p> <p>ИД-4. ПК-2. Знает правила и обладает навыками осуществления подготовки к эксплуатации и эксплуатации других вспомогательных систем управления и механизмам, включая системы вентиляции</p> <p>ИД-5. ПК-2. Способен идентифицировать</p>	<p>проточной части турбомашин; - методикой использования компьютерных программ расчета турбокомпрессоров судовых дизелей; - методикой безразборной очистки проточной части турбомашин, её периодичностью и правилами выбора моющих средств; - основными приемами разборки и сборки узлов турбонагнетателей ДВС; - справочной информацией о теплофизических и механических свойствах материалов деталей турбомашин; - методикой проведения эксперимента по определению характеристик турбокомпрессора.</p>	

	<p>неисправности в системах управления и механизмах, включая:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Главный двигатель и связанные с ним вспомогательные механизмы;</li> <li>3. Вспомогательные первичные двигатели и связанные с ними системы;</li> <li>4. Другие вспомогательные механизмы, включая системы охлаждения, кондиционирования воздуха и вентиляции</li> </ol> <p>ИД-6. пк-2. Знает правила и способен принимать меры для предотвращения причинения повреждений системам управления и механизмам, включая:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Главный двигатель и связанные с ним вспомогательные механизмы;</li> <li>3. Вспомогательные первичные двигатели и связанные с ними системы;</li> <li>4.Другие вспомогательные механизмы, включая системы охлажден</li> </ol>		
<p><b>ПК-16</b> Способен разработать проекты объектов профессиональной деятельности с учетом физико-технических, механико-технологических, эстетических, экологических, эргономических и экономических требований, в том числе с использованием информационных технологий</p>	<p>ИД-1. пк-16. Умеет разработать проекты объектов профессиональной деятельности с учетом физико-технических, механико-технологических, эстетических, экологических, эргономических и экономических требований, в том числе с использованием информационных технологий</p>		

## 2. Содержание дисциплины

**Тема 1. Предмет и задачи дисциплины. Исторический обзор развития турбомашин и турбинных двигателей (установок), их современное состояние. Классификация и конструкции турбин и турбокомпрессоров. Главные и вспомогательные паровые и газовые**

агрегаты.

**Тема 2.** Принцип действия и устройство осевых турбин со ступенями скорости и давлений, осевых компрессоров. Системы, обслуживающие турбоагрегаты.

**Тема 3.** Тепловые расчеты турбинных ступеней. Основные уравнения газового потока. Теоретическая скорость истечения потока, расход рабочей среды. Критические параметры потока, форма сопловых и рабочих каналов.

**Тема 4.** Действительный процесс течения рабочей среды, расширение в косом срезе сопла. Потери энергии в решетках, и определение их геометрических размеров.

**Тема 5.** Располагаемая энергия ступени, силовое воздействие потока на рабочие лопатки, действительная работа на окружности колеса и окружной к. п. д. для осевой и радиальной ступени.

**Тема 6.** Внутренние потери в ступени и внутренний к. п. д., мощность ступени.

**Тема 7.** Многоступенчатые турбины со ступенями скорости и давления, причины их применения и типы. Окружной и внутренний к. п. д. ступени скорости. Использование выходной энергии в ступенях, эффективная мощность и к. п. д.

**Тема 8.** Характеристики турбинной ступени, зависимость между расходом и параметрами рабочей среды. Регулирование мощности.

**Тема 9.** Изменение к. п. д. ступени на переменных режимах. Совместная работа турбины и потребителя энергии. Аварийные режимы работы турбин, внешние характеристики.

**Тема 10.** Схема и геометрические характеристики решеток осевого компрессора. Теоретический и действительный напоры, изэнтропийный к. п. д. ступени, степень её реактивности.

**Тема 11.** Коэффициенты расхода и напора. Многоступенчатые осевые компрессоры и основы газодинамического расчета компрессора. Характеристики компрессоров.

**Тема 12.** Схема и геометрические характеристики центробежных компрессоров, степень реактивности ступени. Зависимость теоретического напора от угла выхода потока из рабочего колеса и закрутки перед рабочим колесом.

**Тема 13.** Влияние числа рабочих лопаток на теоретический напор. Безлопаточный и лопаточный диффузоры. Действительный напор и изэнтропийный к. п. д. Коэффициенты расхода и напора.

**Тема 14.** Характеристики центробежного компрессора, помпаж, причины возникновения и способы его устранения. Основы расчета проточной части компрессора.

**Тема 15.** Условия работы деталей турбомашин, материалы, применяемые при их изготовлении, критерии качества конструкции.

**Тема 16.** Колебания лопаток и дисков, расчет прочности рабочих лопаток. Приближенные методы расчета дисков.

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

1. Судовые турбомашин. Петров А.И. Методические указания к самостоятельной работе для учащихся очной, заочной и дистанционной форм обучения. Электронное издание. Заказ 2278.

© Мурманский государственный технический университет, 2016 г.

2. Судовые турбомашин. Петров А.И. Обучающие контрольные тесты для учащихся очной, заочной и дистанционной форм обучения. Электронное издание. Заказ 2276. ©

Мурманский государственный технический университет, 2016 г.

3. Судовые тепловые двигатели. Часть 2 Судовые турбомашин. Расчетно-графические работы. К.О. Сергеев. Издательство МГТУ 2009 г., 20 с.

5. Методические указания и рабочая тетрадь к лабораторным работам для студентов специальности 240500 «Эксплуатация судовых энергетических установок». Малышев В. С. Издательство МГТУ, 2000 г., 20 с.

### **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. Акладная, Г. С. Судовые турбомашинны [Электронный ресурс]: Курс лекций / Г. С. Акладная. - М.: Альтаир-МГАВТ, 2013. - 64 с. - Режим доступа: <http://www.znaniium.com/>
2. Басалыгин Г.М. Судовые турбомашинны: учебник для студентов (курсантов) высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Эксплуатация судовых энергетических установок" / Г. М. Басалыгин. - Санкт-Петербург : Элмор, 2007-. - 22 см.; ISBN 5-7399-0135-9.
3. Судовые паровые и газовые турбины. Учебник для вузов. В.И. Зайцев, Л.Л. Грицай, А.А. Моисеев, М.: Транспорт, 1981г.
4. Эксплуатация судовых турбомашин: учеб. пособие /Ю.В. Варечкин, М.Ю. Храмов. - Н.Новгород : Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2012. – 104с.
5. Петров А.И. Газодинамический расчет турбокомпрессора судового дизеля: Учебно-методическое пособие .....
6. Петров А.И. Судовые турбомашинны: Рабочая тетрадь и методические указания к лабораторным работам .....
7. Зайцев, В.И. Судовые паровые и газовые турбины: учебник для вузов /В. И. Зайцев [и др.]. – М. : Транспорт, 1981. – 312 с.
8. Зайцев, Ю. И.. Основы проектирования судовых паровых турбоагрегатов: учебник для вузов/ Ю. И. Зайцев. – Изд. Л. , «Судостроение», 1974. – 439 с.

### **Дополнительная литература**

9. Судовые паровые и газовые турбины и их эксплуатация. Учебник для вузов. Л.И. Слободянюк и др., Ленинград: Судостроение, 1983 г.
10. Верете А. Г. Судовые турбомашинны. Устройство и эксплуатация: учебник для вузов/ А.Г.Верете. – Изд. «Транспорт», 1971. – 384 с.
11. Межеричкий А. Д. Турбокомпрессоры систем наддува судовых дизелей / А. Д. Межеричкий . – Изд. Л.: Судостроение, 1986. 248 с.
12. Гофлин А.П., Шилов В.Д. Судовые компрессорные машинны / А. П. Гофлин, В. Д. Шилов. – Изд. Л.: Судостроение, 1977. 272 с.

## **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. <http://www.znaniium.com/>
2. [www.mandiselturb.com](http://www.mandiselturb.com)
3. [www.abb/turbo.com](http://www.abb/turbo.com)
4. [www.kbb-turbo.de](http://www.kbb-turbo.de)

5. Операционная система Microsoft Windows XP Professional ver 2002 Service Pack 3, лицензия №44335756 от 29.07.2008 г. (договор №32/379 от 14.07.08 г.)
6. Офисный пакет Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN, лицензия № 45676388 от 08.07.2009 (договор 32/224 от 14.0.2009г.).

### 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 (модуля)** 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 судовых ДВС.

### 10. Распределение трудоемкости по видам учебной деятельности

Таблица 1 - Распределение трудоемкости

Вид учебной деятельности	Распределение трудоемкости дисциплины (модуля) по формам обучения											
	Очная				Очно-заочная				Заочная			Всего часов
	Семестр			Всего часов	Семестр			Всего часов	Семестр/Курс			
	7	8							3и ма/5	Ле то/5		
Лекции	28	28		56					4	4		
Практические занятия	20	20		40					4	4		8
Лабораторные работы	8	6		14					-	-		-
Самостоятельная работа	16	54		70					60	127		187
Подготовка к промежуточной аттестации	-	36		36					4	9		13
<b>Всего часов по дисциплине / из них в форме практической подготовки</b>	<b>72</b>	<b>144</b>		<b>216</b>					<b>72</b>	<b>144</b>		<b>216</b>
	28	26		54					4	4		8

#### Формы промежуточной аттестации и текущего контроля

Экзамен		1		1						1		
Зачет	1			1					1			

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

### Перечень практических занятий по формам обучения

№ п/п	Темы практических занятий
1	2
	<b>Очная форма</b>
1	Основные положения предварительного расчета проточной части паровой турбины
2	Основы газодинамического расчета центробежного компрессора турбокомпрессора
3	Определение геометрических размеров проточной части центробежного компрессора
4	Основы теплового расчета осевой турбинной ступени турбокомпрессора
5	Основы теплового расчета радиальной турбинной ступени турбокомпрессора
6	Определение геометрических размеров проточной части осевой турбины турбокомпрессора
7	Определение геометрических размеров проточной части радиальной турбины турбокомпрессора
	<b>Заочная форма</b>
1	Основные положения предварительного расчета проточной части паровой турбины
2	Основы газодинамического расчета центробежного компрессора турбокомпрессора судового дизеля
3	Основы теплового расчета осевой турбинной ступени турбокомпрессора судового дизеля
4	Определение геометрических размеров проточной части центробежного компрессора и осевой турбины турбокомпрессора судового дизеля

### Перечень лабораторных работ по формам обучения

№ п/п	Темы лабораторных работ
1	2
	<b>Очная форма</b>
1	Состав, схема и конструктивное исполнение судовых паротурбинных и газотурбинных установок
2	Изучение конструкции паровых и газовых турбоагрегатов.
3	Разборка и сборка турбокомпрессора типа VTR фирмы Броун-Бовери
4	Разборка и сборка турбокомпрессора типа R3.
5	Статическая балансировка роторов турбокомпрессоров.
6	Динамическая балансировка роторов турбокомпрессоров
7	Построение характеристик центробежного компрессора.



**Перечень примерных тем курсовой работы /курсового проекта**

<b>№ п/п</b>	<b>Темы курсовой работы /проекта</b>
<b>1</b>	<b>2</b>
1	Газодинамический расчет турбокомпрессора судового дизеля