

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

Кафедра энергоустановок морских судов и сооружений

А.Ю. Гаршин

СУДОВЫЕ ТУРБОМАШИНЫ

Методические указания
к самостоятельной работе студентов
специальности

26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок

Севастополь
СевГУ
2020

УДК 629.5.03-135 (076)

ББК 39.455я73

Г21

Р е ц е н з е н т:

Е.В. Хромов – канд. техн. наук, доцент каф. ЭМСС

Гаршин А.Ю.

Г21 Судовые турбомашины: метод. указания к самостоятельной работе студентов / А.Ю. Гаршин. – Севастополь: СевГУ, 2020. – 23 с.

Представлены методические указания и рекомендации, обеспечивающие самостоятельную работу студентов, изучающих учебную дисциплину «Судовые турбомашины».

Методические указания предназначены для студентов очной и заочной форм обучения Севастопольского государственного университета, Морского института, специальности 26.05.06 – Эксплуатация судовых энергетических установок.

Изучение дисциплины направлено на изучение следующих профессионально-специализированных компетенций (Конвенция ПДНВ): ПСК-2, 6, 7, 37, 38.

УДК 629.5.03-135 (076)

ББК 39.455я73

Рассмотрены и рекомендованы на заседании кафедры энергоустановок морских судов и сооружений Морского института Севастопольского госуниверситета в качестве методических указаний к самостоятельной работе студентов по дисциплине «Судовые турбомашины» для студентов специальности 26.05.06 – Эксплуатация судовых энергетических установок, протокол № 1 от 31 августа 2018 г.

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение	4
1.	Планируемые результаты обучения по дисциплине, её объем и место в структуре образовательной программы	4
2.	Содержание и структура учебной дисциплины	8
3.	Распределение самостоятельной работы студентов	12
4.	Самостоятельная работа студента по видам занятий	12
	4.1. СРС при подготовке к лекциям	12
	4.2. СРС при подготовке к лабораторным занятиям	14
	4.3. СРС при подготовке к текущему контролю	15
	4.4. СРС при подготовке к итоговому контролю (промежуточной аттестации)	16
	4.5. СРС при выполнении курсового проекта	19
5.	Оценка знаний студентов	19
6.	Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины	21
7.	Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «интернет», необходимых для освоения дисциплины	23

ВВЕДЕНИЕ

Целью методических указаний является представление необходимых для самостоятельной работы студентов (СРС) материалов, обеспечивающих максимальную эффективность данного вида работы студентов при изучении учебной дисциплины «Судовые турбомашин».

Методические указания перекрывают все виды учебных занятий студентов, предусмотренных соответствующими программами и учебными планами по указанной дисциплине.

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ЕЁ ОБЪЕМ И МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Цель дисциплины:

Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины «Судовые турбомашин» является подготовка будущих инженеров-механиков в области рабочих процессов, конструкций, вопросов прочности и надежности лопаточных машин двух типов – турбин, являющихся тепловыми двигателями и компрессоров, предназначенных для сжатия рабочего тела. Изучить состав, назначение, основы теории рабочих процессов, расчета и эксплуатации судовых турбомашин главных и вспомогательных, в т.ч. утилизационных.

Задачи дисциплины:

Дать будущим судовым инженерам – механикам знания теории рабочих процессов турбомашин, их конструкции и основ грамотной и безопасной эксплуатации судовых турбомашин, подготовить студента к прохождению «Дельта- тестов».

Формируемые компетенции по ФГОС:

ПК-9 Способность и готовность осуществлять выбор оборудования, элементов и систем оборудования для замены в процессе эксплуатации судов с СТМ;

ПК-10 Способность и готовность осуществлять разработку эксплуатационной документации;

ПК-16 Способность и готовность выбрать и, при необходимости, разработать рациональные нормативы эксплуатации, технического обслуживания, ремонта и хранения судов и их оборудования;

ПК-31 Способность создавать теоретические модели, позволяющие прогнозировать свойства объектов профессиональной деятельности;

ПК-32 Способность разрабатывать планы, программы и методики проведения исследований объектов профессиональной деятельности;

ПК-33 Способность выполнять информационный поиск и анализ информации по объектам исследований;

ПК-34 Способность осуществлять и анализировать результаты исследований, разрабатывать предложения по их внедрению.

ПК-35 Способность передавать знания по дисциплинам профессиональных циклов в системах среднего и высшего профессионального образования.

Формируемые компетенции по ПДНВ согласно таблице 1.1б:

ПСК-2, 6, 7, 37, 38

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы приведен в таблице 1.1а и таблице 1.1б.

Таблица 1.1а – Планируемые результаты обучения по дисциплине (ФГОС)

Код и уровень формируемой компетенции по ООПВО	Владения	Умения	Знания
ПК-9	Навыками осуществлять выбор оборудования, элементов и систем оборудования для замены в процессе эксплуатации судов с СТМ	Умение производить выбор оборудования, элементов систем для замены в процессе эксплуатации СТМ	Принцип действия оборудования и систем СТМ
ПК-10	Навыками разработки эксплуатационной документации	Пользоваться документацией по эксплуатации СТМ	Перечень необходимой документации по эксплуатации СТМ
ПК-16	Обладать способностью и готовностью к разработке рациональных нормативов эксплуатации, планов технического обслуживания, ремонта, а также хранения судов и оборудования с СТМ	Разработать рациональные нормативы и планы технического обслуживания в процессе эксплуатации и ремонта СТМ	Перечень нормативной документации, планов технического обслуживания СТМ
ПК-31	Способность создавать теоретические модели, позволяющие прогнозировать свойства объектов профессиональной деятельности	Уметь разрабатывать теоретические модели с прогнозированием объектов профессиональной деятельности	Знать существующие теоретические модели, перспективы профессиональной деятельности
ПК-32	Способность разработать планы и программы и методики проведения исследований объектов профессиональной деятельности	Иметь навыки в разработке планов, программ и методики проведения исследований в области СТМ	Иметь сведения по разработанным планам и методикам проведения научных исследований в области СТМ

ПК-33	Способность выполнять информационный поиск и анализ информации по объектам исследований	Навыки проведения информационного поиска и анализа информации	Направления проведения информационного поиска и анализа полученной информации
ПК-34	Способность осуществлять и анализировать результаты исследований, разрабатывать предложения по их внедрению	Осуществлять, проводить и анализировать результаты исследований	Порядок разработки предложений по внедрению результатов исследований.
ПК-35	Способность передавать знания по дисциплинам профессиональных циклов в системах среднего и высшего профессионального образования.	Передавать знания по дисциплинам профессиональных циклов в системах среднего и высшего профессионального образования.	Знания по дисциплинам профессиональных циклов в системах среднего и высшего профессионального образования.

Таблица 1.16 – Планируемые результаты обучения по дисциплине (ПДНВ)

Обозначение	Компетенции 1 колонка таблиц А-III/1-2 Кодекса ПДНВ	Содержание компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ПСК-2	Табл.А-III/1 функция судовые механические установки на уровне эксплуатации	Способен исполнять процедуры безопасности и порядок действий при авариях; переход с дистанционного/автоматического на местное управление всеми системами	ИПК-2 знание процедур безопасности и умение осуществлять действия при авариях; переходе с дистанционного/ автоматического на местное управление всеми системами
ПСК-6	Табл.А-III/1 функция судовые механические установки на уровне эксплуатации	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. Паровой котел и связанные с ним вспомогательные механизмы и паровые системы; 3. Вспомогательные первичные двигатели и связанные с ними системы; 4. Другие вспомогательные механизмы, включая системы охлаждения, кондиционирования воздуха и вентиляции	ИПК-6 умение 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. Паровой котел и связанные с ним вспомогательные механизмы и паровые системы; 3. Вспомогательные первичные двигатели и связанные с ними системы; 4. Другие вспомогательные механизмы, включая системы охлаждения, кондиционирования воздуха и вентиляции
ПСК-7	Табл.А-III/1 функция судовые механические установки на уровне	Способен осуществлять эксплуатацию систем: топливных, смазочных, балластных	ИПК-7.1 знание эксплуатационных характеристик насосов и трубопроводов,

	эксплуатации	и других насосных систем и связанных с ними систем управления	включая системы управления ИПК-7.2 умение осуществлять эксплуатацию насосных систем ИПК-7.3 знание требований к сепараторам нефтеводяной смеси (или подобному оборудованию) и их эксплуатацию умение осуществлять эксплуатацию систем: топливных, смазочных, балластных и других насосных систем и связанных с ними систем управления
ПСК-37	Табл.А-III/1 функция электрооборудование, эл. Аппаратура и системы управления на уровне эксплуатации	Способность сформировать цели проекта (программы), разработать обобщенные варианты ее решения, выполнить анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений	ИПК-37 умение сформировать цели проекта (программы), разработать обобщенные варианты ее решения, выполнить анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений
ПСК-38	Табл.А-III/1 функция электрооборудование, эл. Аппаратура и системы управления на уровне эксплуатации	Способность разработать проекты объектов профессиональной деятельности с учетом физико-технических, механико-технологических, эстетических, экологических, эргономических и экономических требований, в том числе с использованием информационных технологий	ИПК-38 умение разработать проекты объектов профессиональной деятельности с учетом физико-технических, механико-технологических, эстетических, экологических, эргономических и экономических требований, в том числе с использованием информационных технологий

Таблица 1.2 – Распределение объема дисциплины по видам работ

Курс	Семестр	Общий объем, ЗЕ (ч)	Контактная работа, ч				Самостоятельная работа, ч	Реферат, РГЗ, контр. работа, коллоквиум	Курсовой проект (работа)	Зачет (семестр)	Экзамен (семестр)
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Интерактивная работа, ч					
Очная форма обучения											
4	7	4 (144)	42	–	14	12	88	-	Курсовой проект (7 семестр)	-	7
Заочная форма обучения											
4		4 (144)	8	-	8	-	128	-	Курсовой проект (8 семестр)	-	-

2. СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Содержание учебной дисциплины

Содержание дисциплины включает следующие темы:

1. Виды и принцип действия судовых турбомашин и турбинных установок.
2. Конструкция судовых турбоагрегатов, их узлов и систем.
3. Потери энергии в турбинной ступени, тепловые расчеты турбинных ступеней.
4. Многоступенчатые турбины со ступенями скорости и давления.
5. Взаимодействие турбин и компрессоров.
6. Обеспечение прочности и надежности.
7. Переменные режимы судовых турбоагрегатов.
8. Условия работы деталей турбомашин.

2.2 Структура учебной дисциплины

Таблица 2.1 – Структура учебной дисциплины

Названия содержательных тем учебной дисциплины	Количество часов											
	Очная						Заочная					
	Объем в ЗЕ (часах)	в том числе					Объем в ЗЕ (ча- сах)	в том числе				
		лек.	пр.	лаб.	СРС	лек.		пр.	лаб.	СРС		
					Инд.					Всего	Инд.	Всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Семестр 7												
Виды и принцип действия судовых турбомашин и турбинных установок	10	6	-	2	2	2	10	1	-	1	7	7
Конструкция судовых турбоагрегатов, их узлов и систем	8	6	-	-	2	2	8	1	-	1	7	7
Потери энергии в турбинной ступени, тепловые расчеты турбинных ступеней	10	6	-	2	2	2	10	1	-	1	7	7
Многоступенчатые турбины со ступенями скорости и давления	6	2	-	2	2	2	6	1	-	1	5	5
Взаимодействие турбин и компрессоров	14	8	-	4	2	2	14	3	-	1	7	7
Обеспечение прочности и надежности	10	4	-	4	2	2	10	1	-	1	7	7
Переменные режимы судовых турбоагрегатов	6	4	-	-	2	2	6	1	-	1	7	7
Условия работы деталей турбомашин	8	6	-	-	2	2	8	1	-	1	7	7
Подготовка курсового проекта	36				36	36	36				36	36

Названия содержательных тем учебной дисциплины	Количество часов											
	Очная						Заочная					
	Объем в ЗЕ (часах)	в том числе					Объем в ЗЕ (ча- сах)	в том числе				
		лек.	пр.	лаб.	СРС	лек.		пр.	лаб.	СРС		
Инд. Все- го					Инд.					Все- го		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Подготовка к итоговой аттестации	36				36	36	36				36	36
Всего за семестр	144	42		14	88	88	144	10		8	128	128
Всего часов	144	42		14	88	88	144	10		8	128	128

2.3 Распределение контактной работы

Распределение контактной работы по видам занятий приведено в таблицах 2.2.-2.3.

Таблица 2.2 – Лекции, их содержание и объем в часах

Номер темы	Номер лекции	Наименование темы, содержание лекции	Очная ФО		Заочная ФО	
			объем	семестр	объем	семестр
1	2	3	4	5	6	7
T1	1	Виды и принцип действия судовых турбомашин и турбинных установок.	6	7	1	8
		Предмет дисциплины и методика ее изучения. Место турбомашин в судовой энергетике. Краткий очерк развития турбомашин.	2	7		
	2	Принцип действия и устройство турбинных ступеней осевого типа – активный и реактивный принцип.	2	7		
	3	Понятие степени реактивности турбинной ступени, об устройстве и действии турбинной ступени радиального типа.	2	7		
T2	4	Конструкция судовых турбоагрегатов, их узлов и систем	6	7	1	8
		Устройство судовых главных и вспомогательных паровых и газовых турбин, турбокомпрессоров для наддува судовых дизелей.	2	7		
	5	Детали турбин: направляющие (сопла) и рабочие лопатки, роторы	2	7		
	6	Корпусы, уплотнения, подшипники, зубчатые передачи и соединительные муфты; органы управления, системы, обслуживающие турбомашины.	2	7		

<i>T3</i>	7,8	<i>Потери энергии в турбинной ступени. Тепловые расчеты турбинных ступеней.</i>	6	7	1	8
		Тепловой процесс турбинной ступени. Располагаемая работа ступени. Потери на окружности колеса турбинной ступени.	2	7		
	9	Окружной КПД. Дополнительные внутренние потери.	2	7		
	10	Внутренняя работа. Внутренний КПД.	2	7		
<i>T4</i>	11	<i>Многоступенчатые турбины со ступенями скорости и давления.</i>	2	7	1	8
		Турбины со ступенями скорости и турбины со ступенями давления область их применения. Внешние потери в турбинах. Механический и эффективный кпд эффективная мощность.	2	7		
<i>T5</i>	12	<i>Взаимодействие турбин и компрессоров.</i>	8	7	3	8
		Схемы осевой компрессорной ступени. Теоретический и полезный напоры. Степень реактивности. Изэнтропийный кпд.	2	7		
	13	Неустойчивая работа (помпаж) компрессора. Характеристики (нормальная и универсальная) осевых компрессоров.	2	7		
	14	Схема центробежной компрессорной ступени. Потребляемая мощность, теоретический и полезный напоры, изэнтропный и полезный кпд.	2	7		
	15	Движение воздуха в рабочем колесе, щелевом, лопаточном диффузорах, улитке. Неустойчивая работа (помпаж). Причины и меры устранения. Характеристики центробежных компрессоров. Сравнительная оценка и область применения.	2	7		
<i>T6</i>	16	<i>Обеспечение прочности и надежности.</i>	4	7	1	8
		Требования, предъявляемые и конструкции и материалам. Допустимые напряжения, запасы прочности.	2	7		

	17	Расчет прочности некоторых деталей турбомашин.	2	7		
T7		<i>Переменные режимы судовых турбоагрегатов.</i>	4	7		
	18	Совместная работа турбины и гребного винта	2	7		
	19	Совместная работа турбины и электрогенератора, газовой турбины и центробежного компрессора ТК.	2	7		
T8		<i>Условия работы деталей турбомашин</i>	6	7	1	8
	20,21,22	Правила обслуживания судовых паровых и газовых турбин, турбокомпрессоров для наддува судовых дизелей. Техника безопасности при обслуживании турбин и ТК.	2	7		
	23	Характерные неисправности, способы их предупреждения и устранения.	2	7		
	24	Заносимость проточных частей газовых турбин и компрессоров ТК отложениями, способы очистки, применяемые химически-активные вещества.	2	7		
Всего:			42		10	

Таблица 2.3 – Лабораторные занятия, их содержание и объем в часах

Номер занятия	Наименование занятия	ОФО		ЗФО	
		объем (час)	семестр	объем (час)	семестр
1	2	3		4	
Лр1	Исследование характеристик сопловой решетки	2	7	2	8
Лр2	Исследование режимов работы одноступенчатой турбины	2	7	2	8
Лр3	Порядок пуска и остановки газотурбинного двигателя ВК-1	2	7	1	8
Лр4	Порядок пуска и остановки газотурбинного двигателя ГТД-3Ф	2	7	1	8
Лр5	Порядок пуска и остановки судового турбогенератора.	4	7	1	8
Лр6	Дельта-тест: работа на программном комплексе по тестированию и оценке знаний	2	7	1	8
Всего:		14		8	

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Таблица 3.1 - График недельной загрузки СРС в 7 семестре ОФО

Номер недели	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	С	Всего
Подготовка к лекц.		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	2	9
Подготовка к лаб. зан.				2			1		1		1			2			7
Выполнение КП		1	1	1	2	2	2	2	2	3	4	4	4	4	4		36
Подготовка к итоговой аттестации																36	36
Всего		1,5	1,5	2,5	2,5	2,5	3,5	2,5	3,5	3,5	5,5	4,5	4,5	6,5	4,5		88

Таблица 3.2 - Распределение СРС студента ЗФО

Вид работ	Объем, ч
Изучение теоретического материала	44
Подготовка к лабораторным (практическим) занятиям	37
Выполнение КП (КР)	36
Подготовка к промежуточной аттестации по дисциплине (зачет по ЛР, защита КП, экзамен)	9
Итого	128

4. САМОСТОЯТЕЛЬНА РАБОТА СТУДЕНТА ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ

4.1. СРС при подготовке к лекциям

Подготовка к лекциям осуществляется посредством повторения материала, пройденного на предыдущих лекциях. Для этого используется конспект лекций студента и соответствующая основная и дополнительная литература (табл. 4.1). По данной учебной дисциплине рекомендуется использовать учебник Слободянюк Л.И., Поляков В.И. Судовые паровые и газовые турбины и их эксплуатация. - Л.: Судостроение, 1983. 354 с., имеющийся в необходимом количестве в библиотеке СевГУ. Данный учебник предназначен для студентов специальности «Эксплуатация судовых энергетических установок».

Проконтролировать знание и понимание лекционного материала позволяют приведенные ниже контрольные вопросы, распределенные по соответствующим темам.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Тема 1. Виды и принцип действия судовых турбомашин и турбинных установок.

1. Предмет дисциплины и методика ее изучения.
2. Место турбомашин в судовой энергетике.
3. Краткий очерк развития турбомашин.
4. Принцип действия и устройство турбинных ступеней осевого типа – активный и реактивный принцип.
5. Понятие степени реактивности турбинной ступени, об устройстве и действии турбинной ступени радиального типа.
6. Конструкция судовых турбоагрегатов, их узлов и систем.
7. Устройство судовых главных и вспомогательных паровых и газовых турбин, турбокомпрессоров для наддува судовых дизелей.

Тема 2. Конструкция судовых турбоагрегатов, их узлов и систем

8. Детали турбин: направляющие (сопла) и рабочие лопатки, роторы, корпуса, уплотнения, подшипники, зубчатые передачи и соединительные муфты; органы управления, системы, обслуживающие турбомашину.

Тема 3. Потери энергии в турбинной ступени. Тепловые расчеты турбинных ступеней.

9. Потери энергии в турбинной ступени.
10. Тепловые расчеты турбинных ступеней.
11. Тепловой процесс турбинной ступени.
12. Располагаемая работа ступени.
13. Потери на окружности колеса турбинной ступени.
14. Окружной кпд.
15. Дополнительные внутренние потери.
16. Внутренняя работа. Внутренний кпд.

Тема 4. Многоступенчатые турбины со ступенями скорости и давления.

17. Многоступенчатые турбины со ступенями скорости и давления.
18. Турбины со ступенями скорости и турбины со ступенями давления область их применения.
19. Внешние потери в турбинах.
20. Механический и эффективный кпд эффективная мощность.

Тема 5. Взаимодействие турбин и компрессоров.

21. Взаимодействие турбин и компрессоров.
22. Схемы осевой компрессорной ступени.
23. Теоретический и полезный напоры.
24. Степень реактивности. Изэнтропийный кпд.
25. Неустойчивая работа (помпаж) компрессора. Характеристики (нормальная и универсальная) осевых компрессоров.
26. Схема центробежной компрессорной ступени. Потребляемая мощность, теоретический и полезный напоры, изэнтропийный и полезный кпд.
27. Движение воздуха в рабочем колесе, щелевом, лопаточном диффузорах, улитке. Неустойчивая работа (помпаж). Причины и меры устранения.
28. Характеристики центробежных компрессоров.
29. Сравнительная оценка и область применения.

Тема 6. Обеспечение прочности и надежности.

30. Обеспечение прочности и надежности.
31. Требования, предъявляемые к конструкциям и материалам. Допустимые напряжения, запасы прочности.
32. Расчет прочности некоторых деталей турбомашин.

Тема 7. Переменные режимы судовых турбоагрегатов.

33. Переменные режимы судовых турбоагрегатов.

34. Совместная работа турбины и гребного винта, турбины и электрогенератора, газовой турбины и центробежного компрессора ТК.

Тема 8. Условия работы деталей турбомашин

35. Условия работы деталей турбомашин.
 36. Правила обслуживания судовых паровых и газовых турбин, турбокомпрессоров для наддува судовых дизелей.
 37. Техника безопасности при обслуживании турбин и ТК.
 38. Характерные неисправности, способы их предупреждения и устранения.
 39. Заносимость проточных частей газовых турбин и компрессоров ТК отложениями, способы очистки, применяемые химически-активные вещества.

Помимо этого студент может самостоятельно дополнительно проконтролировать свои знания с использованием программного комплекса по тестированию и оценке знаний «Дельта-тест» (вопросы приведены в подразделе 4.4.2).

4.2. СРС при подготовке к лабораторным занятиям

Основой при подготовке к лабораторным занятиям являются методические указания: Мальчиков А.И. Судовые турбомашин. Учебно-методическое пособие по проведению лабораторных и тренажерных работ / А.И. Мальчиков, Г.В. Горобец, Л.И. Слободянюк - Севастополь: СевГУ, 2016 – 64 с.: ил. Студент должен подготовиться к выполнению следующих лабораторных работ:

- Лр1 Исследование характеристик сопловой решетки
- Лр2 Исследование режимов работы одноступенчатой турбины
- Лр3 Порядок пуска и остановки газотурбинного двигателя ВК-1
- Лр4 Порядок пуска и остановки газотурбинного двигателя ГТД-3Ф
- Лр5 Порядок пуска и остановки судового турбогенератора.

6. «Дельта-тест: работа на программном комплексе по тестированию и оценке знаний»

В результате СРС студент должен с использованием методических указаний, конспекта лекций и учебника знать необходимый теоретический материал, основные расчетные формулы и сделать заготовку отчета (схема установки, таблица экспериментальных данных, таблица обработки экспериментальных данных и т.д.).

При подготовке к выполнению и защите отчета по лабораторной работе студенту следует использовать контрольные вопросы, приведенные в методических указаниях к лабораторным работам.

Наименование занятия	Контрольные вопросы
ЛР 1	1. Что называется коэффициентом скорости, и что он характеризует? 2. Чем обусловлены профильные и концевые потери? 3. От чего зависит коэффициент скорости? 4. Перечислить основные элементы опытной установки.
ЛР 2	1. Что называется эффективным КПД, его слагаемые? 2. Что называется характеристикой ступени? 3. Перечислите основные элементы опытной установки. 4. Как определяется расход рабочего тела, его располагаемая удельная энергия и мощность опытной турбины?

ЛР 3	1. Каково назначение элементов установки? 2. Каков путь рабочего тела от котла и до теплого ящика? 3. Каковы конструктивные особенности элементов паровой турбины? 4. Как работает система регулирования и защиты турбинного агрегата? 5. Каково назначение элементов масляной системы, путь масла?
ЛР 4	1. Что называется характеристикой компрессора? 2. Каким образом определяется производительность, степень повышения давления и КПД компрессора? 3. Опишите экспериментальную установку. 4. В какой последовательности производится построение характеристики компрессора?
ЛР 5	1. Охарактеризуйте основные элементы ГТД. 2. Охарактеризуйте основные агрегаты топливной системы. 3. Охарактеризуйте систему охлаждения, смазки и запуска двигателя. 4. Перечислите приборы контроля двигателя.
6	Вопросы Дельта-теста (приведены отдельным списком в подразделе 4.4.2)

4.3. СРС при подготовке к текущему контролю

Текущий контроль осуществляется в процессе изучения дисциплины и ставит целью проверить степень и качество усвоения изучаемого материала. В процессе текущего контроля оценивается СРС над изучаемым материалом: полнота выполнения заданий, уровень усвоения учебного материала по отдельным разделам дисциплины, работа с дополнительной литературой.

Текущий контроль может осуществляться в устной или письменной формах. Он может быть выполнен в виде индивидуального или группового опроса.

Важнейшим условием положительных результатов текущего контроля является систематическая СРС в соответствии с графиком недельной загрузки СРС (табл. 3.1).

Контрольные вопросы:

Тема 1	
Преимущества и недостатки ПТУ. Активный и реактивный принцип действия турбин Степень реактивности.	
Тема 2	
Конструктивное отличие активных лопаток от реактивных. Отличие рабочего процесса активных турбин от реактивных. Назначение опорных и упорных подшипников, Способы изготовления роторов турбин. Назначение диафрагм турбомашин. Назначение редукторов соединительных муфт и ВПУ. Состав ПТУ. Назначение конденсаторных устройств.	
Тема 3	
Какие потери в турбинах. Окружные потери в турбинах. Треугольники скоростей активных и реактивных решёток. Окружный КПД	

Тема 4	
Рабочий процесс в многоступенчатых турбинах. Особенности рабочего процесса. Экономичность ПТУ.	
Тема 5	
ГТД простого цикла. Сложные циклы. Компрессоры. Преимущества недостатки осевых и ц/б компрессоров.	
Тема 6	
Характеристики прочности лопаток. Допустимые напряжения, запасы прочности. Материалы для изготовления элементов СТМ	
Тема 7	
Особенности совместной работы турбины и гребного винта Особенности совместной работа турбины и электрогенератора, газовой турбины и центробежного компрессора ТК.	
Тема 8	
Газовые турбины, их особенности. Назначение камер сгорания. Способы регулирования турбин. Составляющие механической эксплуатации турбин.	

4.4. СРС при подготовке к итоговому контролю (промежуточной аттестации)

4.4.1. Итоговый контроль (промежуточная аттестация) осуществляется:

7-й семестр ОФО: экзамен и курсовой проект;

8-й семестр ЗФО: экзамен и курсовой проект.

Типовые контрольные вопросы к экзамену

1. Место турбомашин в судовой энергетике.
2. История развития турбомашин.
3. Принцип действия и устройство турбинных ступеней осевого типа – активный и реактивный принцип.
4. Понятие степени реактивности турбинной ступени, об устройстве и действии турбинной ступени радиального типа.
5. Конструкция судовых турбоагрегатов, их узлов и систем.
6. Устройство судовых главных и вспомогательных паровых и газовых турбин, турбокомпрессоров для наддува судовых дизелей.
7. Детали турбин: направляющие (сопла) и рабочие лопатки, роторы, корпуса, уплотнения, подшипники, зубчатые передачи и соединительные муфты; органы управления, системы, обслуживающие турбомашины.
8. Потери энергии в турбинной ступени.
9. Тепловые расчеты турбинных ступеней.
10. Тепловой процесс турбинной ступени.
11. Располагаемая работа ступени.
12. Потери на окружности колеса турбинной ступени.
13. Окружной КПД.

14. Дополнительные внутренние потери.
15. Внутренняя работа. Внутренний кпд.
16. Многоступенчатые турбины со ступенями скорости и давления.
17. Турбины со ступенями скорости и турбины со ступенями давления область их применения.
18. Внешние потери в турбинах.
19. Механический и эффективный кпд эффективная мощность.
20. Взаимодействие турбин и компрессоров.
21. Схемы осевой компрессорной ступени.
22. Теоретический и полезный напоры.
23. Степень реактивности. Изоэнтروпийный кпд.
24. Неустойчивая работа (помпаж) компрессора. Характеристики (нормальная и универсальная) осевых компрессоров.
25. Схема центробежной компрессорной ступени. Потребляемая мощность, теоретический и полезный напоры, изоэнтропный и полезный кпд.
26. Движение воздуха в рабочем колесе, щелевом, лопаточном диффузорах, улитке. Неустойчивая работа (помпаж). Причины и меры устранения.
27. Характеристики центробежных компрессоров.
28. Сравнительная оценка и область применения.
29. Обеспечение прочности и надежности.
30. Требования, предъявляемые и конструкции и материалам. Допустимые напряжения, запасы прочности.
31. Расчет прочности некоторых деталей турбомашин.
32. Переменные режимы судовых турбоагрегатов.
33. Совместная работа турбины и гребного винта, турбины и электрогенератора, газовой турбины и центробежного компрессора ТК.
34. Условия работы деталей турбомашин.
35. Правила обслуживания судовых паровых и газовых турбин, турбокомпрессоров для наддува судовых дизелей.
36. Техника безопасности при обслуживании турбин и ТК.
37. Характерные неисправности, способы их предупреждения и устранения.
38. Заносимость проточных частей газовых турбин и компрессоров ТК отложениями, способы очистки, применяемые химически-активные вещества.

4.4.2. Вопросы в рамках программного комплекса по тестированию и оценке знаний моряков «Дельта-тест»

Идентификатор теста	SGU_13
Вид проверки	Все функции
Наименование теста	BMX-132 Эксплуатация и ТО судовых двигателей, ТУРБИН и котельных установок
Категория	Вахтенный механик
39.	

ID	Вопрос
09.1.030	Укажите правильный способ поддержания постоянной готовности турбоэлектрической установки
09.1.031	Укажите контрольный параметр работы турбины, который не допускается превышать при любых проверках и настройках регуляторов
09.1.044	При увеличении перепада давления на фильтрах турбокомпрессоров и на воздухоохладителях сверх нормы необходимо произвести их очистку
09.1.046	Пробные пуски турбоагрегата со всех постов управления для проверки правильности действия системы дистанционного управления необходимо производить
09.1.047	В каких случаях допускается отключение аварийной защиты (за исключением предельных выключателей частоты вращения и масляных реле) во избежание остановки турбоагрегата из-за случайного ее срабатывания
09.1.048	Каким образом необходимо производить регулирование температуры масла в системе смазки турбоагрегата
09.1.049	При поддержании турбоагрегата в постоянной готовности температура масла после маслоохладителя должна быть
09.1.050	В течение какого времени необходимо проводить осушение главных турбин
09.1.051	Укажите, допускается ли работа турбоагрегата при выходе из строя отдельных элементов турбоагрегата
09.1.052	Смешение турбинных масел разных марок
09.1.053	Укажите рекомендуемую периодичность вскрытия главных турбоагрегатов и вспомогательных турбин
09.1.054	Вкладыши подшипников, имеющие трещины, выкрашивание или предельный износ белого металла
09.1.055	Превышение предельной частоты вращения турбины при проверке и настройке регулятора
09.2.018	Укажите, какие пункты включает в себя подготовка парового турбоагрегата к прогреванию
09.2.019	При подготовке к действию циркуляционной системы охлаждающей воды конденсационной установки турбоагрегата необходимо
09.2.020	После запуска циркуляционного насоса масляной системы ГТЗА необходимо проверить
09.2.021	Укажите, в чем необходимо убедиться при пробном проворачивании турбоагрегатов валоповоротным устройством
09.2.022	Укажите процедуры, которые запрещается применять в процессе прогрева турбин
09.2.023	Укажите действия, которые необходимо выполнить по окончании прогрева
09.2.024	Укажите параметры, по которым допускается отключение защитных устройств при экстренном пуске паротурбоагрегата
09.2.025	Укажите действия, которые необходимо предпринять в случае остановки турбоагрегата в результате срабатывания защиты
09.2.026	Укажите признаки, по которым следует устанавливать темп повышения частоты вращения турбоагрегата
09.2.027	Укажите процедуры, которые необходимо выполнить, если предполагается длительный передний ход главного паротурбоагрегата
09.2.028	При работе турбоагрегата на самом полном ходу запрещается превышать
09.2.029	Укажите действия, которые необходимо предпринять при перегреве конденсатора главного паротурбоагрегата из-за недостатка охлаждающей воды, для обеспечения его медленного остывания
09.2.030	Укажите, какие параметры работы турбоагрегата, установленные инструкцией по эксплуатации, при маневрировании нарушать недопустимо

09.2.031	Укажите, в каких случаях давление контрпара может быть повышено до величины, предусмотренной в инструкции
09.2.036	Подготовка главного парового турбоагрегата к прогреванию включает в себя
09.2.037	Каким образом осуществляется прогревание турбин при вращении роторов валоповоротным устройством
09.2.038	Какие защитные устройства допускается отключать при экстренном пуске турбоагрегата
09.2.039	В случае остановки турбоагрегата в результате срабатывания защиты необходимо
09.2.040	Во время работы турбоагрегата необходимо
09.2.041	В каких случаях необходимо прослушивать турбоагрегат при помощи стетоскопов
09.2.042	Укажите, когда необходимо измерять вибрацию турбоагрегата с записью результатов в машинный журнал и формуляр
09.2.043	При полном заднем ходе турбоагрегата необходимо следить за
09.2.044	При выводе турбоагрегата из действия должно быть обеспечено
09.2.045	Каким образом осуществляется экстренная остановка ГТЗА
09.2.046	Укажите периодичность проверки предельных регуляторов, регуляторов частоты вращения турбогенераторов и регуляторов давления турбонасосов
09.2.047	Укажите, в каких случаях не допускается производить пуск вспомогательных турбин
09.2.048	В чем заключается постоянная готовность турбоэлектрической установки

4.5. СРС при выполнении курсового проекта

Курсовой проект состоит из пояснительной записка объемом 30-35 страниц рукописного текста и графической части. Пояснительная записка содержит описание, тепловой и прочностные расчеты паровой турбины, ГТД или газотурбонагнетателя и мероприятий по их обслуживанию.

Графическая часть состоит из чертежей: профильный разрез турбины или газотурбонагнетателя, проточной части и узла (детали). Трудоемкость курсового проекта составляет 36 часов.

СРС осуществляется с использованием методических указаний к выполнению указанной курсовой работы:

Методические указания для выполнения курсового и дипломного проектирования «Расчет газотурбонагнетателя судового ДВС» по дисциплине «Судовые турбоустановки и их эксплуатация». Изд. СГУ, 2015-24 с.

Студент имеет возможность получить в электронном виде данные методические указания и исходные данные по вариантам в электронной библиотеке кафедры ЭМСС (ауд. № 26) или же в библиотеке университета.

5. ОЦЕНКА ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ

Оценка СРС осуществляется преподавателем самостоятельно в соответствии со следующими критериям:

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка ECTS	Критерии оценивания	Уровень компетентности	Оценка по национальной шкале
				для диф. зачета, КР
90 – 100	A	Студент обнаруживает особенные творческие способности, умеет самостоятельно добывать знания, без помощи преподавателя находит и прорабатывает необходимую информацию, умеет использовать приобретенные знания и умения для принятия решений в нестандартных ситуациях, убедительно аргументирует ответы, самостоятельно раскрывает собственные одаренность и склонность	Высокий (творческий)	отлично
82-89	B	Студент свободно владеет изученным объемом материала, применяет его на практике, свободно решает упражнения и задачи в стандартных ситуациях, самостоятельно исправляет допущенные ошибки, количество которых незначительно	Достаточный	хорошо
74-81	C	Студент владеет изученным объемом материала, применяет его на практике, решает упражнения и задачи в стандартных ситуациях, с помощью исправляет допущенные ошибки, количество которых незначительно		
64-73	D	Студент воспроизводит значительную часть теоретического материала, обнаруживает знание и понимание основных положений; с помощью преподавателя может анализировать учебный материал, исправлять ошибки, среди которых есть значительное количество существенных	Средний	удовлетворительно
60-63	E	Студент воспроизводит часть теоретического материала, обнаруживает знание и понимание основных положений; с помощью преподавателя может анализировать учебный материал, способен признать допущенные ошибки, среди которых есть существенные		

35-59	FX	Студент владеет материалом на уровне отдельных фрагментов, которые составляют незначительную часть учебного материала	Низкий	неудовлетворительно
1-34	F	Студент не освоил материал. Рекомендуются повторное изучение материала		

6. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1 – Основная и дополнительная литература

№ п/п	Наименование учебника	Кол-во экз. в библ.
Основная литература		
1.	Артемов Г.А., Бойков В.П., Гильмутдинов А.Г. Судовые газотурбинные установки. - Л.: Судостроение, 1978. 246 с.	5
2.	Слободянюк Л.И., Поляков В.И. Судовые паровые и газовые турбины и их эксплуатация. - Л.: Судостроение, 1983. 354 с.	25
3.	Слободянюк Л.И. Проектирование судовых газотурбинных двигателей. - КЕ.: Институт содержания и методов обучения, 1996. 166 с.	25
4.	Мальчиков А.И. Судовые турбомашин. Учебно-методическое пособие по проведению лабораторных и тренажерных работ / А.И. Мальчиков, Г.В. Горбеев, Л.И. Слободянюк - Севастополь: СевГУ, 2016 – 64 с.: ил.	40
Дополнительная литература		
5.	Зайцев В.И. и др. Судовые паровые и газовые турбины. - М.: Транспорт, 1981. 311 с.	30
6.	Ребров Б.В. Учебник машиниста-газотурбиниста. - М.: Издат МО, 1980. 285 с.	3
7.	Вудворд Дж. Морские газотурбинные установки. - Л.: Судостроение. 1980. 359 с.	3
8.	Беляев И.Г. Эксплуатация судовых утилизационных установок. - М.: Транспорт, 1987. 172 с.	3
9.	Горбов В.М. Основы технической эксплуатации судовых газотурбинных установок. – Н.: УГМТУ, 1996. 233 с.	5
10.	Международная Конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 г., измененная протоколом 1978 г. к ней (МАРПОЛ 73/78). Книги I и II. – СПб., ЗАО «ЦНИИМФ», 2008. -760 с.	
11.	Международная Конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года (текст, измененный Протоколом 1988 года к ней с поправками). – СПб., ЗАО «ЦНИИМФ», 2008. -984 с.	
12.	Международный Кодекс по управлению безопасностью (МКУБ) и пересмотренное Руководство по его осуществлению.– Одесса: Укрморинформ, 2002.	
13.	Международный Кодекс по управлению безопасной эксплуатацией судов и предотвращению загрязнения (МКУБ). Перевод (процедуры контроля) ИМО. – Лондон, 1995. – 27с.	

№ п/п	Наименование учебника	Кол-во экз. в библ.
14.	Международная конвенция по подготовке и дипломированию моряков и несение вахты (Конвенция ПДНВ). Инспекция по подготовке и дипломированию моряков. 2009. – 727с.	
15.	Правила классификации и постройки морских судов. Том 1. НД № 2-020101-052. Том 2. НД № 2-020101-052. – СПб.: Российский Морской Регистр Судоходства, 2008.	
16.	Пересмотренное руководство по системам обращения с нефтесодержащими отходами в машинных помещениях судов, включающие инструкции по интегрированной системе обработки льяльных вод (ИСОЛ) // Бюллетень №10 изменений и дополнений к конвенции МАРПОЛ 73/78. – СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2007 г. – с.42-65.	
17.	Правила технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций. Часть IV. Судовые паровые турбоагрегаты: РД 31.21.30-97. Введ. 1997-07-01 http://www.Net Harbour.ru , 1997 – 369 с.	

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

№ п/п	Наименование указания, пособия	Кол-во экземпляров
1.	Мальчиков А.И. Судовые турбомашинны. Учебно-методическое пособие по проведению лабораторных и тренажерных работ / А.И. Мальчиков, Г.В. Горобец, Л.И. Слободянюк - Севастополь: СевГУ, 2016 – 64 с.: ил.	40 экз.
2.	*Методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Судовые турбомашинны». Изд. СГУ. – 2015-60с.	100 экз. электронный ресурс
3.	*Методические указания для выполнения курсового и дипломного проектирования «Расчет газотурбонагнетателя судового ДВС» по дисциплине «Судовые турбоустановки и их эксплуатация». Изд. СГУ, 2015-24 с.	50 экз. электронный ресурс
4.	*Методические указания для выполнения курсового и дипломного проектирования «Расчет однокорпусной утилизационной паровой турбины» по дисциплине «Судовые турбинные установки и их эксплуатация». Изд. СГУ, 2015-36 с.	25 экз. электронный ресурс

*Указанные МУ могут быть получены студентами в электронном виде в компьютерном классе кафедры (ауд. 26) или библиотеке СГУ.

7. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1 – Описание информационных ресурсов необходимых для освоения дисциплины

№	Адрес сайта и его описание	Перечень материалов представленных на сайте
1.	http://sevntu.com.ua/bibl/ – сайт библиотеки СевГУ	Представлена информация по методическому обеспечению дисциплины. Имеется каталог с возможностью поиска необходимой для изучения дисциплины литературы.
2.	http://Server26aud/OpenTest	Ресурс, доступный из аудитории Кафедры ЭМСС № 26. Необходим для проверки знаний студентов. Используется для интерактивного обучения по вопросам дисциплины.

Гаршин Александр Юрьевич

СУДОВЫЕ ТУРБОМАШИНЫ

*Методические указания
к самостоятельной работе студентов*

В авторской редакции

Изд. № 279/19. Объем 1,5 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»