

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

Методические указания

к самостоятельной работе студентов специальности
26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок»,
специализация
«Эксплуатация главной судовой двигательной установки»

Севастополь
СевГУ
2025

УДК [621.43.016:629.5.03](076)
ББК 31.31:39.455я73
Т382

Р е ц е н з е н т :

Г. В. Гоголев - канд. техн. наук, доцент кафедры ЭМСС

Составители: К. Ю. Федоровский, В. А. Тимофеев, Н. К. Гриненко

Т382 Техническая термодинамика и теплопередача : методические указания к самостоятельной работе студентов специальности 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок», специализация «Эксплуатация главной судовой двигательной установки» / Севастопольский государственный университет, Морской институт ; сост.: К. Ю. Федоровский, В. А. Тимофеев, Н. К. Гриненко. – Севастополь : СевГУ, 2025. – 40 с. – Текст : электронный.

Представлены методические указания и рекомендации, обеспечивающие самостоятельную работу студентов, изучающих учебную дисциплину «Техническая термодинамика и теплопередача».

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

УДК [621.43.016.:629.5.03](076)
ББК 31.31:39.455я73

Рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании кафедры «Энергоустановки морских судов и сооружений», протокол № 3 от 31 марта 2023 г.

В авторской редакции

Изд. № 75/2023. Объем 2,5 п.л. Усл. печ. л. 2,32. Уч.-изд. л. 2,45.
Издательский центр ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

© Федоровский К. Ю., Тимофеев В. А.,
Гриненко Н. К., сост., 2025
© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

	Введение.....	4
1.	Цели и задачи учебной дисциплины.....	5
2.	Требования к результатам обучения по дисциплине	7
3.	Общие методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	8
4	Структура и содержание дисциплины	12
5	Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	19
6.	Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости	21
7.	Фонды оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине	30
8.	Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины.....	35
	Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети	
9.	«Интернет», необходимых для освоения дисциплины.....	37
10.	Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине ...	39
11.	Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине ...	40

ВВЕДЕНИЕ

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

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

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

Целью преподавания дисциплины “Техническая термодинамика и теплопередача” является получение студентами основных представлений о тепловых процессах в главных и вспомогательных агрегатах судовых энергетических установок (СЭУ), а также их влиянии на эффективность, экономичность и экологичность оборудования.

Задачи дисциплины:

- обеспечить освоения основ специальности, касающихся фундаментальных и прикладных положений Технической термодинамики и теплопередачи.
- научить выявлять проблемы, формулировать задачи и определять пути исследования в области теплообмена;
- научить применять базовые знания в области тепловых процессов в фундаментальных и профессиональных дисциплинах;
- научить определять пути повышения эффективности тепловых процессов в судовом оборудовании;

Студент по окончании обучения должен:

знать:

основные законы термодинамики и теплопередачи, связанные с профессиональной деятельностью

- основные фундаментальные и прикладные положения Термодинамики и теплопередачи
- способы измерений, записи и хранения результатов наблюдений, методы обработки и представления экспериментальных данных
- основные практические задачи, касающиеся тепловых процессов в СЭУ
- фундаментальные и прикладные проблемы в области Термодинамики и теплопередачи применительно к судам и судовому оборудованию

уметь:

- применять основные законы термодинамики и теплопередачи, связанные с профессиональной деятельности
- обрабатывать экспериментальные данные, интерпретировать и профессионально представлять
- выявить проблемы, формулировать задачи и намечать пути исследования тепловых процессов
- определять пути повышения эффективности тепловых процессов в судовом оборудовании

владеть:

- навыками применения основных законов термодинамики и теплопередачи в профессиональной деятельности;
- навыками работы с измерительными приборами и инструментами, используемыми в термодинамике и теплопередаче;

После освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями, приведенными ниже.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые общепрофессиональные компетенции:

- **ОПК-2.** Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, аналитические методы в профессиональной деятельности и общетехническая область
- **ОПК-3.** Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих результатов обучения:

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Естественно-научная и общетехническая область	ОПК-2. Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, аналитические методы в профессиональной деятельности	ОПК-2.1. Знает основные законы естественнонаучных дисциплин, связанные с профессиональной деятельностью; ОПК-2.2. Умеет применять основные законы естественнонаучных дисциплин, связанные в профессиональной деятельности; ОПК-2.3. Владеет навыками применения основных законов естественнонаучных дисциплин, связанные в профессиональной деятельности
Естественно-научная и общетехническая область	ОПК-3. Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-3.1. Знает способы измерений, записи и хранения результатов наблюдений, методы обработки и представления экспериментальных данных; ОПК-3.2. Умеет обрабатывать экспериментальные данные, интерпретировать и профессионально представлять полученные результаты; ОПК-3.3. Владеет навыками работы с 19 измерительными приборами и инструментами

3. ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение обучающимся учебной дисциплины предполагает изучение материалов дисциплины на аудиторных занятиях и в ходе самостоятельной работы. Аудиторные занятия проходят в форме лекций, практических занятий и тестирования.

Лекция (от лат. lectio) – систематическое, последовательное, монологическое устное изложение преподавателем (лектором) учебного материала, как правило, теоретического характера.

Лекция – экономный по времени способ сообщения студентам учреждений среднего профессионального обучения значительного объема информации. Индивидуальность лектора и тот факт, что он может постоянно совершенствовать содержание лекции благодаря собственным исследованиям, знакомству с вновь принятыми нормативными актами и их проектами, актуальной литературой, научному общению с коллегами и т.п., делает лекцию практически незаменимой другими источниками учебной информации.

В отличие от учебника лекция:

- дает непосредственное общение с лектором;
- представляет разные точки зрения;
- дает возможность повторения того, что нужно студентам и преподавателю;
- учитывает особенности ситуации;
- способствует установлению живой связи студентов с изучаемой дисциплиной.

В организации учебного процесса студентов заочной формы обучения часто используются установочные лекции.

Установочная лекция включает обзор основного материала предмета, дает студентам общие установки на самостоятельное овладение содержанием курса или его части. Лекция такого типа, как правило, носит объяснительный характер, возможно, с использованием демонстрационного материала. Лектор обобщает современные представления об изучаемом объекте, акцентирует внимание студентов на нерешенных проблемах, высказывает собственную точку зрения, дает научный прогноз относительно дальнейшего развития изучаемой отрасли. Кроме того, обязательным элементом установочной лекции должна стать та или иная форма обратной связи с аудиторией. Следует указать на необходимость четкой градации материала, представленного вниманию студентов, по степени важности.

Лабораторное занятие – форма учебного занятия, при которой студент под руководством преподавателя проводит естественные или имитационные эксперименты или опыты с целью подтверждения отдельных теоретических положений определенной учебной дисциплины, приобретает практические навыки работы с лабораторным оборудованием, оборудованием, вычислительной

техникой, измерительной аппаратурой, методикой экспериментальных исследований.

Основными задачами лабораторных занятий являются: углубление и уточнение знаний, полученных на лекциях и в процессе самостоятельной работы; формирование интеллектуальных умений и навыков планирования, анализа и обобщения; овладение техникой; накопления первичного опыта организации производства и овладение техникой управления им подобное.

Лабораторные занятия не только закрепляют теоретические знания, но и позволяют студенту глубоко изучать механизм применения этих знаний, овладевать важным для специалиста умением интеллектуального проникновения в те естественно-технические или производственные процессы, которые исследуют на лабораторном занятии. Под влиянием этой формы занятий студентов часто возникают новые идеи научного и технического характера, которые используются в курсовых, квалификационных, дипломных работах. Лабораторные занятия в значительной степени обеспечивают отработку умений и навыков принятия прлабораторные занятия проходят в предусмотренный расписанием время. Студенты, которые не явились на лабораторную работу или не допущены к ней за плохой подготовки, выполняют работу по дополнительному расписанию за счет личного времени;активных решений в реальных условиях производства.

Самостоятельная работа – это вид учебной деятельности, выполняемый учащимся без непосредственного контакта с преподавателем или управляемый преподавателем опосредовано через специальные учебные материалы; неотъемлемое обязательное звено процесса обучения, предусматривающее прежде всего самостоятельную работу учащихся в соответствии с установкой преподавателя или учебника, программы обучения. В качестве самостоятельных работ обычно используются домашние задания: работа с учебником, конспектом лекций и др. К самостоятельным работам также относятся отдельные этапы лабораторных работ и практических занятий, типовые курсовые проекты, а также специально подготовленные домашние задания с предписаниями алгоритмического характера.

Самостоятельная работа включает разнообразный комплекс видов и форм работы обучающихся.

Для успешного освоения учебной дисциплины и достижения поставленных целей необходимо внимательно ознакомиться с программой учебной дисциплины.

Следует обратить внимание на список основной и дополнительной литературы, которая имеется в электронной библиотечной системе «Университет», на предлагаемые преподавателем ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет. Эта информация необходима для самостоятельной работы обучающегося.

При подготовке к аудиторным занятиям необходимо помнить особенности каждой формы его проведения.

Подготовка к учебному занятию лекционного типа заключается в следующем.

С целью обеспечения успешного обучения обучающийся должен готовиться к лекции, поскольку она является важнейшей формой организации учебного процесса, поскольку:

- знакомит с новым учебным материалом;
- разъясняет учебные элементы, трудные для понимания;
- систематизирует учебный материал;
- ориентирует в учебном процессе.

С этой целью:

- внимательно прочитайте материал предыдущей лекции;
- ознакомьтесь с учебным материалом по учебнику и учебным пособиям с темой прочитанной лекции;
- внесите дополнения к полученным ранее знаниям по теме лекции на полях лекционной тетради;
- запишите возможные вопросы, которые вы зададите лектору на лекции по материалу изученной лекции;
- постарайтесь уяснить место изучаемой темы в своей подготовке;
- узнайте тему предстоящей лекции (по тематическому плану, по информации лектора) и запишите информацию, которой вы владеете по данному вопросу.

Подготовка к практическим занятиям

При подготовке и работе во время проведения практических занятий следует обратить внимание на следующие моменты: на процесс предварительной подготовки, касательно существующих требований, оборудования и процедур.

Предварительная подготовка к практическим занятиям заключается в изучении теоретического материала в отведенное для самостоятельной работы время.

Работа во время проведения практических занятий включает несколько моментов:

- консультирование студентов преподавателями и вспомогательным персоналом с целью предоставления исчерпывающей информации, необходимой проведения практических занятий
- самостоятельное выполнение поставленных преподавателем задач

Проведение самостоятельной работы.

Для более углубленного изучения темы задания для самостоятельной работы рекомендуется выполнять параллельно с изучением данной темы. При выполнении заданий по возможности используйте наглядное представление материала. Более подробная информация о самостоятельной работе представлена в разделе «Перечень учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине».

Тестирование осуществляется с использованием компьютерной системы «Дельта-тест». Студент может пройти тестирование под руководством инст-

руктора. По результатам тестирования оформляется протокол с указанием результатов тестирования.

Подготовка к экзамену.

К экзамену необходимо готовится целенаправленно, регулярно, систематически и с первых дней обучения по данной дисциплине. Попытки освоить учебную дисциплину в период зачетно-экзаменационной сессии, как правило, приносят не слишком удовлетворительные результаты.

При подготовке к экзамену по теоретической части выделите в вопросе главное, существенное (понятия, признаки, классификации и пр.), приведите примеры, иллюстрирующие теоретические положения.

После предложенных указаний у обучающихся должно сформироваться четкое представление об объеме и характере знаний и умений, которыми надо будет овладеть по дисциплине.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Структура дисциплины

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)	Промежу- точная атте- стация	
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия				Зачет (семестр)	Экзамен (семестр)
Очная форма обучения										
2	4	4 (144)	28	–	28	52 +36	-	КР (4 семестр)		4
Заочная форма обучения										
3	5	36	4	-	2	30	-	-	-	
3	6	108	6	-	6	87	-	КР (6 сем)		6 -
Всего по ЗФО										
3	5,6	4 (144)	10	-	8	117	-	КР (6 семестр)		6

Структура учебной дисциплины:

Наимено- вание те- мы	Количество часов												Форма теку- щего кон- троля	
	Очная						Заочная							
	се ме стр	об ще е	Контактная работа			СР С	се- мес- тр	об- щее	Контактная работа			СРС		
			лек.	пр	лаб.				лек.	пр.	лаб.			
1		2	3	4	5	6		7	8	9	10	11		
Семестр 4 (4)														
	Раздел 1. Техническая термодинамика													
Тема 1.1. Основные понятия и определе- ния тер- модина- мики	4	10	2	-	4	4	5,6	13	0,5	-	1,0	9	лабо- ратор- ная ра- бота, собесе- дова- ние	

Идеальный газ. Первый закон термодинамики													
Тема 1.2. Анализ процессов идеальных газов. Второй закон термодинамики	4	6	2	-	-	4	5,6	10	1,0	-	1,0	8	собеседование
Тема 1.3. Реальные газы и пары	4	12	2	-	6	4	5,6	10	0,5	-	1,0	8	лабораторная работа, собеседование
Тема 1.4. Поток, истечение и нагнетание газов и паров	4	10	2	-	4	4	5,6	10	1,0	-	1,0	8	лабораторная работа, собеседование
Тема 1.5. Паровые циклы	4	4	2	-	-	2	5,6	10	1,0	-	-	8	собеседование
Тема 1.6. Теоретические циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания	4	6	2	-	-	4	5,6	14	1,0	-	-	10	собеседование
Тема 1.7. Циклы газотурбинных установок. Холодильные циклы.	4	6	2	-	-	4	5,6	10	1,0	-	-	8	собеседование

	Раздел 2. Теплопередача												
Тема 2.1. Введение. Теплопередача и ее роль в обеспечении работы судовых энергетических установках;	4	3	1	-	0	2	5,6	3,5	0,5	-	0	3	собесе- дова- ние
Тема 2.2. Теплопроводность	4	8	2	-	4	2	5,6	6,5	0,5	-	1	5	лабо- ратор- ная ра- бота, собесе- дова- ние
Тема 2.3. Конвективный теплообмен	4	14	4	-	6	2	5,6	12,5	0,5	-	2	10	лабо- ратор- ная ра- бота, собесе- дова- ние
Тема 2.4. Теплообмен при кипении и конденсации пара.	4	8	2	-	4	2	5,6	7,5	0,5	-	1	6	собесе- дова- ние
Тема 2.5. Теплообмен излучением	4	4	2	-	-	2	5,6	5,5	0,5	-	-	5	собесе- дова- ние
Тема 2.6. Процессы теплопередачи	4	5	2	-	-	2	5,6	8,5	0,5		-	8	собесе- дова- ние
Тема 2.7. Судовые теплообменные аппараты,	4	3	1	-	-	2	5,6	10	1,0	-	-	9	собесе- дова- ние
Курсовая работа	4	12	-	-	-	12	6	12		-	-	12	-
Промежуточная аттестация	4	-	-	-	-	36	6	9		-	-	9	-

(экзамен)													
Всего за семестр	4	14 4	28	-	28	52 +36	5,6	144	10	-	8	117 +9	
Всего часов	4	14 4	28	-	28	52 +36	5,6	144	10	-	8	117 +9	

Собеседование – специальная беседа преподавателя со студентом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, рассчитанная на выяснение объема знаний студента по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

4.2. Содержание разделов дисциплины

РАЗДЕЛ 1. ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

Тема 1.1 Основные понятия и определения термодинамики. Идеальный газ. Первый закон термодинамики.

Лекционное занятие (2 часа):

Термодинамическая система и внешняя среда. Рабочее тело. Термодинамическое состояние. Параметры состояния и уравнения состояния. Термодинамический процесс. Основные свойства идеальных газов. Уравнение состояния идеальных газов. Свойства газовых смесей. Теплоемкость идеальных газов и смесей. Закон сохранения и превращения энергии. Полная и внутренняя энергии. Теплота и работа как энергетические характеристики термодинамического процесса. Аналитические уравнения 1-го закона термодинамики. Понятие об энтальпии и энтропии. Уравнение 1-го закона термодинамики для потока.

Лабораторное занятие № 1 (4 часа):

«Определение теплоемкости воздуха».

Тема 1.2. Анализ процессов идеальных газов. Второй закон термодинамики.

Лекционное занятие (2 часа):

Изохорный, изобарный, изотермный и адиабатный процессы. Политропный процесс. Равновесные и неравновесные процессы. Понятия обратимости. Общая характеристика термодинамических циклов. Термический коэффициент полезного действия и холодильный коэффициент. Формулировки второго закона термодинамики. Идеальный цикл Карно и его свойства. Регенеративный и эквивалентный циклы Карно. Изменение энтропии в необратимых процессах. Объединенное уравнение первого и второго закона термодинамики. Границы применимости 2-го закона термодинамики.

Тема 1.3. Реальные газы и пары.

Лекционное занятие (2 часа):

Качественные отличия реальных газов. Уравнения состояния реальных газов. Условия фазового равновесия. Фазовые переходы. Термодинамические свойства веществ на линии фазовых переходов. Двухфазные системы. Термодинамические диаграммы состояния веществ. Водяной пар и его характерные

состояния. Анализ основных термодинамических процессов изменения состояния пара. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара. Влажный воздух, его свойства. h - s диаграмма влажного воздуха, расчет процессов влажного воздуха.

Лабораторное занятие № 2 (3 часа):

«Исследование фазового перехода «вода-пар».

Лабораторное занятие № 3 (3 часа):

«Исследование процессов во влажном воздухе».

Тема 1.4. Поток, истечение и нагнетание газов и паров.

Лекционное занятие (2 часа):

Основные уравнения процессов потока. Истечение из сужающихся сопел. Максимальная скорость и расход. Критическое отношение давления. Сопла Лаваля. Адиабатное истечение с трением. Коэффициенты сопла. Дросселирование газов и паров. Эффект Джоуля-Томсона. Техническое использование дросселирования. Процессы нагнетания газа и индикаторная диаграмма одноступенчатого компрессора. Термодинамические процессы в многоступенчатом компрессоре. Способы повышения экономичности компрессоров.

Лабораторное занятие № 4 (4 часа):

«Истечение газа из сопла».

Тема 1.5. Паровые циклы.

Лекционное занятие (2 часа):

Цикл Ренкина. Способы повышения КПД паросиловых установок. Цикл с промежуточным перегревом пара. Регенеративный цикл паросиловой установки.

Тема 1.6. Теоретические циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания.

Лекционное занятие (2 часа):

Теоретические циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Отто, Дизеля, Тринклера. Сравнение циклов ДВС. Способы повышения термического КПД циклов ДВС.

Тема 1.7. Циклы газотурбинных установок. Холодильные циклы.

Лекционное занятие (2 часа):

Цикл газотурбинных установок. Способы повышения термического КПД циклов газотурбинных установок. Комбинированные циклы теплосиловых установок. Цикл газовой холодильной установки. Цикл парокомпрессионной холодильной установки. Принцип работы теплового насоса.

РАЗДЕЛ 2. ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

Тема 2.1. Введение. теплопередача и ее роль в обеспечении работы судовых энергетических установках.

Лекционное занятие (1 час):

Основные определения и процессы переноса теплоты

Тема 2.2. Теплопроводность.**Лекционное занятие (2 часа):**

Основной закон теплопроводности. Теплопроводность плоской стенки. Теплопроводность цилиндрической стенки.

Лабораторное занятие № 1 (часа):

«Исследование теплопроводности твердого тела».

Тема 2.3. Конвективный теплообмен.**Лекционное занятие (4 часа):**

Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Основной закон теплоотдачи. Дифференциальные уравнения теплообмена. Общие сведения о подоби и моделировании процессов конвективного теплообмена. Теплоотдача при вынужденной конвекции: теплоотдача при обтекании плоской поверхности; при течении жидкости в трубах; при поперечном обтекании одиночных труб; при поперечном обтекании пучков труб. Теплоотдача импульсных струй. Теплоотдача при свободной конвекции в неограниченном и ограниченном пространстве.

Лабораторное занятие № 2 (2 часа):

«Исследование теплоотдачи при свободной конвекции».

Лабораторное занятие № 3 (4 часа):

«Исследование теплоотдачи при вынужденной конвекции».

Тема 2.4. Теплообмен при кипении и конденсации пара**Лекционное занятие (2 часа):**

Теплообмен при кипении: режимы кипения жидкости; теплообмен при пузырьковом кипении; теплообмен при пленочном кипении. Теплообмен при конденсации пара: общие представления о процессе конденсации; теплоотдача при капельной конденсации пара; теплоотдача при пленочной конденсации пара; теплоотдача при конденсации пара в трубах; влияние различных факторов на процесс конденсации

Лабораторное занятие № 4 (5 часов):

«Исследование теплообмена при кипении жидкости».

Тема 2.5. Теплообмен излучением.

Лекционное занятие (2 часа): Законы теплового излучения. Лучистый теплообмен между телами. Тепловое излучение газов

Тема 2.6. Процессы теплопередачи.

Лекционное занятие (2 часа): Основное уравнение теплопередачи. Теплопередача через стенки: плоские стенки, цилиндрические стенки, ребреные стенки. Интенсификация процессов теплопередачи: общие принципы интенсификации

фикации теплоотдачи; основные методы интенсификации теплоотдачи. Тепловая изоляция.

Тема 2.7. Судовые теплообменные аппараты.

Лекционное занятие (1 часа):

Особенности процессов теплопередачи в судовых энергетических установках. Кожухотрубные теплообменные аппараты. Пластинчатые теплообменные аппараты. Специальные судовые теплообменные аппараты. Теплообменники-регенераторы с вращающейся поверхностью нагрева. Основные положения теплового расчета рекуперативных аппаратов: виды расчетов и основные зависимости; схемы движения теплоносителей и температурный напор; конструкторский и поверочный расчеты рекуперативных теплообменников.

5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Самостоятельная работа

Наименование работы, ее вид	Содержание/характеристика работы, планируемые результаты
Самоподготовка	Содержание: повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий. Планируемые результаты самостоятельной работы обучающихся: усвоение знаний, формирование профессиональных умений, навыков и компетенций будущего специалиста; воспитание потребности в самообразовании
Подготовка к лабораторным занятиям	Содержание: подготовка к вопросам, которые будут рассматриваться на лабораторных занятиях. Планируемые результаты самостоятельной работы обучающихся: закрепление знания теоретического материала практическим путем
Выполнение индивидуального творческого задания	Содержание: Курсовая работа “Тепловой и гидравлический расчеты рекуперативного теплообменного аппарата (ТОА)” предусматривает выполнение студентами соответствующих расчетов, в результате которых определяются коэффициенты теплоотдачи и теплопередачи ТОА, требуемая площадь теплопередающей поверхности, длина и компоновка трубного пучка, требуемое количество и шаг диафрагм межтрубного пространства, размеры корпуса ТОА, крышек, патрубков и гидравлическое сопротивление. Планируемые результаты самостоятельной работы обучающихся: получение практических навыков выполнения тепло-технических расчетов

5.2. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы

Наименование работы, ее вид	Перечень учебно-методического обеспечения СРС
Самоподготовка	Тверская С. Е. Техническая термодинамика [Текст] : учебное пособие / С. Е. Тверская, В. А. Тимофеев. - Севастополь : Издательство Севастопольского государственного университета, 2018. - 115 с. : ил. ; 20 см. - Библиография: с. 115. Федоровский, К. Ю. Теплопередача [Текст] : учеб. для студ. вузов, обуч. по напр. подготовки "Мор. и речной трансп." / К. Ю. Федоровский ; М-во образования и науки, молодежи и спорта Украины, Севастоп. нац. техн. ун-т. - Севастополь : Изд-во Севастоп. нац. техн. ун-та, 2012. - 304 с. - Библиогр.: с. 290-292 (29 назв.). - Предм. указ.: с. 293-296. - Имен. указ.: с. 297-302. - ISBN978-617-612-016-2 Техническая термодинамика и теплопередача: метод. указания к самостоятельной работе студентов / К. Ю. Федоровский, Тимофеев В.А.- Севастополь: СевГУ, 2019. – 39 с.

Подготовка к лабораторным занятиям	Техническая термодинамика и теплопередача, часть 1 – Техническая термодинамика: метод. указания к выполнению лабораторных работ / К. Ю. Федоровский, В.А. Тимофеев. – Севастополь: СевГУ, 2018. – 43 с.: ил. Техническая термодинамика и теплопередача, часть 2 – Теплопередача: метод. указания к выполнению лабораторных работ / К. Ю. Федоровский, В.А. Тимофеев. – Севастополь: СевГУ, 2018. – 36 с.: ил.
Выполнение индивидуального творческого задания	Тепловой и гидравлический расчеты рекуперативного теплообменного аппарата: метод. указания к выполнению курсовой работы по разделу «Теплопередача» / К. Ю. Федоровский. - Севастополь: СевГУ, 2018. – 36 с.: ил.

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

6. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

Для проведения текущего контроля используются собеседование, лабораторные работы и творческое задание.

Раздел «Техническая термодинамика»

Перечень вопросов и задач	
Входной контроль	
1. Что такое адиабатный процесс? 2. Что такое изотермический процесс? 3. Что такое изобарный процесс? 4. Что такое изохорный процесс? 5. Молярная единица измерения количества вещества. 6. Что такое первая производная функции? 7. Определенный интеграл, его практическое применение. 8. Частная производная, ее практическое применение. 9. Что такое градиент?	
Текущий контроль	
T1	
1. Основные законы идеального газа, уравнение Менделеева, газовые постоянные. 2. Уравнение состояния идеальных газов. 3. Уравнение Менделеева, газовые постоянные. 4. Газовая смесь: определение, способы задания, парциальное давление, закон Дальтона. 5. Параметры состояния. Равновесный процесс. Теплота и работа. Система координат P-V. 6. Теплоемкость: определение, массовая, объемная и молярная теплоемкости 7. Истинная и средняя теплоемкости, формула Майера, показатель адиабаты 8. Изменение энтропии в процессах идеального газа. 9. Тепловая диаграмма T-S: свойство диаграммы, изображение процессов и циклов в ней. 10. Теплоемкость газов, использование таблиц, теплоемкость газовой смеси. 11. Первый закон термодинамики: внутренняя энергия, энтальпия, работа газа и ее изображение в P-V диаграмме, аналитическое выражение первого закона термодинамики. 12. Основное термодинамическое тождество. 13. Вечный двигатель первого рода.	
T2	
1. Обобщающее значение политропного процесса: обобщающие зависимости, процессы в P-V и T-S координатах, определение показателя политропы. 2. Изохорный и изобарный процессы: их уравнение, изображение в P-V и T-S координатах, работа, теплота, изменение внутренней энергии, соотношение между параметрами состояния. 3. Изотермический и адиабатный процессы: их уравнения, изображения в P-V и T-S диаграммах, работа и теплота, изменение внутренней энергии, соотношения между параметрами состояния. 4. Второй закон термодинамики: обратимые и необратимые процессы, особенности превращения теплоты в работу, физическая сущность закона. 5. Прямые и обратные круговые циклы. Термический КПД, работа цикла. 6. Изменение энтропии изолированной термодинамической системы. Критика теории	

“тепловой смерти”.	
7. Формулировки и аналитическое выражение второго закона термодинамики.	
8. Вечный двигатель второго рода.	
Т3	
1. Изображение паровых процессов T-S и H-S координатах. Подвод теплоты к влажному насыщенному и перегретому пару.	
2. Пар и парообразование: испарение, кипение, сублимация, конденсация, десублимация, фазовая диаграмма P-T, тройная точка.	
3. Влажный воздух: определение, основные понятия, относительная и абсолютная влажность, температура точки росы, влагосодержание.	
4. Термодинамические свойства реального газа: коэффициент сжимаемости, уравнение Ван-дер-Ваальса.	
5. Тепловая диаграмма T-S для пара.	
6. Влажный воздух: диаграмма H-d, процессы влажного воздуха и их применение.	
7. Диаграмма P-V для жидкости и пара. Влажный насыщенный и сухой пар, степень сухости, перегретый пар, теплота парообразования.	
8. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.	
Т4	
1. Дросселирование водяного пара.	
2. Расчетный и нерасчетный режимы истечения газа из сужающегося сопла.	
3. Многоступенчатый поршневой компрессор: цикл в P-V и T-S координатах, степень повышения давления.	
4. Дросселирование реального газа: эффект Джоуля-Томсона, температура инверсии, дросселирование паров.	
5. Влияние на истечение трения, коэффициент φ_s – учитывающий влияние трения.	
6. Параметры полного адиабатного торможения газового потока.	
7. Цикл поршневого компрессора. Работа, затраченная на его привод.	
8. Основные положения теории газового потока: неразрывность потока, внешняя техническая работа, уравнение сохранения энергии.	
9. Процесс дросселирования: основные положения, дросселирование идеального газа	
10. Термодинамика потока газа: скорость звука, сопла и диффузор, скорость истечения, секундный расход.	
11. Компрессор: цикл одноступенчатого поршневого компрессора, влияние показателя политропы на работу сжатия.	
Т5	
1. Схема и цикл паросиловой установки с регенеративным подогревом питательной воды и отборами пара из турбины.	
2. Циклы паросиловых установок: со вторичным пароперегревом, регенеративный цикл, теплофикационный цикл.	
3. Цикл паросиловых установок: принципиальная схема установки, изображение в диаграммах T-S и H-S, КПД цикла, особенности реального цикла, влияние параметров цикла на его КПД.	
Т6	
1. Идеальный цикл ДВС со смешанным подводом теплоты.	
2. 44. Цикл ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме. Принцип работы двигателя.	
3. Цикл ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме: расчет и КПД цикла.	
4. Принцип работы ДВС: индикаторная диаграмма и цикл двигателя.	
5. Цикл ДВС со смешанным подводом теплоты, КПД цикла.	
Т7	
1. Цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении: принцип работы, параметры и КПД цикла.	

2. Повышение КПД циклов ГТУ при регенерации теплоты. 3. Цикл ГТУ с подводом тепла при постоянном давлении, КПД цикла. 4. Идеальный цикл ГТУ, его особенности и КПД. 5. Цикл и схема парокompрессионных холодильных установок. 6. Цикл и схема парокompрессионной холодильной установки. 7. Цикл теплового насоса. 8. Воздушная холодильная установка.	
Вопросы для проверки остаточных знаний	
1. Назовите термические параметры и охарактеризуйте их. 2. Что такое идеальный газ? 3. Назовите законы идеального газа. 4. Какие различают теплоемкости в зависимости от выбранной единицы количества вещества? 5. Как соотносятся изобарная и изохорная теплоемкости для одинаковых веществ и условий? 6. Напишите уравнение Майера. 7. Напишите формулу первого закона термодинамики. 8. Назовите формулировку второго закона термодинамики. 9. Перечислите простейшие термодинамические процессы идеального газа. 10. Дайте определение адиабатного процесса. 11. Покажите политропный процесс как обобщающий простейшие процессы идеального газа. 12. Назовите разновидности пара и особенности их состояния. 13. Что такое относительная влажность воздуха? 14. Что такое влагосодержание? 15. Что такое истечение? 16. Что такое процесс дросселирования? 17. Назовите основные разновидности теоретических циклов ДВС? 18. Сравнение циклов ДВС. 19. Как можно найти полезную работу цикла ДВС по диаграмме P-V? 20. Какой параметр оценивает совершенство холодильной установки?	

Раздел «Теплопередача»

Перечень вопросов и задач	
Входной контроль	
2. Теплоемкость изобарная 3. Теплоемкость изохорная. 4. Количество теплоты и тепловой поток. 5. Режимы течения жидкости. 6. Число Рейнольдса. 7. Критические числа Re. 8. Гидродинамический пограничный слой. 9. Уравнение неразрывности в дифференциальном виде. 10. Уравнение движения в дифференциальном виде. 11. Кипение жидкости. 12. Процесс конденсации. 13. Гидравлические потери по длине трубопровода. 14. Виды местных гидравлических сопротивлений. 15. Гидравлические потери на местных сопротивлениях.	
Текущий контроль	
T2	

1. Дайте определение понятиям тепловой поток и плотность теплового потока. 2. Запишите формулу, выражающую закон Фурье. 3. Что характеризует коэффициент теплопроводности материала? 4. Запишите формулу теплопроводности через плоскую однослойную и многослойную стенки. 5. Какие материалы принято относить к числу теплоизоляционных?	
ТЗ	
1. Дайте определение понятиям конвекция, конвективный теплообмен и конвективная теплоотдача (теплоотдача). 2. Дайте определение понятиям свободная, вынужденная и смешанная конвекция. 3. Дайте определение понятиям гидродинамический пограничный слой и тепловой пограничный слой. 4. Запишите формулу, выражающую основной закон теплоотдачи (закон Ньютона-Рихмана). 5. Дайте определение понятию коэффициент теплоотдачи. 6. Как влияет на процесс теплоотдачи режим течения жидкости в трубе? 7. С какой целью разработана теория теплового подобия? 8. Перечислите основные числа подобия, используемые при описании конвективной теплоотдачи. 9. Какое уравнение называется уравнением подобия? 10. Запишите в общем виде уравнение подобия для вынужденной, свободной и смешанной конвекции. 11. Как и почему изменяется коэффициент теплоотдачи вдоль плоской поверхности, обтекаемой жидкостью? 12. Как и почему изменяется местный и средний коэффициент теплоотдачи при движении жидкости в трубе? 13. Какие схемы компоновки трубных пучков известны? 14. Каков характер движения жидкости в трубных пучках различной компоновки и в каком случае обеспечивается большая теплоотдача? 15. Как изменяется теплоотдача при переходе от первого к последующим рядам трубного пучка? 16. Что подразумевается под импактной струей, ее начальным участком и критической точкой? 17. Каков характер движения жидкости при свободной конвекции для нагреваемой и охлаждаемой поверхности? 18. Как и почему изменяется при свободной конвекции коэффициент теплоотдачи вдоль вертикальной поверхности? 19. Как изменяется при свободной конвекции коэффициент теплоотдачи в зависимости от температурного напора? 20. Как и почему изменяется при свободной конвекции коэффициент теплоотдачи плоской поверхности при различной ориентации? 21. Каков механизм переноса теплоты в плоских и цилиндрических щелях (при свободной конвекции в ограниченном пространстве)?	
Т4	
1. Каковы основные режимы поверхностного кипения жидкости и какой из них наиболее эффективный с точки зрения теплообмена? 2. Изобразите в логарифмических координатах характер изменения плотности теплового потока в зависимости от температурного напора при кипении жидкости в неограниченном объеме. 3. Каковы особенности происходящих при кипении процессов в случае источников теплоты, обеспечивающих $q = const$? 4. Каковы особенности и структура потока при кипении жидкости внутри вертикальной	

трубы?	
5. Каков механизм образования парового пузыря на нагретой поверхности? Что является центрами парообразования? 6. Что подразумевается под пленочной и капельной конденсацией и в каком из случаев обеспечивается больший коэффициент теплоотдачи? 7. Как влияют на процесс конденсации: состояние поверхности, наличие неконденсирующихся газов, направление и скорость движения пара, а также компоновка поверхности конденсации?	
Т5	
1. Дать определение понятиям тепловое излучение и теплообмен излучением. 2. Что называется потоком излучения потоком излучения и плотностью потока излучения? 3. Дать определение следующим величинам: поглотительная, отражательная и пропускательная способность. 4. Какое тело называется абсолютно черным, диатермичным и атермичным, абсолютно белым и зеркальным? 5. Дать определение понятиям собственное излучение, эффективное излучение, результирующее излучение. 6. Как в соответствии с законом Планка изменяется спектральная плотность потока излучения от длины волны и температуры. 7. Связь между какими величинами описывает закон Вина? 8. Запишите закон Стефана-Больцмана, дайте определение понятию степень черноты. 9. Запишите формулу, описывающую лучистый теплообмен между двумя параллельными поверхностями, разделенными диатермичной средой. 10. Посредством чего можно интенсифицировать лучистый теплообмен? 11. Посредством чего можно снизить лучистый теплообмен? 12. Каковы особенности теплового излучения твердых тел и газов? 13. От чего зависит степень черноты газового слоя? 14. Что понимается под сложным теплообменом?	
Т 6	
1. Дать определение понятию теплопередача. 2. Записать основное уравнение теплопередачи и дать определение понятию коэффициент теплопередачи. 3. Записать формулу коэффициента теплопередачи через плоскую одно- и многослойную стенки. 4. С какой целью осуществляется оребрение поверхности и со стороны какого теплоносителя целесообразно это делать? 5. Как влияет толщина пристенного пограничного слоя на теплоотдачу и каково должно быть воздействие на него с целью интенсификации теплопередачи? 6. Со стороны какого из теплоносителей целесообразно осуществлять интенсификацию процесса с целью интенсификации теплопередачи? 7. В чем суть интенсификации теплоотдачи при свободной конвекции в жидкостях посредством газожидкостных струй? 8. Как изменяется эффективность теплоотвода вдоль ребра и есть ли ограничение по размеру ребра? 9. Что понимается под критическим диаметром тепловой изоляции труб и оптимальной толщиной изоляции?	
Т 7	

1. Укажите, какую роль играет теплообмен в обеспечении нормальной работы дизельных, газотурбинных и паротурбинных установок? 2. Что называется теплообменным аппаратом, что понимается под рекуперативным, регенеративным и смешительным теплообменником? 3. Как изображаются теплообменные аппараты на чертежах и схемах? 4. Изобразите схему и укажите основные элементы кожухотрубного теплообменника. 5. Каковы схемы разбивки трубной доски под трубы и способы закрепления труб в трубных досках? 6. Для чего устанавливаются в межтрубной полости диафрагма и каковы при этом возможные схемы? 7. Каковы конструктивные схемы кожухотрубных аппаратов и схемы, предусматривающие компенсацию тепловых расширений? 8. Какова конструкция спирального трубного теплообменника? 9. Изобразите схему и укажите основные элементы стяжного пластинчатого теплообменника. 10. Изобразите конструктивную схему и схему течения теплоносителей в спиральном пластинчатом теплообменнике. 11. Изобразите схему судового обшивочного и выносного теплообменного аппарата. 12. Каковы основные виды расчетов теплообменных аппаратов? 13. Запишите уравнение теплопередачи и уравнения теплового баланса для теплообменника. Что такое водяной эквивалент? 14. Каковы возможные схемы относительного движения теплоносителей в теплообменниках и какая схема является наилучшей? 15. Перечислите исходные данные и задачи конструкторского и поверочного расчетов в теплообменниках.	
Вопросы для проверки остаточных знаний	
1. Записать основное уравнение теплопередачи и дать определение понятию коэффициент теплопередачи. 2. Дать определение понятию коэффициент теплопередачи. 3. Как влияет на процесс теплоотдачи режим течения жидкости в трубе 4. Каковы основные режимы поверхностного кипения жидкости и какой из них наиболее эффективный с точки зрения теплообмена? 5. Что подразумевается под пленочной и капельной конденсацией и в каком из случаев обеспечивается больший коэффициент теплоотдачи? 6. Как изображаются теплообменные аппараты на чертежах и схемах? 7. Изобразите схему и укажите основные элементы кожухотрубного теплообменника. 8. Изобразите схему и укажите основные элементы стяжного пластинчатого теплообменника 9. Каковы основные виды расчетов теплообменных аппаратов? 10. Каковы возможные схемы относительного движения теплоносителей в теплообменниках и какая схема является наилучшей? 11. Как влияют отложения на теплопередающих поверхностях теплообменников на эффективность их работы?	

Перечень контрольных вопросов для лабораторных работ

Раздел «Техническая термодинамика»

Наименование занятия	Контрольные вопросы
ЛР 1	1. Какими параметрами характеризуется рабочее тело? Дать определение и указать единицы в системе СИ и внесистемные единицы. 2. Дать определение удельной теплоемкости и указать единицы массовой, мольной и объемной теплоемкостей. 3. Как определить массовую теплоемкость, если известна мольная? 4. Как определить внутреннюю энергию и энтальпию идеального газа, если известна его температура? 5. Чему равна теплоемкость тела в процессах, протекающих при $T = \text{const}$ и $Q = 0$? 6. Написать формулу для определения средней теплоемкости в известном температурном интервале ($t_2 - t_1$).
ЛР 2	1. Как называются точки начала и конца кривой насыщения? Указать особенности этих точек. 2. Изобразить диаграмму фазовых состояний воды в координатах P, T. Назвать линии раздела фаз. 3. Какое состояние вещества называется критическим? Чему равны теплота парообразования в критическом состоянии? 4. Дать определение теплоты парообразования. Как ее определить, если построена кривая насыщения? 5. Что такое температура насыщения и состояние насыщения? 6. Что называется влажным насыщенным и сухим насыщенным паром? Имеются ли между ними различия и какие?
ЛР 3	1. Пользуясь h, d диаграммой, определить состояние воздуха после увлажнения. 2. По замеренным в опыте величинам определить парциальное давление пара в воздухе перед входом его в калорифер. 3. Что такое влагосодержание? Как определить эту величину по h, d диаграмме? 4. Что такое относительная влажность? Как она определяется в опыте? 5. Как по h, d диаграмме определить относительную влажность нагретого и увлажненного воздуха? 6. Назвать состояние влажного воздуха.
ЛР 4	1. Дать определение «изоэнтропный процесс». Изобразить процесс на h, S и T, S диаграммах. 2. Имеются ли различия между адиабатным и изоэнтропным процессами и какие? 3. Что такое сопло? Дать классификацию сопел. 4. Что такое критические параметры потока газа? 5. Изобразить кривые зависимости скорости истечения и скорости звука от отношения давлений β. 6. Чему равна критическая скорость потока? Как влияют начальные параметры газа на величину этой скорости?

Раздел «Теплопередача»

Наименование занятия	Контрольные вопросы
ЛР 1	1. Какова цель и содержание работы? 2. Как устроена лабораторная установка? 3. Какие величины необходимо измерить, чтобы определить значение λ? 4. Какова единица измерения коэффициента теплопроводности? 5. Какова последовательность проведения работы? 6. Каковы признаки стационарного режима работы установки? 7. Дать определение температурному полю, изотермической поверхности, изотерме 8. Что такое градиент температуры? 9. Записать закон Фурье и объяснить наличие знака «минус». 10. Дать определение тепловому потоку и плотности теплового потока. 11. Каков механизм теплопроводности в твердых телах, жидкости и газах?
ЛР 2	1. Какова цель и содержание работы? 2. Как устроена лабораторная установка? 3. Какие величины необходимо определить для нахождения α? 4. Какова последовательность проведения работы? 5. Дать определение понятия конвекция, конвекция теплоты, свободная и вынужденная конвекция. 6. Что такое конвективный теплообмен и конвективная теплоотдача? 7. Записать закон Ньютона-Рихмана. 8. Как влияет при свободной конвекции значение температурного напора на коэффициент теплоотдачи? 9. Что такое уравнение подобия и каков его общий вид для теплоотдачи при свободной конвекции? 10. Что такое характерный линейный размер и определяющая температура? 11. Какие режимы движения жидкости в пристенной области возможны в случае теплоотдаче при свободной конвекции? 12. Какие числа подобия используются для описания теплоотдачи при свободной конвекции?
ЛР 3	1. Какова цель и содержание лабораторной работы? 2. Как устроена лабораторная установка? 3. Какие величины необходимо определить для нахождения α и какова последовательность выполнения работы? 4. Дать определение вынужденной конвекции. 5. Каковы особенности течения при движении жидкости вдоль плоской поверхности и внутри трубы? 6. Как влияет на теплоотдачу толщина погранслоя и режим его течения? 7. Что такое ламинарный подслой? 8. Как в общем виде записывается уравнение подобия для теплоотдачи при вынужденной конвекции? 9. Записать закон Ньютона-Рихмана. 10. Как изменяется теплоотдача по длине обтекаемой пластины и по длине трубы?

ЛР 4	1. Какова цель и содержание лабораторной работы? 2. Как устроена лабораторная установка? 3. Какие величины необходимо измерить, чтобы определить α? 4. Какова последовательность проведения работы? 5. Какой процесс называется кипением? 6. Дать определение объемному и поверхностному кипению. 7. Что может являться центрами парообразования и что способствует процессу кипения? 8. Каковы возможности роста парового пузырька? 9. Как влияет смачиваемость поверхности жидкости на условия парообразования? 10. Какие режимы кипения жидкости известны? Какова при этом интенсивность теплоотдачи? 11. Изобразить график зависимости $\lg q = f(\lg \Delta t)$ и объяснить его.
------	--

7. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Промежуточная аттестация осуществляется:

- 4-й семестр ОФО: экзамен и курсовая работа;
- 6-й семестр ЗФО: экзамен и курсовая работа.

7.2. Типовые вопросы к экзамену

Раздел «Техническая термодинамика»

1. Уравнение состояния идеального газа.
2. Первое начало термодинамики.
3. Второе начало термодинамики
4. Уравнение состояния идеальных газов.
5. Уравнение Менделеева.
6. Параметры состояния.
7. Теплоемкость, определение, виды теплоемкостей, единицы измерения.
8. Формула Майера. Показатель адиабаты.
9. Первый закон термодинамики. Вечный двигатель первого рода.
10. Энтальпия, определение, единицы измерения. Работа газа и ее изображение в P - V диаграмме.
11. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Вечный двигатель первого рода.
12. Обобщающие зависимости политропного процесса. Политропный процесс в P - V и T - S координатах.
13. Изохорный процесс – уравнение и соотношение между параметрами состояния, изображение в P - V и T - S координатах, работа, теплота и изменение внутренней энергии.
14. Изобарный процесс – уравнение и соотношение между параметрами состояния, изображение в P - V и T - S координатах, работа, теплота и изменение внутренней энергии.
15. Изотермический процесс – уравнение и соотношение между параметрами состояния, изображение в P - V и T - S координатах, работа, теплота и изменение внутренней энергии.
16. Адиабатный процесс – уравнение и соотношение между параметрами состояния, изображение в P - V и T - S координатах, работа, теплота и изменение внутренней энергии.
17. Второй закон термодинамики, формулировка, уравнение. Вечный двигатель второго рода.
18. Прямые и обратные круговые циклы. Термический КПД, работа цикла.

19. Пар и парообразование: испарение, кипение, сублимация, конденсация, десублимация, фазовая диаграмма P-T, тройная точка.
20. Влажный воздух: определение, основные понятия, относительная и абсолютная влажность, температура точки росы, влагосодержание.
21. Термодинамические свойства реального газа: коэффициент сжимаемости, уравнение Ван-дер-Ваальса.
22. Тепловая диаграмма T-S для пара.
23. Диаграмма P-V для жидкости и пара. Влажный насыщенный и сухой пар, степень сухости, перегретый пар, теплота парообразования.
24. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
25. Режимы истечения газа из сужающегося сопла.
26. Цикл поршневого компрессора. Работа, затраченная на его привод.
27. Основные положения теории газового потока: неразрывность потока, внешняя техническая работа, уравнение сохранения энергии.
28. Термодинамика потока газа: скорость звука, сопла и диффузор, скорость истечения, секундный расход.
29. Цикл паросиловых установок: принципиальная схема установки, изображение в диаграммах T-S и H-S, КПД цикла, особенности реального цикла, влияние параметров цикла на его КПД.
30. Идеальный цикл ДВС со смешанным подводом теплоты.
31. Цикл ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме. Принцип работы двигателя.
32. Цикл ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме: расчет и КПД цикла.
33. Принцип работы ДВС: индикаторная диаграмма и цикл двигателя.
34. Цикл ДВС со смешанным подводом теплоты, КПД цикла.
35. Цикл ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении: принцип работы, параметры и КПД цикла.
36. Идеальный цикл ГТУ, его особенности и КПД.

Раздел «Теплопередача»

1. Дайте определение понятиям тепловой поток и плотность теплового потока.
2. Запишите формулу, выражающую закон Фурье.
3. Что характеризует коэффициент теплопроводности материала?
4. Запишите формулу теплопроводности через плоскую однослойную и многослойную стенки.
5. Дайте определение понятиям конвекция, конвективный теплообмен и конвективная теплоотдача (теплоотдача).
6. Дайте определение понятиям свободная, вынужденная и смешанная конвекция.
7. Запишите формулу, выражающую основной закон теплоотдачи (закон Ньютона - Рихмана).
8. Дайте определение понятию коэффициент теплоотдачи.

9. Как влияет на процесс теплоотдачи режим течения жидкости в трубе?
10. Какие схемы компоновки трубных пучков известны?
11. Каков характер движения жидкости при свободной конвекции для нагреваемой и охлаждаемой поверхности?
12. Как изменяется при свободной конвекции коэффициент теплоотдачи в зависимости от температурного напора?
13. Каков механизм переноса теплоты в плоских и цилиндрических щелях (при свободной конвекции в ограниченном пространстве)?
14. Каковы основные режимы поверхностного кипения жидкости и какой из них наиболее эффективный с точки зрения теплообмена?
15. Изобразите в логарифмических координатах характер изменения плотности теплового потока в зависимости от температурного напора при кипении жидкости в неограниченном объеме.
16. Каковы особенности и структура потока при кипении жидкости внутри вертикальной трубы?
17. Что подразумевается под пленочной и капельной конденсацией и в каком из случаев обеспечивается больший коэффициент теплоотдачи?
18. Как влияют на процесс конденсации, состояние поверхности, наличие неконденсирующихся газов, направление и скорость движения пара, а также компоновка поверхности конденсации?
19. Физическая природа теплового излучения.
20. Дать определение следующим величинам: поглощательная, отражательная и пропускательная способность.
21. Какое тело называется абсолютно черным, диатермичным и атермичным, абсолютно белым и зеркальным?
22. Запишите формулу, описывающую лучистый теплообмен между двумя параллельными поверхностями, разделенными диатермичной средой.
23. Каковы особенности теплового излучения твердых тел и газов?
24. Дать определение понятию теплопередача.
25. Записать основное уравнение теплопередачи и дать определение понятию коэффициент теплопередачи.
26. Записать формулу коэффициента теплопередачи через плоскую одно- и многослойную стенки.
27. С какой целью осуществляется оребрение поверхности и со стороны какого теплоносителя целесообразно это делать?
28. Со стороны какого из теплоносителей целесообразно осуществлять интенсификацию процесса с целью интенсификации теплопередачи?
29. Как изменяется эффективность теплоотвода вдоль ребра и есть ли ограничение по размеру ребра?
30. Укажите, какую роль играет теплообмен в обеспечении нормальной работы дизельных, газотурбинных и паротурбинных установок?
31. Что называется теплообменным аппаратом, что понимается под рекуперативным, регенеративным и смесительным теплообменником?

32. Изобразите схему и укажите основные элементы кожухотрубного теплообменника.

33. Изобразите схему и укажите основные элементы стяжного пластинчатого теплообменника.

34. Каковы основные виды расчетов теплообменных аппаратов?

35. Запишите уравнение теплопередачи и уравнения теплового баланса для теплообменника. Что такое водяной эквивалент?

36. Каковы возможные схемы относительного движения теплоносителей в теплообменниках и какая схема является наилучшей?

Таблица соответствия параметров оценивания
результатам контроля знаний по разным шкалам

Сумма баллов по 100-балльной системе оценивания	Оценка ЕСТ S	Параметры оценивания	Уровень владения компетенциями	Оценка по пятибалльной системе оценивания	
				для экзамена, КП(КР), практики	для зачета
90-100	A	Отлично - выполнены все требования-компетенции, а именно: теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические навыки проведения научных и прикладных исследований, консалтинга по профилю деятельности сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены качественно и оценено высоким, близким к максимальному числу баллов.	Высокий (творческий)	отлично	зачтено
82-89	B	Очень хорошо - теоретическое содержание курса содержание курса , необходимые практические навыки проведения научных и прикладных исследований, консалтинга по профилю деятельности в основном сформированы, выполнены все предусмотренные программой обучения учебные задания, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному	Достаточный (эвристический)	хорошо	
74-81	C	Хорошо - теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические навыки проведения научных и прикладных исследований, консалтинга по профилю деятельности сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками			
64-73	D	Удовлетворительно - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки проведения научных и	Средний (адаптивный)	удовлетворительно	

		прикладных исследований, консалтинга по профилю деятельности в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, содержат ошибки			
60-63	E	Достаточно (посредственно) - теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые навыки проведения научных и прикладных исследований, консалтинга по профилю деятельности не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному			
35-59	FX	Условно неудовлетворительно - теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки проведения научных и прикладных исследований, консалтинга по профилю деятельности не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий	Низкий (репродуктивный)	неудовлетворительно	не зачтено
1-34	F	Безусловно неудовлетворительно - теоретическое содержание курса не освоено, необходимые практические навыки проведения научных и прикладных исследований, консалтинга по профилю деятельности не сформированы, все выполненные учебные задания содержат грубые ошибки, дополнительная самостоятельная работа над материалом курса не приведет к какому-либо значимому повышению качества выполнения учебных заданий			

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

Таблица основной и дополнительной литературы

Раздел 1 «Техническая термодинамика»		
№ п/п	Наименование учебника	Кол-во экз. в библ.
Основная литература		
1.	<u>Тверская С. Е.</u> Техническая термодинамика : учебное пособие / С. Е. Тверская, В. А. Тимофеев. - Севастополь : СевГУ, 2018. - 115 с. : ил. ; 20 см. - Библиография: с. 115. - 117.67 р. — Текст : непосредственный	45
2.	Ерофеев, В. Л. Теплотехника [в 2 т.] Том 1. Термодинамика и теория теплообмена : учебник для среднего профессионального образования / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 308 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-06945-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/494259 (дата обращения: 09.12.2022).	Доступ для авторизованных пользователей, регистрации по IP-адресам СевГУ, без ограничения числа пользователей
3.	Ерофеев, В. Л. Теплотехника в 2 т. Том 2. Энергетическое использование теплоты : учебник для вузов / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 199 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01850-9. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/490569 (дата обращения: 09.12.2022).	Доступ для авторизованных пользователей, регистрации по IP-адресам СевГУ, без ограничения числа пользователей
Дополнительная литература		
1.	<u>Нащокин, В. В.</u> Техническая термодинамика и теплопередача [Текст] : учеб. пособие для неэнергет. спец. вузов / В. В. Нащокин. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Высшая школа, 1980. - 469 с. : граф., черт. - 1.30 р.	49
2.	Теплотехника. Практикум : учебное пособие для вузов / В. Л. Ерофеев [и др.] ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 395 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6992-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/489786 (дата обращения: 09.12.2022).	Доступ для авторизованных пользователей, регистрации по IP-адресам СевГУ, без ограничения числа пользователей
3.	Цирельман, Н. М. Техническая термодинамика : учебное пособие для вузов / Н. М. Цирельман. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-8522-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/176665 (дата обращения: 09.12.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	Доступ для авторизованных пользователей, регистрации по IP-адресам СевГУ, без ограничения числа пользователей
4.	Овчинников, Ю. В. Основы технической термодинамики / Овчинников Ю. В. - Новосибирск : НГТУ, 2010. - 292 с. - URL: https://znanium.com/catalog/product/549343 (дата обра-	Доступ для авторизованных пользователей, регистрации по IP-

	щения: 09.12.2022). – Режим доступа: по подписке. — ISBN 978-5-7782-1303-6. - Текст : электронный.	адресам СевГУ, без ограничения числа пользователей
5.	<u>Яновский Александр Александрович</u> . Теоретические основы теплотехники : учебное пособие / Яновский А. А. - М. : СтГАУ - Агрис, 2017. - 104 с. —URL: http://znanium.com/catalog/product/975962 . — Режим доступа по подписке. – Текст : электронный.	Доступ для авторизованных пользователей, регистрации по IP-адресам СевГУ, без ограничения числа пользователей
6.	Епифанов, В. С. Термодинамика / В. С. Епифанов, А. М. Степанов. - М. : Альтаир-МГАВТ, 2015. - 88 с. - URL: http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=522648 . — Режим доступа по подписке. — Текст : электронный.	Доступ для авторизованных пользователей, регистрации по IP-адресам СевГУ, без ограничения числа пользователей
7.	Епифанов, В. С. Теплофизические основы судовой энергетики. Раздел 1 «Теплотехника» : практикум / В. С. Епифанов. - Москва : Альтаир МГАВТ, 2015. - 40 с. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/537872 (дата обращения: 12.12.2022). – Режим доступа: по подписке.	Доступ для авторизованных пользователей, регистрации по IP-адресам СевГУ, без ограничения числа пользователей

Раздел 2 «Теплопередача»

№ п/п	Наименование изданий учебной литературы	Количество экземпляров
Основная литература		
1.	Федоровский, К. Ю. Теплопередача : учеб. для студ. вузов, обуч. по напр. подготовки "Мор. и речной трансп." / К. Ю. Федоровский ; М-во образования и науки, молодежи и спорта Украины, Севастоп. нац. техн. ун-т. - Севастополь : Изд-во Севастоп. нац. техн. ун-та, 2012. - 304 с. - Библиогр.: с. 290-292 (29 назв.). - Предм. указ.: с. 293-296. - Имен. указ.: с. 297-302. - ISBN 978-617-612-016-2 — Текст : непосредственный.	42
2.	Цирельман, Н. М. Техническая термодинамика : учебное пособие для вузов / Н. М. Цирельман. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-8522-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/176665 (дата обращения: 09.12.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.	Доступ для авторизованных пользователей, регистрация по IP-адресам СевГУ, без ограничения числа пользователей
3.	Ерофеев, В. Л. Теплотехника [в 2 т.] Том 1. Термодинамика и теория теплообмена : учебник для среднего профессионального образования / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряхин, П. Д. Семенов ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряхина. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 308 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-06945-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/494259 (дата обращения: 09.12.2022).	Доступ для авторизованных пользователей, регистрация по IP-адресам СевГУ, без ограничения числа пользователей

Дополнительная литература		
1.	Кудинов, А. А. Тепломассообмен : учебное пособие / А. А. Кудинов. - М. : ИНФРА-М, 2015. - 375 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование: Бакалавриат) (Переплёт) — URL: http://znanium.com/catalog/product/512522 . — Режим доступа по подписке. — ISBN 978-5-16-011093-6 – Текст : электронный.	Доступ для авторизованных пользователей, регистрация по IP-адресам СевГУ, без ограничения числа пользователей
2.	Овчинников, Ю. В. Основы технической термодинамики / Овчинников Ю.В. - Новосибирск : НГТУ, 2010. - 292 с. - URL: https://znanium.com/catalog/product/549343 (дата обращения: 12.12.2022). – Режим доступа: по подписке. — ISBN 978-5-7782-1303-6. - Текст : электронный.	Доступ для авторизованных пользователей, регистрация по IP-адресам СевГУ, без ограничения числа пользователей
3.	Бариллов, В. А. Основы технической термодинамики и теории тепло- и массообмена : учебное пособие / В. А. Бариллов, Ю. А. Смирнов. - Москва : ИНФРА-М, 2014. - 432 с. (Высшее образование: Бакалавриат). — ISBN 978-5-16-005771-2. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/356818 (дата обращения: 12.12.2022). – Режим доступа: по подписке.	Доступ для авторизованных пользователей, регистрация по IP-адресам СевГУ, без ограничения числа пользователей
4.	Карташов, Э. М. Теория тепломассопереноса: решение задач для многослойных конструкций : учебное пособие для вузов / Э. М. Карташов, В. А. Кудинов, В. В. Калашников ; под общей редакцией Э. М. Карташова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 435 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06882-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/516154 (дата обращения: 12.12.2022).	Доступ для авторизованных пользователей, регистрация по IP-адресам СевГУ, без ограничения числа пользователей

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

9.1. Электронные образовательные ресурсы (ЭОР):

«Единое окно доступа к образовательным ресурсам». Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" предоставляет свободный доступ к каталогу образовательных Интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для общего и профессионального образования: <http://window.edu.ru/>

9.2. Электронно-библиотечные системы (ЭБС):

1.	ЭБС Znanium.com http://znanium.com/catalog.php#	Учебники, учебные пособия, научные монографии, научные статьи
2.	ЭБС Лань https://e.lanbook.com/	Учебники, учебные пособия, научные монографии, научные статьи
3.	ЭБС Юрайт https://www.biblio-online.ru/cart/books	Учебники, учебные пособия, научные монографии, научные статьи

9.3. Ресурсы информационно-коммуникационной сети «Интернет», необходимые для освоения дисциплины:

№	Адрес сайта и его описание	Перечень материалов представленных на сайте
1.	http://opeks.ua/predokhranitelye-klapany-i-sistemy.html	Теплопередающее оборудование
2,	http://www.ejbowman.co.uk/lang/ru/products/MarineHeatExchangers.htm	Судовые теплообменные аппараты

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

При изучении дисциплины используются следующие информационные технологии:

- пакет программного обеспечения для лицензирования рабочих станций Desktop Education ALNG LicSAPk OLVS E 1Y AcademicEdition Enterprise;
- доступ через сеть Интернет в электронную библиотеку Севастопольского государственного университета и ЭБС.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Перечень лабораторного оборудования

Раздел «Техническая термодинамика»

№ п/п	Наименование лабораторного оборудования	Кол-во	Аудит.
1.	Лабораторный стенд «Исследование теплоемкости воздуха»	2	234
2.	Лабораторный стенд «Исследование фазового перехода «вода-пар»	1	234
3.	Лабораторный стенд «Исследование процессов во влажном воздухе»	1	234
4.	Лабораторный стенд «Исследование истечения газа из сопла»	1	234

Раздел «Теплопередача»

№ п/п	Наименование лабораторного оборудования	Кол-во	Аудит.
1.	Лабораторный стенд «Исследование теплопроводности твердого тела»	2	234
2.	Лабораторный стенд «Исследование теплоотдачи при свободной конвекции»	1	234
3.	Лабораторный стенд «Исследование теплоотдачи при вынужденной конвекции»	1	234
4.	Лабораторный стенд « Исследование теплообмена при кипении жидкости»	1	234

Перечень для организации самостоятельной работы

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Адрес (местоположение) специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Компьютерный класс	Учебный корпус по ул. Гоголя 14, ауд. № 26 15 посадочных мест оборудованных персональными компьютерами с подключением к Интернет	1. Пакет Desktop Education ALNGLicSAPkOLVSE 1 YAcademic Edition Enterprise – включает в себя операционную систему линейки Windows и офисный пакет семейства MSOffice 2. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.
Методический кабинет: курсовое и дипломное проектирование	Учебный корпус по ул. Гоголя 14, ауд. № 25 12 автоматизированных посадочных мест (12 стульев и 12 столов): моноблок HP ProOne 400 – 12 шт. с подключением к Интернет	Методические и справочные материалы