



*Обособленное структурное подразделение
«Волго-Каспийский морской рыбопромышленный колледж»
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
"Астраханский государственный технический университет"
Система менеджмента качества в области образования и воспитания сертифицирована DQS
по международному стандарту ISO 9001:2015*

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

учебной дисциплины

ОП.07 Техническая термодинамика и теплопередача

для специальности

**26.02.05 Эксплуатация судовых энергетических
установок
(углубленная подготовка)**

**Астрахань
2019**

Рабочая программа учебной дисциплины Техническая термодинамика и теплопередача разработана на основе Федерального государственного образовательного стандарта по специальности **26.02.05 Эксплуатация судовых энергетических установок** (углубленная подготовка).

Организация-разработчик: ФГБОУ ВО «АГТУ» ОСП «ВКМРПК»

Разработчики:

ФГБОУ ВО «АГТУ»
ОСП «ВКМРПК» преподаватель Сандалова Е.В.

Эксперты от работодателя:

ОАО «Каспрыбхолодфлот»
(место работы) главный инженер, первый заместитель директора
(занимаемая должность) Романов В.Т.
(инициалы, фамилия)

ООО МФ «Аксиома»
(место работы) заместитель директора по производству
(занимаемая должность) Астафьев Ю.Б.
(инициалы, фамилия)

Астраханский филиал ФГУП «Росморпорт»
(место работы) старший электромеханик ледокола «Капитан Чечкин»
(занимаемая должность) Уваров Д.Н.
(инициалы, фамилия)

Рассмотрена и рекомендована к утверждению на заседании цикловой комиссии судомеханических дисциплин

Протокол № 1 от 02.09.2019

Председатель цикловой комиссии судомеханических дисциплин _____ Е.В. Сандалова

Согласовано с заведующим судомеханическим отделением _____ А.Н. Майоров

Утверждена и рекомендована к использованию в учебном процессе 02.09.2019 года

Заместитель директора по учебной работе _____ А.Ю. Кузьмин

СОДЕРЖАНИЕ

	стр.
1. Паспорт рабочей программы учебной дисциплины	4
2. Структура и содержание учебной дисциплины	6
3. Условия реализации учебной дисциплины	18
4. Контроль и оценка результатов освоения учебной дисциплины	19

1. Паспорт рабочей программы учебной дисциплины

Техническая термодинамика и теплопередача

1.1. Область применения рабочей программы

Рабочая программа учебной дисциплины является частью программы подготовки специалистов среднего звена в соответствии с ФГОС по специальности СПО **26.02.05 Эксплуатация судовых энергетических установок** (углубленная подготовка).

Рабочая программа учебной дисциплины может быть использована в дополнительном профессиональном образовании (в программах повышения квалификации и переподготовки) и профессиональной подготовке по профессиям рабочих: моторист судовой, рефрижераторный машинист.

1.2. Место учебной дисциплины в структуре программы подготовки специалистов среднего звена: общепрофессиональная дисциплина профессионального цикла (ОП.07).

1.3. Цели и задачи учебной дисциплины – требования к результатам освоения дисциплины:

Основной **целью** данной программы является освоение обучающимися теоретических знаний в области технической термодинамики и теплопередачи с целью дальнейшего применения в практической деятельности, достижения более высокого уровня компетенции по данной дисциплине в соответствии с требованиями Международной Конвенции о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 года с поправками (МК ПДНВ-78), таблица А-III/1 «Спецификация минимальных требований к компетентности старших и вторых механиков судов с мощностью главной двигательной установки 3000 кВт и более», формирование готовности и способности к выполнению профессиональных обязанностей по специальности 26.02.05 Эксплуатация судовых энергетических установок.

Задачи обучения дисциплины:

- приобретение умений по применению теоретических знаний по дисциплине в практической деятельности;
- формирование практических навыков анализа термодинамических параметров и грамотной технической оценки работы судовых механизмов силовой установки с целью снижения затрат и повышения их эффективности;
- формирование профессиональных компетенций в части управления судовой энергетической установкой в соответствии с требованиями МК ПДНВ-78.

Рабочая программа учебной дисциплины Техническая термодинамика и теплопередача направлена на освоение умений и знаний, необходимых для развития общих компетенций ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес, ОК 2. Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество, ОК 3. Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность, ОК 4. Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития, ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности, ОК 6. Работать в коллективе и в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, потребителями, ОК 7. Брать на себя ответственность за работу членов команды (подчиненных), за результат выполнения заданий, ОК 8. Самостоятельно определять задачи профессионального и личностного развития, заниматься самообразованием, осознанно планировать повышение квалификации, ОК 9. Ориентироваться в условиях частой смены технологий в профессиональной деятельности, ОК 10. Владеть письменной и устной коммуникацией на

государственном и иностранном языке, формирование профессиональных компетенций согласно **ФГОС СПО**: ПК 1.1 Обеспечивать техническую эксплуатацию главных энергетических установок судна, вспомогательных механизмов и связанных с ними систем управления. ПК 1.2. Осуществлять контроль выполнения национальных и международных требований по эксплуатации судна. ПК 1.3. Выполнять техническое обслуживание и ремонт судового оборудования. ПК 1.4. Выполнять техническое обслуживание и ремонт судового оборудования. ПК 1.5. Осуществлять эксплуатацию судовых технических средств, в соответствии с установленными правилами и процедурами, обеспечивающими безопасность операций и отсутствие загрязнения окружающей среды. ПК 3.1. Планировать работу структурного подразделения; ПК 3.3. Анализировать процесс и результаты деятельности структурного подразделения, а также формирование компетенций согласно **МК ПДНВ**: Таблица А-III/1 Спецификация минимального стандарта компетентности для вахтенных механиков. Функция 1: Судовые механические установки на уровне эксплуатации: К1.1 Несение безопасной машинной вахты: К1.4 Эксплуатация главных установок и вспомогательных механизмов и связанных с ними систем управления.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен согласно **ФГОС СПО** уметь:

- применять специальную терминологию;
- пользоваться нормативно-технической и справочной литературой;
- определять параметры состояния рабочих тел;
- читать и анализировать цикловые диаграммы в координатах P-v, T-s и i-s;
- работать с таблицами состояния водяного пара;
- рассчитывать термический КПД двигателей внутреннего сгорания, газотурбинных и паросиловых установок, холодильных машин;
- выполнять термодинамический расчёт теплоэнергетических устройств и двигателей.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен согласно **ФГОС СПО** знать:

- параметры состояния рабочих тел и свойства газов и паров;
- приборы для измерения давления и температуры;
- основные термодинамические процессы и их изображение на диаграммах P-v, T-s и i-s;
- устройство и принцип действия компрессоров, ДВС, ГТУ, ПСУ и холодильных машин;
- общие законы статики и динамики жидкостей и газов;
- основные понятия теории теплообмена;
- законы термодинамики;
- характеристики топлив.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен согласно **МК ПДНВ** знать, понимать и иметь профессиональные навыки:

Таблица А-III/1 Спецификация минимального стандарта компетентности для вахтенных механиков

Функция 1: Судовые механические установки на уровне эксплуатации:

1.1 Несение безопасной машинной вахты

глубокое знание основных принципов несения машинной вахты, включая:

.1 ведение машинного журнала и значение снимаемых показаний приборов

1.4 Эксплуатация главных установок и вспомогательных механизмов и связанных с ними систем управления

основные принципы конструкции и работы механических систем, включая:

- .1 судовой дизель
- .2 судовую паровую турбину
- .3 судовую газовую турбину
- .4 судовой котёл

.5 другие вспомогательные установки, включая различные насосы, воздушный компрессор, сепаратор, генератор питьевой воды, теплообменник, холодильные установки, системы кондиционирования воздуха и вентиляции

1.4. Запланированное количество часов на освоение программы дисциплины:

максимальной учебной нагрузки обучающегося -173 часа, в том числе:
 обязательной аудиторной учебной нагрузки обучающегося -116 часов;
 практических занятий обучающегося- 16 часов;
 лабораторных работ обучающегося -16 часов;
 контрольной работы обучающегося – 4 часа;
 самостоятельной работы обучающегося -50 часов;
 консультации – 7 часов.

2. Структура и содержание учебной дисциплины

2.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов
Максимальная учебная нагрузка (всего)	173
Обязательная аудиторная учебная нагрузка (всего)	116
в том числе:	
лабораторные работы	16
практические занятия	16
контрольные работы	4
Самостоятельная работа обучающегося (всего)	50
в том числе:	
подготовка докладов по различным темам	
составление таблиц справочных данных, параметров, расчётных формул, физических величин, классификационных схем, таблиц, эскизов, рисунков и схем судовых механизмов, с указанием и описанием основных элементов	
проведение анализа изменения параметров состояния рабочего тела в термодинамических процессах	
решение задач по индивидуальным заданиям преподавателя	
построение графиков термодинамических процессов	
исследование путей увеличения термического КПД тепловых двигателей	
составление конспектов по самостоятельно изученным темам	
вычерчивание линий изотермических процессов, графиков, диаграмм в различных системах координат	
построение циклов тепловых двигателей	
графическое иллюстрирование физических законов	
Консультации	7
Аттестация в форме дифференцированного зачёта	

2.2. Тематический план и содержание учебной дисциплины «Техническая термодинамика и теплопередача»

Наименование разделов и тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная и контрольные работы обучающихся	Объем часов	Уровень освоения
1	2	3	4
Раздел 1. Законы газов и основные параметры состояния		25	
Тема 1.1. Введение. Основы молекулярно-кинетической теории. Понятие теплового двигателя и рабочего тела	Содержание учебного материала: Назначение и содержание дисциплины. Теплотехника и термодинамика. Краткий обзор развития и значение теплотехники в научно-техническом прогрессе. Роль русских и зарубежных ученых в развитии теплотехники. История создания теплового двигателя. Связь теплотехники со спецдисциплинами и её значение в подготовке специалистов судомеханической службы рыбопромысловых судов. Атомы и молекулы. Молекулярная масса вещества, относительные атомные единицы массы. Кислородная и углеродная шкалы. Агрегатные состояния вещества (твёрдое, жидкое, газообразное, плазма, конденсат Бозе-Эйнштейна). Фазовые переходы	6	
	Понятие теплового двигателя как преобразователя тепловой энергии в механическую работу. Вещества-теплоносители. Рабочее тело и его основное свойство. Количество вещества, молярная масса и молярный объём. Определение, математическое выражение и единицы измерения	2	1
	Самостоятельная работа обучающихся:	2	2
	.Составление хронологической таблицы открытий и законов учеными в области изучаемой дисциплины		
	Представить фазовую диаграмму однокомпонентного вещества		
Тема 1.2. Основные параметры состояния	Содержание учебного материала:	6	
	Параметры состояния рабочего тела. Удельный объём, плотность и соотношение между ними. Математическое выражение и единицы измерения. Температура и температурные шкалы: Цельсия, Кельвина, Фаренгейта, Реомюра, Ренкина и др. Соотношение между шкалами Цельсия и Кельвина. Абсолютная термодинамическая температура.	2	1
	Давление абсолютное, атмосферное (барометрическое), избыточное (манометрическое). Вакуум (разрежение). Единицы измерения давления и соотношение между ними. Приборы для измерения давления: манометры, барометры, вакуумметры, мановакуумметры. Способы и средства измерения температуры: термометры жидкостные, манометрические, термоэлектрические, сопротивления, пирометры. Поправки ртутного барометра. Задачи на определение абсолютного давления с учётом по-	2	2

	правок. Контроль параметров работы судовой энергетической установки		
	Самостоятельная работа обучающихся:	2	
	Составление таблицы конвертации давления, температуры и плотности.		
	Составить таблицу пересчета значений механических и тепловых величин в единицы СИ		
Тема 1.3. Законы идеальных газов	Содержание учебного материала:	5	
	Понятие идеального газа. Законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака и Шарля. Формулировка, математическое выражение и физический смысл. Вывод уравнения состояния идеальных газов для 1 кг и m кг рабочего тела (уравнение Клайперона). Удельная газовая постоянная, её математическое выражение, размерность и физический смысл. Закон Авогадро и его следствие. Молярный объём газа при нормальных физических условиях. Уравнение Клайперона-Менделеева для 1 к моля и n к молей вещества. Универсальная газовая постоянная, её математическое выражение, размерность и физический смысл. Расчёт удельной газовой постоянной	2	1,2
	Практическое занятие №1	2	
	Решение задач на основные газовые законы	2	2
	Самостоятельная работа обучающихся:	1	
	Решение задач на определение параметров состояния рабочего тела (по инд. зад.)		
Тема 1.4. Газовые смеси	Содержание учебного материала:	5	
	Чистые вещества и смеси. Понятие компонента. Массовый и объёмный процентный состав газовых смесей. Массовая и молярная концентрация компонентов. Объёмная концентрация компонентов газовых смесей. Понятия парциального давления и парциального объёма. Вывод соотношения между объёмными и молярными концентрациями компонентов газовых смесей	2	1,2
	Закон Дальтона и его положения. Вывод соотношения между массовыми и молярными (объёмными) концентрациями компонентов. Вывод формул определения парциальных давлений компонентов для 3-х случаев задания состава смеси. «Кажущаяся» молярная масса. Вывод «кажущейся» молярной массы газовой смеси. Вывод формулы удельной газовой постоянной смеси. Методика расчёта газовых смесей. Практическая значимость определения парциального давления для судовой энергетической и холодильной установок	2	1,2
	Самостоятельная работа обучающихся:	1	
	Составление таблицы формул для расчёта термодинамических параметров газовой смеси		
Тема 1.5. Теплоёмкость газов	Содержание учебного материала:	3	
	Понятие о теплоёмкости. Истинная, средняя и удельная теплоёмкости. Массовая, молярная и объёмная теплоёмкости. Вывод зависимости между объёмом газа при нормальных и заданных физических условиях. Изобарная и изохорная теплоёмкости. Показатель адиабаты k. Связь между массовой, молярной и объёмной теплоёмкостями. Формулы определения количества теплоты в изохорном и изо-	2	1,2

	барном термодинамических процессах для m кг, n к молей и V м ³ газа. Вывод формулы средних массовой и молярной теплоемкостей газовой смеси для 2-х случаев задания концентрации компонентов. Зависимость теплоёмкости от температуры. Обозначения средних удельных теплоёмкостей в пределах заданных температур. Графический, табличный и аналитический способы определения средних теплоёмкостей в пределах заданных температур		
	Самостоятельная работа обучающихся:	1	
	Составление классификационной схемы теплоемкостей		
Раздел 2. Законы термодинамики		39	
Тема 2.1. Первый закон термодинамики	Содержание учебного материала:	6	
	Диаграмма P-v и её основное свойство. Работа изменение объёма, её математическое выражение и графическая интерпретация. Работа изменения давления, её математическое выражение и графическая интерпретация. Внутренняя энергия как параметр состояния рабочего тела. Первый закон термодинамики. Определение и математическое выражение. Вечный двигатель 1-го рода и математическое доказательство невозможности его работы	2	1,2
	Закон Джоуля. Уравнение изменения внутренней энергии рабочего тела. Связь между работой изменения объёма и работой изменения давления. Энтальпия как параметр состояния рабочего тела	2	1,2
	Самостоятельная работа обучающихся:	2	
	Сообщение по теме: «Труды М.Ю. Ломоносова о сохранении и превращении энергии»		
	Составление схемы графической интерпретации работы на диаграмме P-v		
Тема 2.2. Термодинамические процессы газов	Содержание учебного материала:	24	
	Понятие о термодинамическом процессе. Обратимые и необратимые, равновесные и неравновесные термодинамические процессы. Изохорный процесс. Определение, условия протекания, зависимость между параметрами состояния. Изображение линии процесса в координатах P-v. Формулы изменения внутренней энергии, работы изменения объёма и давления, теплоты, уравнение первого закона термодинамики	2	1,2
	Изобарный процесс. Определение, условия протекания, зависимость между параметрами состояния. Изображение линии процесса в координатах P-v. Формулы изменения внутренней энергии, работы изменения объёма и давления, теплоты. Уравнение первого закона термодинамики в изобарном процессе через энтальпию. Физический смысл удельной и универсальной газовых постоянных в изобарном процессе. Вывод 1-го 2-го уравнений Майера	2	1,2
	Изотермический процесс. Определение, условия протекания, зависимость между параметрами состояния. Графический способ построения изотерм сжатия и расширения. Формулы изменения внутренней энергии, работы изменения объёма и давления, теплоты. Уравнение первого закона термодинамики	2	1,2

	мики для изотермического процесса. Связь между теплотой, работой изменения объёма и работой изменения давления		
	Адиабатный процесс. Определение и условия протекания. Вывод зависимостей между параметрами состояния. Формулы изменения внутренней энергии, работы изменения объёма и давления, теплоты, уравнение первого закона термодинамики. Политропные процессы. Анализ показателя политропы. Взаимное графическое изображение термодинамических процессов на диаграмме P-v	2	1,2
	Лабораторная работа №1,2,3,4	8	
	Исследование изохорного процесса	2	3
	Исследование изобарного процесса	2	3
	Исследование изотермического процесса	2	3
	Исследование адиабатного процесса	2	3
	Самостоятельная работа обучающихся:	8	
	Проведение анализа изменения параметров состояния рабочего тела в изохорном процессе		
	Построение изохоры в координатах P-v в масштабе (по вариантам)		
	Проведение анализа изменения параметров состояния рабочего тела в изобарном процессе		
	. Построение изобары в координатах P-v в масштабе (по вариантам)		
	Проведение анализа изменения параметров состояния рабочего тела в изотермическом процессе		
	Построение изотермы сжатия (расширения) по заданным параметрам (по вариантам)		
	Проведение анализа изменения параметров состояния рабочего тела в адиабатном термодинамическом процессе		
	Построение адиабаты сжатия (расширения) в масштабе по заданным параметрам (по вариантам)		
Тема 2.3. Второй закон термодинамики	Содержание учебного материала:	6	
	Формулировки второго закона термодинамики. Понятия теплоотдатчика и теплоприёмника. Вечный двигатель второго рода. Тепловые машины. Тепловые двигатели, насосные, компрессорные и холодильные установки. Понятие кругового процесса (цикла). Прямые и обратные циклы. Прямой цикл теплового двигателя. Работа расширения, работа сжатия, полезная работа прямого цикла и её графическое изображение на диаграмме P-v. Уравнение 2-го закона термодинамики для прямого цикла. Термический КПД прямого цикла	2	1,2
	Обратный цикл холодильной установки. Работа сжатия, работа расширения, затраченная работа обратного цикла и её графическое изображение на диаграмме P-v. Холодильный коэффициент обратного цикла	2	1,2
	Самостоятельная работа обучающихся:	2	
	Построение прямых и обратных циклов в координатах P- v		
	Составление сводной таблицы формулы определения термического КПД и холодильного коэффициента		

Тема 2.4. Энтропия	Содержание учебного материала:	3	
	Понятие об энтропии. Определение, формула и единицы измерения энтропии. Аналитическое выражение изменения энтропии в различных термодинамических процессах. Диаграмма T-s и её основное свойство как «тепловой» диаграммы. Графическое изображение термодинамических процессов на диаграмме T-s. Прямые и обратные циклы на диаграмме T-s. Графическое определение подведённой и отведённой теплоты, полезной и затраченной работы на диаграмме T-s. Сравнительный анализ графического изображения основных термодинамических процессов на диаграммах P-v и T-s	2	1,2
	Самостоятельная работа обучающихся: . Представить презентацию по теме: «Энтропия в термодинамике необратимых процессов»	1	
Раздел 3. Циклы компрессорных машин и тепловых двигателей		30	
Тема 3.1. Цикл Карно	Содержание учебного материала:	4	
	Значение цикла Карно в теплотехнике. Прямой цикл Карно и его изображение на диаграмме. Термический КПД прямого цикла Карно и его анализ. Обратный цикл Карно и его изображение на диаграмме P-v. Холодильный коэффициент обратного цикла Карно и его анализ. Прямой и обратный циклы Карно на диаграмме. Графическое определение подведённой и отведённой теплоты, полезной и затраченной работы, термического КПД и холодильного коэффициента. Методика термодинамического расчёта прямого цикла Карно	2	1,2
	Практическое занятие №2 Расчёт прямого цикла Карно	2 2	 2
Тема 3.2. Циклы компрессорных машин	Содержание учебного материала:	6	
	Определение, назначение, устройство и классификация компрессорных машин. Понятие идеального компрессора. Термодинамический цикл идеального поршневого одноступенчатого компрессора и его изображение в координатах P-v. Степень повышения давления компрессора. Работа компрессора при изотермическом, адиабатном и политропном сжатии. Причины перехода к многоступенчатому сжатию. Термодинамический цикл идеального многоступенчатого поршневого компрессора на диаграмме P-v. Выбор числа ступеней. Работа и мощность многоступенчатого компрессора. Сравнение одноступенчатого и многоступенчатого сжатия	2	1,2
	Термодинамический цикл поршневого компрессора при наличии «вредного пространства» и его изображение в координатах P-v. Основные характеристики реального компрессора: рабочий объём, полный объём, объём «вредного пространства», относительная величина «вредного пространства», объёмный КПД компрессора	2	1,2
	Самостоятельная работа обучающихся:	2	

	Вычерчивание схем компрессоров объёмного и кинетического сжатия		
	Проведение сравнительного анализа компрессоров одноступенчатого и многоступенчатого сжатия		
Тема 3.3. Термодинамические циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС)	Содержание учебного материала:	14	
	Определение ДВС. Понятие рабочего цикла ДВС, такта, ВМТ, НМТ. Реальные и идеальные циклы. Индикаторная диаграмма. Индикаторная работа, индикаторное давление и индикаторная мощность. Устройство и принцип действия 4-х тактного ДВС и его индикаторная диаграмма. Всасывание, сжатие, горение и догорание топлива, рабочий ход и выпуск. Устройство и принцип действия 2-х тактного ДВС и его индикаторная диаграмма. Понятие продувки, чистого выпуска и потери заряда. Принцип работы дизеля. Термодинамический цикл ДВС со смешанным подводом теплоты. Основные характеристики цикла: степень сжатия, степень повышения давления и степень предварительного расширения. Вывод термического КПД цикла и его анализ	2	1,2
	Термодинамический цикл ДВС с изобарным подводом теплоты. Основные характеристики цикла. Вывод термического КПД цикла и его анализ. Устройство и принцип действия карбюраторного ДВС	2	1,2
	Термодинамический цикл ДВС с изохорным подводом теплоты. Основные характеристики цикла. Вывод термического КПД цикла и его анализ. Графическое изображение циклов в координатах P-v и T-s. Графическое определение работы расширения, сжатия и полезной работы циклов по диаграмме P-v. Графическое определение подведённой и отведённой теплоты и полезной работы циклов по диаграмме T-s. Методика расчёта циклов ДВС		
	Лабораторная работа №5	2	
	Сравнительный анализ работы 2-х тактных и 4-х тактных двигателей.	2	2
	Практическое занятие №3,4	4	
	Расчёт цикла теплового двигателя	2	2
	Расчёт термодинамические циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС)	2	2
	Самостоятельная работа обучающихся:	4	
	. Исследование пути увеличения термического к.п.д. цикла ДВС со смешанным подводом теплоты		
	Составление таблицы основных характеристик термодинамических циклов ДВС		
	Вычерчивание индикаторной диаграммы 2-х тактного ДВС в координатах P-v (по вариантам)		
Построение цикла теплового двигателя в координатах P-v (по индивидуальному заданию)			
Тема 3.4. Термодинамические циклы газотурбинных установок (ГТУ)	Содержание учебного материала:	6	
	Устройство и принцип действия ГТУ непрерывного горения. Термодинамический цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты. Основные характеристики и термический КПД цикла. Устройство и принцип действия импульсных ГТУ. Термодинамический цикл ГТУ с изохорным подводом теплоты. Основные характеристики и термический КПД цикла. Графическое изображение циклов в координатах P-v и T-s. Графическое определение работы расширения, сжатия и полезной работы циклов по диаграмме P-v. Графическое определение подведённой и отведённой теплоты и полезной работы цик-	2	1,2

	лов по диаграмме T-s. Методика расчёта циклов ГТУ		
	Практическое занятие №5	2	
	Расчёт термодинамического цикла газотурбинных установок (ГТУ)	2	2
	Самостоятельная работа обучающихся:	2	
	Вычерчивание схемы турбокомпрессорной ГТУ		
	Построение цикла ГТУ в масштабе в координатах P- v и T- s (по вариантам)		
Раздел 4. Циклы паросиловых и холодильных установок		34	
Тема 4.1. Водяной пар	Содержание учебного материала:	9	
	Способы получение водяного пара. Испарение и кипение. Процесс парообразования при постоянном давлении. Насыщенный, влажный, сухой и перегретый пар. Степень сухости. Температура перегрева. Пограничные кривые процесса парообразования в координатах. Линии жидкости при температуре кипения и сухого насыщенного пара. Области жидкости, влажного насыщенного и перегретого пара. Критические параметры пара. Основные параметры состояния жидкости, влажного насыщенного, сухого и перегретого пара. Удельная энтальпия, теплота парообразования и удельная энтропия. Таблицы жидкости, влажного насыщенного, сухого насыщенного и перегретого пара	2	1,2
	Процесс парообразования при постоянном давлении на диаграмме. Линии постоянных давлений и температур. Графическое определение удельной энтальпии кипящей жидкости, влажного насыщенного, сухого насыщенного и перегретого пара, удельной теплоты парообразования. Процесс парообразования при постоянном давлении на диаграмме i-s. Пограничные кривые постоянных степеней сухости и линии постоянных давлений, температур и удельных объёмов. Определение параметров состояния водяного пара по диаграмме i-s	2	1,2
	Лабораторная работа №6	2	
	Определение параметров состояния водяного пара	2	2
	Самостоятельная работа обучающихся:	3	
	Составление классификационной таблицы обозначения параметров состояния жидкости, влажного насыщенного, сухого насыщенного и перегретого пара		
	Вычерчивание процесса парообразования при постоянном давлении в координатах P- v и T- s		
	Вычерчивание процесса парообразования при постоянном давлении в координатах i-s		
Тема 4.2. Истечение газов и паров	Содержание учебного материала:	3	
	Понятия теории истечения. Истечение газов через суживающееся сопло. Удельная работа изменения давления, скорость истечения и массовый расход газа. Критическое отношение давлений, коэффици-	2	1,2

	ент β . Критическая скорость истечения, коэффициент α . Максимальный массовый расход газа, коэффициент φ . Сопло Лавалья. Область применения. Скорость потока. Истечение газов и паров через диффузоры. Обратное сопло Лавалья. Изменение скорости потока. Область применения. Дросселирование газов и паров. Уравнение первого закона термодинамики для процесса дросселирования. Изозэнтальпа. Графическое изображение процесса дросселирования в координатах P-v, T-s и i-s		
	Самостоятельная работа обучающихся:	1	
	Вычерчивание процесса дросселирования на диаграммах P-v, T-s и i-s		
Тема 4.3. Термодинамические циклы паросиловых установок (ПСУ)	Содержание учебного материала:	12	
	Схема, устройство и принцип действия паросиловой установки. Цикл Карно ПСУ в координатах P-v, T-s и i-s. Термический КПД, удельная работа и удельный расход пара. Цикл Ренкина в координатах P-v, T-s и i-s. Адиабатный перепад теплоты, удельная работа и термический КПД	2	1,2
	Пути повышения эффективности цикла Ренкина: повышение начального давления, понижение противодавления, перегрев пара. Графический анализ повышения эффективности цикла Ренкина на диаграммах P-v, T-s и i-s	2	1,2
	Лабораторная работа №7,8	4	
	Определение КПД паросиловой установки, работающей по циклу Ренкина	2	2
	Исследование путей повышения эффективности цикла Ренкина	2	2
	Самостоятельная работа обучающихся:	4	
	Вычерчивание схемы паросиловой установки		
	Проведение сравнительного анализа путей повышения эффективности цикла Ренкина		
	Построение цикла Ренкина в координатах i-s		
Вычерчивание графических иллюстраций путей повышения эффективности цикла Ренкина			
Тема 4.4. Термодинамические циклы холодильных установок	Содержание учебного материала:	10	
	Принципы получения «холода». Понятие о хладагентах. Требования, предъявляемые к хладагентам. Классификация холодильных установок. Схема холодильной установки, работающей по циклу Карно. Обратный цикл Карно в координатах P-v, T-s и i-s. Холодильный коэффициент	2	1,2
	Схема, устройство и принцип действия компрессорной холодильной установки. Термодинамические циклы с «влажным» и «сухим» ходом компрессора в координатах P-v, T-s и i-s. Холодильный коэффициент. Схема, устройство и принцип действия холодильной компрессорной установки с переохлаждением хладагента. Термодинамический цикл в координатах P-v, T-s и i-s. Холодильный коэффициент. Термодинамический цикл холодильной компрессорной установки с перегревом паров хладагента в координатах P-v, T-s и i-s. Холодильный коэффициент	2	1,2
	Схема, устройство и принцип действия холодильной компрессорной установки с регенеративным теплообменником. Термодинамический цикл в координатах P-v, T-s и i-s. Холодильный коэффициент	2	1,2

	Самостоятельная работа обучающихся:	4	
	Подготовка сообщений по истории развития холодильной техники		
	Вычерчивание схемы компрессорной холодильной установки		
	Построение цикла компрессорной холодильной установки в координатах P-v, T-s и i-s.		
	Расчет холодильного коэффициента компрессорной холодильной установки		
	Контрольная работа №1 по разделам 1,2,3,4	2	
Раздел 5. Основные понятия теории теплообмена		32	
Тема 5.1. Общие понятия теплообмена	Содержание учебного материала:	3	
	Понятие теплообмена. Скорость передачи теплоты. Стационарный и нестационарный теплообмен. Способы теплообмена: теплопроводность, конвекция и излучение. Простой и сложный теплообмен. Частные случаи теплообмена: теплоотдача и теплопередача. Теплообмен в реальном судовом оборудовании: паровых котлах, водоопреснительных и холодильных установках, различных теплообменных аппаратах (водо- и масло- холодильниках, топливоподогревателях, пароперегревателях и т.п.). Основные физические величины, характеризующие процессы теплообмена: поверхность теплообмена, время, тепловой поток, температурный напор, поверхностная плотность теплового потока и т.п	2	1,2
	Самостоятельная работа обучающихся:	1	
	Составление таблицы основных физических величин, характеризующих процесс теплообмена		
Тема 5.2. Теплопроводность	Содержание учебного материала:	2	
	Понятие теплопроводности. Способы передачи тепла теплопроводностью в твёрдых, жидких и газообразных телах и между ними. График падения температур в координатах t-δ. Уравнение теплового потока. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Единицы измерения. Изоляционные материалы. Теплопроводность однослойной плоской стенки. Поверхностная плотность теплового потока и термическое сопротивление стенки. Единицы измерения. Теплопроводность многослойной плоской стенки. Уравнение теплового баланса. Поверхностная плотность теплового потока и общее термическое сопротивление многослойной стенки. Эквивалентный коэффициент теплопроводности	2	1,2
Тема 5.3. Конвективный теплообмен	Содержание учебного материала:	5	
	Конвективный теплообмен. Свободная и вынужденная конвекция. Теплоотдача. Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Единицы измерения. Факторы, влияющие на коэффициент теплоотдачи. Режимы течения потока жидкостей и газов: ламинарный, турбулентный, переходный. Теория подобия процессов конвективного теплообмена. Критерии (числа) подобия: Нуссельта, Рейнольдса, Прандтля, Пекле, Грасгофа, Архимеда и Эйлера. Определяющие и определяемые числа подобия. Обобщённое уравнение подобия. Частные случаи конвективного теплообмена	2	1,2

	Практическое занятие №6	2	
	Определение параметров конвективного теплообмена	2	2
	Самостоятельная работа обучающихся:	1	
	Составление таблицы уравнений подобия для различных случаев теплоотдачи при ламинарном и турбулентном течениях		
Тема 5.4. Теплопередача	Содержание учебного материала:	6	
	Теплопередача как частный случай теплообмена. Способы теплообмена при теплопередаче. Теплообмен через разделяющую стенку. График падения температур и участки (этапы) теплообмена. Уравнения теплового потока на различных участках теплообмена при теплопередаче (уравнения Ньютона - Рихмана и Фурье). Коэффициенты теплоотдачи и теплопроводности. Местные термические сопротивления. Общее уравнение теплового потока (уравнение теплопередачи). Общее термическое сопротивление. Коэффициент теплопередачи и его единицы измерения. Поверхностная плотность теплового потока. Определение температур поверхностей стенки	2	1,2
	Практическое занятие №7	2	
	Определение параметров теплопередачи в многослойной плоской стенке	2	2
	Самостоятельная работа обучающихся:	2	
	Решение задач на определение коэффициента теплопередачи (по вариантам)		
	Вычерчивание графика падения температур в многослойной плоской стенке (по вариантам)		
Тема 5.5. Теплообмен излучением	Содержание учебного материала:	12	
	Физические процессы теплообмена излучением. Тепловое излучение и поглощение. Двойное превращение энергии при лучистом теплообмене. Тепловой поток излучения. Поверхностная плотность теплового потока излучения. Излучательная и поглощательная способность тел. Интенсивность (сила) излучения. Длина волны и частота излучения. Спектр излучения. Единицы измерения. Уравнение теплового баланса излучения. Коэффициенты поглощения, отражения и пропускания. Частные случаи уравнения теплового баланса излучения. Абсолютно чёрные, белые и прозрачные (диатермичные) тела. Диффузное и зеркальное отражение. Зеркальные и серые тела. Спектральная излучательная способность тел	2	1,2
	Законы Планка, Стефана-Больцмана и Вина. Определение и математическое выражение. Коэффициент излучения серого и чёрного тела. Постоянная Стефана-Больцмана. Степень черноты тел и её табличные значения для различных материалов. Графическая аннотация законов Планка, Стефана-Больцмана и Вина. Зависимость между излучательной и поглощательной способностью тел. Закон Кирхгофа. Определение и математическое выражение. Диффузное излучение. Направление излучения. Закон Ламберта. Определение и математическое выражение	2	1,2
	Уравнение теплового потока излучения. Расчёт приведённой степени черноты. Определение приведённого коэффициента излучения. Определение эффективной толщины излучающего слоя, поглоща-	2	1,2

	тельной и излучательной способности газовой смеси, степени черноты газовой смеси. Определение лучистого теплового потока и расчёт коэффициента теплоотдачи излучением		
	Практическое занятие №8	2	
	Определение параметров лучистого теплообмена	2	2
	Самостоятельная работа обучающихся:	4	
	Составление таблицы частных случаев уравнения теплового баланса излучения		
	Вычерчивание графических иллюстраций к законам Планка, Стефана-Больцмана и Ламберта		
	Составление таблицы физических величин, характеризующих процессы теплообмена излучением		
	Составление таблицы степени черноты различных материалов		
Тема 5.6. Теплообменные аппараты	Содержание учебного материала:	4	
	Определение, назначение и классификация теплообменных аппаратов. Устройство теплообменных аппаратов. Основные схемы движения теплоносителей: прямоток, противоток и перекрёстный ток. Многоходовые схемы. Схемы теплообменных аппаратов, применяемые на судах. Сравнительный анализ схем. Задачи теплового расчёта теплообменных аппаратов.	2	1,2
	Самостоятельная работа обучающихся:	2	
	Вычерчивание схемы рекуперативного поверхностного теплообменного аппарата		
	Вычерчивание схем движения теплоносителей в теплообменных аппаратах		
	Контрольная работа №2 по разделу 5	2	
	Зачетное занятие	2	
	Консультации	7	
	Всего	173	

Для характеристики уровня освоения учебного материала используются следующие обозначения:

1 – ознакомительный (узнавание ранее изученных объектов, свойств);

2 – репродуктивный (выполнение деятельности по образцу, инструкции или под руководством)

3 – продуктивный (планирование и самостоятельное выполнение деятельности, решение проблемных задач).

3. Условия реализации программы учебной дисциплины

3.1. Требования к минимальному материально-техническому обеспечению

Реализация программы учебной дисциплины осуществляется в учебном кабинете кабинет технической термодинамики и теплопередачи

Оборудование учебного кабинета:

- посадочные места по количеству обучающихся;
- рабочее место преподавателя;
- аудиторная доска: меловая;
- плакаты,
- методическое обеспечение дисциплины.

Технические средства обучения: мультимедийный проектор с экраном, ноутбук, стенды: «Автоматика судовой холодильной установки», «Современные скороморозильные аппараты», компрессоры, малая хладоновая холодильная установка, детали компрессоров, установка «Капелька», лаборатории «Информатики» и «Информатики и информационных технологий профессиональной деятельности».

3.2. Информационное обеспечение обучения

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники:

1. Бухарова Г.Д. Молекулярная физика и термодинамика. Учебное пособие для бакалавриата. Москва Юрайт 2017 год.
2. Кудинов В.А, Карташов Э.М. Омефанюк Е.В. Техническая термодинамика и теплопередача. 3-е издание испр и доп. Учебник для бакалавриата. 2017 год / ГРИФ УМО ВО

Интернет-ресурсы:

1. <http://www.xumuk.ru/teplotehnnika/> - Курс лекций по теплотехнике.
2. <http://www.camchatgtu.ru/info/> Электронные издания - Техническая термодинамика и теплопередача.
3. <http://03-ts.ru> Электронные ресурсы «Теоретические основы теплотехники».

3.3.6 Активные и интерактивные методы, применяемые при обучении дисциплины.

Проблемные лекции и групповая работа с иллюстрационным материалом для раздела 1. Законы идеальных газов и основные параметры состояния. Интерактивные лекции и работа с наглядным пособием, обсуждение видео для раздела 2. Законы термодинамики. Разрешение проблем и мозговой штурм для раздела 3. Циклы компрессорных машин и тепловых двигателей. Обсуждение сложных и дискуссионных проблем, проектный метод для раздела 4. Циклы паросиловых и холодильных установок. Творческие задания, работа в малых группах, презентации для раздела 5. Основные понятия теории теплообмена.

4. Контроль и оценка результатов освоения дисциплины

Контроль и оценка результатов освоения дисциплины осуществляется преподавателем в процессе проведения практических занятий и лабораторных работ, тестирования, а также выполнения обучающимися индивидуальных заданий, исследований, самостоятельных и контрольных работ, устного опроса

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)	Формы и методы контроля и оценки результатов обучения
Умения:	
применять специальную терминологию	устный опрос, самостоятельная работа
пользоваться нормативно-технической и справочной литературой	лабораторная работа, практическое занятие, самостоятельная работа
определять параметры состояния рабочих тел	лабораторная работа, практическое занятие, контрольная работа, самостоятельная работа
читать и анализировать цикловые диаграммы в координатах P-v, T-s и i-s	лабораторная работа, практическое занятие, устный опрос, компьютерное тестирование, контрольная работа, самостоятельная работа
работать с таблицами состояния водяного пара	лабораторная работа, практическое занятие, контрольная работа, самостоятельная работа
рассчитывать термический КПД двигателей внутреннего сгорания, газотурбинных и паросиловых установок, холодильных машин	лабораторная работа, практическое занятие, самостоятельная работа
выполнять термодинамические расчеты теплоэнергетических устройств и двигателей	лабораторная работа, практическое занятие, самостоятельная работа
Знания:	
параметры состояния рабочих тел и свойства газов и паров	устный опрос, компьютерное тестирование, контрольная работа, самостоятельная работа
приборы для измерения давления и температуры	устный опрос, компьютерное тестирование, самостоятельная работа
законы термодинамики	устный опрос, компьютерное тестирование, контрольная работа, самостоятельная работа
характеристики топлив	устный опрос, компьютерное тестирование, контрольная работа, самостоятельная работа
общие законы статики и динамики жидкостей и газов	устный опрос, компьютерное тестирование, контрольная работа, самостоятельная работа
основные термодинамические процессы и их изображение на диаграммах P-v, T-s и i-s	устный опрос, компьютерное тестирование, контрольная работа, самостоятельная работа
устройство и принцип действия компрессоров, ДВС, ГТУ, ПСУ и холодильных машин	устный опрос, компьютерное тестирование, контрольная работа, самостоятельная работа
основные понятия теории теплообмена	устный опрос, компьютерное тестирование,

Критерии оценки индивидуальных образовательных достижений по результатам текущего и промежуточного контроля

Без ошибок - отлично

Не более 2х неточностей/ошибок - хорошо

3-4 незначительные ошибки/неточности - удовлетворительно

Более 4х ошибок - неудовлетворительно

Средняя оценка выставляется экзаменатором по медиане оценок за каждое ответ на задание (вопрос) и с учетом оценок за дополнительные вопросы.