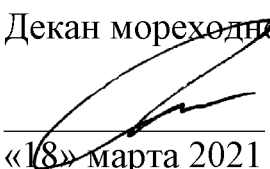


ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КАМЧАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «КамчатГТУ»)

Мореходный факультет

Кафедра «Энергетические установки и электрооборудование судов»

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан мореходного факультета  
  
С. Ю. Труднев  
«18» марта 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Судовые котельные и паропроизводящие установки»**

специальность:

26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок»  
(уровень: специалитет)

специализация:

«Эксплуатация судовых энергетических установок»  
квалификация: инженер-механик

Петропавловск-Камчатский  
2021

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО специальности  
26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок»

Составитель рабочей программы  
доцент, доцент, — С. В. Гаврилов

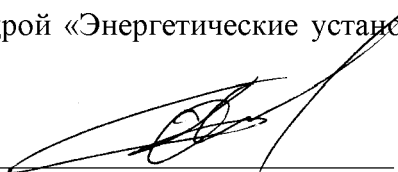


Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры «Энергетические установки и электрооборудование судов»

17 марта 2021 г., протокол № 9.

Заведующий кафедрой «Энергетические установки и электрооборудование судов» канд.  
техн. наук, доцент

17 марта 2021 г.



О. А. Белов

## 1. Цели и задачи учебной дисциплины

Дисциплина «Судовые котельные и паропроизводящие установки» является одной из основных ФГОС ВО (Б1.В.07) по специальности, формирующей профессиональную подготовку инженера по специальности 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок».

**ЦЕЛЯМИ** преподавания дисциплины «Судовые котельные и паропроизводящие установки (СКПУ)» являются привитие курсантам навыков анализа конструктивных и тепловых схем СКПУ, изучение особенностей конструкции вспомогательных и утилизационных судовых котлов, основ теории протекающих в них процессов, методик проведения теплового и конструктивного расчета судовых котлов, оценки их эффективности и надежности в различных условиях эксплуатации.

**ЗАДАЧАМИ** изучения дисциплины «СКПУ» являются теоретическая и практическая подготовка специалистов рыбопромыслового и транспортного флота, способных грамотно и качественно обслуживать котельные агрегаты, их вспомогательные механизмы и системы, обеспечивая их высокую экономичность, надежность и долговечность, а также разрабатывать мероприятия по совершенствованию и модернизации котельных установок, их оборудования и систем.

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок», после изучения дисциплины «СКПУ» учащийся должен **ИМЕТЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ:**

— об истории развития СКПУ, основных тенденциях, направлениях и перспективах их совершенствования;

— об основных научно-технических проблемах и перспективах развития СКПУ, их взаимосвязи с другими видами судового энергетического оборудования;

Учащийся должен **ЗНАТЬ:**

— конструкцию и основные характеристики основных типов вспомогательных и утилизационных котлов, эксплуатируемых на промысловых и транспортных судах;

— Правила классификации и постройки морских судов Российского Морского Регистра Судоходства в части, касающейся СКПУ, порядок их освидетельствования;

— основные свойства конструкционных материалов, применяемых при изготовлении, эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте СКПУ, способы получения заданных свойств материалов;

— методы подготовки топлива и питательной воды, процессов горения, теплообмена, утилизации вторичных энергоресурсов;

— методы контроля и нормирования эксплуатационных показателей СКПУ, определения их значений в процессе эксплуатации и по результатам испытаний, расчета приведенных затрат и полезного эффекта от их эксплуатации.

После изучения курса «Судовые котельные и паропроизводящие установки» и прохождения плавательных практик, учащийся должен

**УМЕТЬ:**

— производить расчеты, связанные с оценкой эффективности работы оборудования СКПУ и его модернизацией;

После изучения курса «СКПУ» и прохождения плавательных практик, учащийся должен иметь

**ОПЫТ И НАВЫКИ:**

— работы с технической документацией и литературой по СКПУ, в том числе и на английском языке;

— выполнения и чтения схем, чертежей и эскизов деталей, узлов и агрегатов судовых котельных установок, разработки сборочных чертежей их узлов и чертежей общего вида котлов;

— проведения тепловых, аэродинамических (гидравлических), конструктивных и прочностных расчетов узлов судовых котлов;

— использования нормативной, научно-технической и справочной литературы, технической и судовой документации.

Дисциплина «СКПУ» является одной из основных в процессе подготовки инженера-судомеханика. Приходящий на флот молодой специалист в должности четвертого механика получает в заведование котельную установку и обслуживающие ее системы и механизмы. Котельная установка обслуживает технологические процессы производства рыбной продукции и обеспечивает хозяйственно-бытовые потребности экипажа и судна в целом.

## 2. Требования к результатам освоения дисциплины

После изучения дисциплины «СКПУ» учащийся должен обладать следующими **ПРОФЕССИОНАЛЬНЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ**:

— способен осуществлять подготовку, эксплуатацию, обнаружение неисправностей и меры, необходимые для предотвращения причин повреждений следующим механизмам и система управления: 1. главный двигатель и связанные с ним вспомогательные механизмы; 2. паровой котел и связанные с ним вспомогательные механизмы и паровые системы; 3. вспомогательные первичные двигатели и связанные с ними системы; 4. другие вспомогательные механизмы, включая системы охлаждения, кондиционирования воздуха и вентиляции (ПК-6);

— способен выполнять техническое обслуживание и ремонт судовых механизмов и оборудования (ПК-30);

— способен принять участие в разработке проектной, нормативной, эксплуатационной и технологической документации для объектов профессиональной деятельности (ПК-39).

Планируемые результаты обучения при изучении дисциплины (знать, уметь, владеть), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенция или ее часть), представлены в табл. 1.

Таблица 1

Код компетенции	Планируемые результаты освоения образовательной программы	Планируемый результат обучения по дисциплине	Код показателя освоения
ПК-6	способность осуществлять подготовку парового котла к действию; способность осуществлять эксплуатацию парового котла; способность выявлять неисправности парового котла; способности принимать меры по предотвращению причин повреждений парового котла; оценивать результаты и последствия принятого решения и готовность нести за них ответственность	<b>Знать:</b> – принцип действия основных судовых механизмов и обслуживающих их систем; – основные принципы и правила подготовки механизмов и систем к действию; – основные принципы управления механизмами и системами и алгоритмы поиска их неисправностей; – виды ответственности за последствия принятия решений	3(ПК-6)1 3(ПК-6)2 3(ПК-6)3 3(ПК-6)4
		<b>Уметь:</b> – действовать в стандартных ситуациях; – действовать в нестандартных ситуациях; – принимать на себя ответственность за принятые решения	У(ПК-6)1 У(ПК-6)2 У(ПК-6)3
		<b>Владеть:</b> – навыками целеполагания; – основными положениями правил технической эксплуатации механизмов и систем	В(ПК-6)1 В(ПК-6)2

ПК-30	способность выполнять техническое обслуживание и ремонт судовых котлов и обслуживающего их оборудования	<b>Знать:</b> основные свойства конструкционных материалов, применяемых при изготовлении, эксплуатации, техническом обслуживании и ремонте СКПУ, способы получения заданных свойств материалов	З(ПК-30)1
		<b>Уметь:</b> использовать нормативную, научно-техническую и справочную литературу, техническую и судовую документацию	У(ПК-30)1
		<b>Владеть:</b> – навыками целеполагания; – основными положениями правил технической эксплуатации судовых котлов и их систем	В(ПК-30)1
ПК-39	способность принять участие в разработке документации по эксплуатации СКПУ	<b>Знать:</b> методики проведения тепловых, аэродинамических, конструктивных и прочностных расчетов узлов судовых котлов	З(ПК-39)1
		<b>Уметь:</b> производить расчеты, связанные с оценкой эффективности работы оборудования СКПУ и его модернизацией	У(ПК-39)1
		<b>Владеть:</b> выполнением и чтением схем, чертежей и эскизов деталей, узлов и агрегатов СКПУ	В(ПК-39)1

Обязательные профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения показаны в табл. 2.

Таблица 2

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Компетенции, 1-я колонка таблиц А-III/1-2 Кодекса ПДНВ
ПК-6. Способен осуществлять подготовку, эксплуатацию, обнаружение неисправностей и меры, необходимые для предотвращения причинения повреждений следующим механизмам и системам управления: 1. главный двигатель и связанные с ним вспомогательные механизмы; 2. паровой котел и связанные с ним вспомогательные механизмы; 3. вспомогательные первичные двигатели и связанные с ними системы; 4. другие вспомогательные механизмы, включая системы охлаждения, кондиционирования воздуха и вентиляции	<p>ИД-1<sub>ПК-6</sub>. Обладает знаниями и необходимыми навыками подготовки, эксплуатации, обнаружения неисправностей и принятия мер, необходимых для предотвращения причинения повреждений главному двигателю и связанных с ним вспомогательным механизмам.</p> <p>ИД-2<sub>ПК-6</sub>. Обладает знаниями и необходимыми навыками подготовки, эксплуатации, обнаружения неисправностей и принятия мер, необходимых для предотвращения причинения повреждений паровому котлу и связанным с ним вспомогательным механизмам и паровым системам.</p> <p>ИД-3<sub>ПК-6</sub>. Обладает знаниями и необходимыми навыками подготовки, эксплуатации, обнаружения неисправностей и принятия мер, необходимых для предотвращения причинения повреждений вспомогательным первичным двигателям и связанным с ними системам.</p>	Табл. А-III/1, функция судовые механические установки на уровне эксплуатации

	ИД-4 <sub>ПК-6</sub> . Обладает знаниями и необходимыми навыками подготовки, эксплуатации, обнаружения неисправностей и принятия мер, необходимых для предотвращения причинения повреждений различным вспомогательным механизмам, включая системы охлаждения, кондиционирования воздуха и вентиляции	
ПК-30. Способен выполнить техническое обслуживание и ремонт судовых механизмов и оборудования	ИД-1 <sub>ПК-30</sub> . Умеет осуществлять техническое обслуживание и ремонт, разборку, настройку и сборку механизмов и оборудования. ИД-2 <sub>ПК-30</sub> . Умеет использовать надлежащие специализированные инструменты и измерительные приборы. ИД-3 <sub>ПК-30</sub> . Знает проектные характеристики и принципы выбора материалов, используемых при изготовлении и ремонте судового оборудования	Табл. А-III/1, функция ТО и ремонт судна на уровне эксплуатации
ПК-39. Способен принять участие в разработке проектной, нормативной, эксплуатационной и технологической документации для объектов профессиональной деятельности	ИД-1 <sub>ПК-39</sub> . Знает порядок разработки проектной, нормативной, эксплуатационной и технологической документации для объектов профессиональной деятельности	Табл. А-III/1, функция ТО и ремонт судна на уровне управления

Спецификация минимального стандарта компетентности в соответствии с Конвенцией ПДНВ-78 (Правила III/1 МК ПДНВ-78 с поправками, раздел А-III/1), функция: Судовые механические установки на уровне эксплуатации представлена в табл. 3.

Таблица 3

Сфера компетентности	Знание, понимание и профессиональные навыки	Методы демонстрации компетентности	Критерии для оценки компетентности
Эксплуатация главных установок и вспомогательных механизмов и связанных с ними систем управления	Подготовка, эксплуатация, обнаружение неисправностей и меры, необходимые для предотвращения причинения повреждений следующим механизмам и системам управления: .2 паровой котел и связанные с ним вспомогательные механизмы и паровые системы .4 другие вспомогательные механизмы, включая системы охлаждения, кондиционирования воздуха и вентиляции	Экзамен и оценка результатов подготовки, полученной в одной или нескольких из следующих форм: .3 одобренная подготовка с использованием лабораторного оборудования	Операции планируются и выполняются в соответствии с руководствами по эксплуатации, установленными правилами и процедурами по обеспечению безопасности операций и избежанию загрязнения морской среды Отклонения от нормы быстро выявляются Работа силовой установки и технических систем постоянно отвечает требованиям, включая команды с мостика, относящиеся к изменению скорости и направления движения Причины неисправностей механизмов быстро выявляются и предпринимаются действия для обеспечения безопасности судна и установки в целом с учетом преобладающих обстоятельств и условий

### 3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

В соответствии с требованиями ФГОС ВО образования по специальности 26.05.06, в ходе преподавания дисциплины должны рассматриваться следующие основные вопросы:

- классификация судовых котлов, типы и назначение котельных установок, судовые потребители пара;
- принцип действия и рабочие процессы котлов;
- основы теории и материальный баланс процесса горения;
- тепловой баланс, теплообмен в котлах;
- конструкции котлов, их систем и элементов;
- циркуляция, парообразование, накипеобразование и коррозия;
- газодинамические процессы в котлах и их характеристики;
- материалы, трубопроводы и арматура;
- требования классификационных обществ.

В состав дисциплины входят лекционный курс, практические занятия, лабораторный практикум, курсовое проектирование и самостоятельная работа.

В результате реализации настоящей программы студенты и курсанты получают знания в области процессов горения, теплообмена, циркуляции, аэродинамики, протекающих в судовых вспомогательных и утилизационных котлах, изучают устройство котлов, методики их расчета и анализа. Это позволит применять полученные знания при эксплуатации и проектировании систем и аппаратов котельных и паропроизводящих установок.

Для проведения лекций и практических занятий используется специализированный кабинет «Судовые котельные установки и турбомашинны» (ауд. 3-005). Для выполнения курсового проекта имеется компьютерный зал (ауд. 3-217) кафедры «Энергетические установки и электрооборудование судов».

Изучение и построение дисциплины «СКПУ» базируется на знаниях курсантами следующих разделов дисциплин естественнонаучного, общепрофессионального и специального циклов:

- «Химия»: основные закономерности протекания химических реакций, вода и растворы, основы электрохимии, химические свойства материалов, применяемых в машиностроении, основы водоподготовки;
- «Физика»: физические основы механики, кинематика и динамика твердого тела, жидкости и газов, молекулярная физика и термодинамика;
- «Начертательная геометрия и инженерная графика»;
- Программное обеспечение проектирования, эксплуатации судовых технических средств»;
- «Теплотехника»: законы термодинамики, процессы и циклы, теория теплообмена, основы расчета теплообменных аппаратов, основы энергосбережения, вторичные энергетические ресурсы;
- «Гидравлика»: подобие гидромеханических процессов, турбулентность;
- «Материаловедение и технология конструкционных материалов»: стали, конструкционные металлы и сплавы, поведение материалов в эксплуатации;
- «Соппротивление материалов»: сложное сопротивление, расчет по теориям прочности, усталость.

Рабочие программы указанных дисциплин, разрабатываемые общеобразовательными и общетехническими кафедрами, должны корректироваться в соответствии с предложениями выпускающей кафедры.

Знания и умения, полученные курсантами в ходе изучения дисциплины «СКПУ», дополняются и совершенствуются при последующем изучении дисциплин специализации:

- «Судовые турбомашинны»;
- «Судовые вспомогательные механизмы, системы и устройства»;
- «Технология использования воды, топлива и смазочных материалов»;

— «Организация, управление и техническая эксплуатация СЭУ».

#### 4. Содержание дисциплины

Тематический план дисциплины по очной форме обучения представлен в виде табл. 4.

Таблица 4

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Раздел 1. Конструкция судовых котлов</b>	<b>33</b>	<b>18</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>15</b>		
Тема 1.1. Общие сведения о СКПУ	12	8	2	4	2	4	Опрос, ПЗ	
Тема 1.2. Конструкции котлов и парогенераторов и их элементов	21	10	2	6	2	11	Опрос, ПЗ, тест	
<b>Раздел 2. Основы теории судовых котлов</b>	<b>88</b>	<b>58</b>	<b>28</b>	<b>22</b>	<b>8</b>	<b>30</b>		
Тема 2.1. Топливо для котлов	12	8	2	4	2	4	Опрос, ПЗ	
Тема 2.2. Горение топлива. Топочные процессы.	14	10	4	4	2	4	Опрос, ПЗ, тест	
Тема 2.3. Тепловой баланс и эффективность использования топлива.	16	12	6	4	2	4	Опрос, ПЗ, тест	
Тема 2.4. Теплообмен в котлах и парогенераторах.	16	12	6	6		4	Опрос, ПЗ, тест	
Тема 2.5. Характеристики газодинамических процессов в котлах	12	8	4	4		4	Опрос, ПЗ	
Тема 2.6. Циркуляция и парообразование	10	4	4			6	Опрос	
Тема 2.7. Материалы для котлостроения	8	4	2		2	4	Опрос, ПЗ	
<b>Раздел 3. Основы технической эксплуатации СКПУ</b>	<b>59</b>	<b>19</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>40</b>		
Тема 3.1. Составляющие технической эксплуатации СКПУ	59	19	6	6	7	40	Опрос, ПЗ, тест	
Экзамен								
Всего	216	95	38	38	19	85	36	

Тематический план дисциплины по заочной форме обучения представлен в виде табл. 5.



Таблица 5

Наименование разделов и тем	Всего часов	Аудиторные занятия	Контактная работа по видам учебных занятий			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля	Итоговый контроль знаний
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Раздел 1. Конструкция судовых котлов</b>	<b>52</b>	<b>2</b>	<b>2</b>			<b>50</b>		
Тема 1.1. Общие сведения о СКПУ	21	1	1			20	Опрос	
Тема 1.2. Конструкции котлов и парогенераторов и их элементов	31	1	1			30	Опрос	
<b>Раздел 2. Основы теории судовых котлов</b>	<b>90</b>	<b>20</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>70</b>		
Тема 2.1. Топливо для котлов	15	5	1	2	2	10	Опрос, ПЗ	
Тема 2.2. Горение топлива. Топочные процессы.	13	3	1	2		10	Опрос, ПЗ	
Тема 2.3. Тепловой баланс и эффективность использования топлива.	14	4	2	2		10	Опрос, ПЗ	
Тема 2.4. Теплообмен в котлах и парогенераторах.	14	4	2	2		10	Опрос, ПЗ	
Тема 2.5. Характеристики газодинамических процессов в котлах	13	3	1	2		10	Опрос, ПЗ	
Тема 2.6. Циркуляция и парообразование	11	1	1			10	Опрос	
Тема 2.7. Материалы для котлостроения	10					10	Опрос, ПЗ	
<b>Раздел 3. Основы технической эксплуатации СКПУ</b>	<b>65</b>	<b>10</b>	<b>2</b>		<b>8</b>	<b>55</b>		
Тема 3.1. Составляющие технической эксплуатации СКПУ	65	10	2		8	55	Опрос, ПЗ	
Экзамен	9						Экзамен	
Всего	216	32	12	10	10	175	9	

ПЗ — практическое занятие

#### Описание содержания дисциплины по разделам и темам

### Раздел 1. Конструкция судовых котлов

#### Тема 1.1. Общие сведения о СКПУ

##### Лекция 1.1.1.

##### *Рассматриваемые вопросы:*

Введение. Цель и содержание курса, литература. Термодинамические особенности получения и использования пара в СКПУ. Назначение котельных и паропроизводящих установок. Принцип действия и рабочие процессы котлов и парогенераторов. Классификация судовых котлов и парогенераторов, судовые потребители пара.

#### Тема 1.2. Конструкции котлов и парогенераторов и их элементов.

##### Лекция 1.2.1.

##### *Рассматриваемые вопросы:*

Топочные устройства котлов. Типы, принцип действия и устройство форсунок. Требования Морского Регистра Судоходства к топочным устройствам. Арматура и трубопроводы, состав, назначение, расположение на котле. Устройство арматуры: стопорные и предохранительные клапаны, краны продувания, водоуказательные приборы. Внутрикollectорные устройства. Эксплуатация арматуры. Требования Регистра к арматуре. Крепление труб к коллекторам. Каркас, кожух, опоры. Гарнитура котла.

Практическое занятие 1. Конструкция судовых котлов. Состав и схемы судовых котельных установок.

Изучение конструкции (4 часа).

Практическое занятие 2. Топочные устройства котлов.

Изучение конструкции (6 часов).

Лабораторная работа 1. Определение показателей качества котельного топлива.

Проведение опытов и измерений (2 часа).

Лабораторная работа 2. Контроль качества питательной воды и конденсата.

Проведение опытов и измерений (2 часа).

Конкретные задания при выполнении практических занятий приведены в методических указаниях [1], лабораторных работ — в методических указаниях [6].

Самостоятельная работа:

1. Проработка учебного материала по конспекту — 4 часа.

2. Подготовка к защите практических занятий и лабораторных работ — 5 часов.

3. Конспектирование вопроса «Основы теории горения» — 2 часа.

4. Конспектирование вопроса «Обзор конструкций судовых котлов» — 2 часа.

5. Конспектирование вопроса «Управление горением» — 2 часа.

*Итого по разделу: ЛК — 4, ПЗ — 10, ЛБ — 4, СРС — 15 часов.*

Литература: [2, с. 8—22; 60—70; 98—110; 140—142; 151—195; 178—186; 3. с. 9—32].

## **Раздел 2. Основы теории судовых котлов.**

Тема 2.1. Топливо для котлов.

Лекция 2.1.1.

*Рассматриваемые вопросы:*

Виды, способы получения, классификации судовых топлив. Основные физико-химические свойства. Требования к топливу, марки топлив. Топливная система котла, состав, назначение, устройство, работа основных элементов.

Тема 2.2. Горение топлива. Топочные процессы.

Лекция 2.2.1.

*Рассматриваемые вопросы:*

Основы теории и материальный баланс процесса горения органического топлива. Реакции горения основных компонентов топлива. Определение теоретически необходимого и действительного объемов воздуха.

Лекция 2.2.2.

*Рассматриваемые вопросы:*

Коэффициент избытка воздуха. Состав и объем продуктов сгорания 1 кг топлива. Материальный баланс. Диаграмма «Энтальпия — температура».

Тема 2.3. Тепловой баланс и эффективность использования топлива.

Лекция 2.3.1.

*Рассматриваемые вопросы:*

Тепловой баланс. Приход и расход тепла в паровом котле. Располагаемое, полезно использованное тепло и тепловые потери.

Лекция 2.3.2.

*Рассматриваемые вопросы:*

Уравнение прямого и обратного тепловых балансов, их значение и применение.

Лекция 2.3.3

Топливный и эксергетический КПД. Влияние конструктивных и эксплуатационных факторов на экономичность котла.

Тема 2.4. Теплообмен в котлах и парогенераторах.

#### Лекция 2.4.1.

##### *Рассматриваемые вопросы:*

Способы передачи тепла в котлах. Лучистый теплообмен. Физическая модель теплообмена в топке. Факторы, влияющие на теплообмен в топке. Методика расчета теплообмена в топке. Определение величин, входящих в расчетные уравнения.

#### Лекция 2.4.2.

##### *Рассматриваемые вопросы:*

Конвективный теплообмен. Уравнение конвективного теплообмена в критериальном виде. Факторы, влияющие на интенсивность конвективного теплообмена.

#### Лекция 2.4.3.

##### *Рассматриваемые вопросы:*

Основные расчетные зависимости. Определение коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи. Коэффициенты полноты омывания поверхности и загрязнений. Температурный напор.

Тема 2.5. Характеристики газодинамических процессов в котлах.

#### Лекция 2.5.1.

##### *Рассматриваемые вопросы:*

Уравнение газодинамики газовоздушного тракта (ГВТ) в критериальном виде. Составляющие полного газодинамического сопротивления ГВТ. Связь между теплообменом и газодинамическим сопротивлением.

#### Лекция 2.5.2.

##### *Рассматриваемые вопросы.*

Составление схемы ГВТ, определение сопротивления участков. Аэродинамические характеристики котла. Совместная работа ГВТ и вентилятора.

Тема 2.6. Циркуляция и парообразование.

#### Лекция 2.6.1.

##### *Рассматриваемые вопросы:*

Циркуляция воды в котле. Основные понятия и определения (контур циркуляции, полезный и движущий напоры). Параметры циркуляции. Виды нарушений естественной циркуляции, их причины и способы предотвращения. Гидравлические характеристики циркуляционного контура.

Тема 2.7. Материалы для котлостроения.

#### Лекция 2.7.1.

##### *Рассматриваемые вопросы:*

Условия работы и требования к материалам для изготовления элементов паровых котлов. Расчеты прочности элементов котлов в соответствии с нормами Морского Регистра Судоходства.

Практическое занятие 3. Арматура и внутриколлекторные устройства.

Изучение конструкции (2 часа).

Практическое занятие 4. Каркас, кожух, футеровка, теплоизоляция.

Изучение конструкции (2 часа).

Практическое занятие 5. Материальный баланс процесса сгорания.

Изучение конструкции (4 часа).

Практическое занятие 6. Построение диаграммы «Энтальпия — температура» продуктов сгорания.

Выполнение расчетов (4 часа).

Практическое занятие 7. Предварительный тепловой баланс вспомогательного котла.

Выполнение расчетов (2 часа).

Практическое занятие 8. Расчет теплообмена в топке.

Выполнение расчетов (4 часа).

Практическое занятие 9. Тепловой расчет испарительного пучка труб.

Выполнение расчетов (4 часа).

Лабораторная работа 3. Определение показателей качества котловой воды при ведении фосфатно-щелочного водного режима.

Проведение опытов и измерений (4 часа).

Лабораторная работа 4. Анализ котловой воды при помощи экспресс-лаборатории фирмы Unitor.

Проведение опытов и измерений (2 часа).

Лабораторная работа 5. Обработка питательной воды методами ионного обмена.

Проведение опытов и измерений (2 часа).

Конкретные задания при выполнении практических занятий приведены в методических указаниях [1], лабораторных работ — в методических указаниях [6].

Самостоятельная работа:

1. Проработка учебного материала по конспектам и литературе — 8 часов.

2. Выполнение и подготовка к защите практических занятий и лабораторных работ — 8 часов.

3. Конспектирование вопроса «Прием, хранение, учет расхода топлива на судне» — 2 часа (лит. [1, 2]).

4. Конспектирование вопроса «Полное и неполное горение» — 2 часа (лит. [1, 2]).

5. Проработка учебного материала по конспекту — 6 часов.

6. Выполнение и подготовка к защите практических занятий и лабораторных работ — 8 часов.

7. Конспектирование вопроса «Зависимость составляющих теплового баланса от режима работы котла и эксплуатационных факторов» — 2 часа (лит. [1, 2]).

8. Конспектирование вопроса «Физическая модель теплообмена в топке» — 2 часа (лит. [1, 2]).

9. Конспектирование вопроса «Факторы, влияющие на эффективность теплообмена» — 2 часа (лит. [1, 2]).

*Итого: ЛК — 24, ПР — 14, ЛБ — 8, СРС — 40 часов.*

Литература: [2, с. 31—47; 57—63; 82—85, 87—89; 85—109; 110—129; 3, с. 35—71].

### **Раздел 3. Основы технической эксплуатации СКПУ.**

Тема 3.1. Составляющие технической эксплуатации СКПУ.

Лекция 3.1.1.

*Рассматриваемые вопросы:*

Организационные и методические основы технической эксплуатации СКУ. Режимы работы СКУ.

Лекция 3.1.2. Документация котельной установки: нормативная, завода-строителя, первичного учета. Основные положения правил технической эксплуатации судовых котлов.

Лекция 3.1.3. Основные положения правил технической эксплуатации судовых котлов. Меры безопасности при эксплуатации СКПУ.

Практическое занятие 10. Определение аэродинамического сопротивления вспомогательного котла.

Выполнение расчетов (4 часа).

Практическое занятие 11. Расчет прочности элементов котлов.

Выполнение расчетов (2 часа).

Лабораторная работа 6. Расчет дозировки реагентов для внутрикотловой водоподготовки.

Выполнение расчетов (2 часа).

Лабораторная работа 7. Определение величины оптимальной продувки котла.

Выполнение расчетов (2 часа).

Лабораторная работа 8. Эксплуатация котельной установки.

Работа на электронном тренажере (3 часа).

Конкретные задания при выполнении практических занятий приведены в методических указаниях [1], лабораторных работ — в методических указаниях [6].

Самостоятельная работа:

1. Проработка учебного материала по конспектам и литературе — 12 часов.

2. Выполнение и подготовка к защите практических занятий и лабораторных работ — 8 часов.

3. Конспектирование вопроса «Способы подачи воздуха и удаления газов» — 2 часа (лит. [1, 2]).

4. Конспектирование вопроса «Определение гидравлических сопротивлений контура с естественной циркуляцией» — 2 часа (лит. [1, 2]).

5. Подготовка к итоговой аттестации по дисциплине — 16 часов.

*Итого: ЛК — 2, ПР — 6, ЛБ — 8, СРС — 40 часов.*

Литература: [2, с. 250—255; 3, с. 245—274; 6, с. 202—228; 253—264].

5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа учащегося по дисциплине включает такие виды работы как:

1) изучение материалов, законспектированных в ходе лекций;

2) изучение литературы, проработка и конспектирование источников;

3) подготовка к защите практического занятия;

4) подготовка к промежуточной аттестации.

В ходе освоения дисциплины «ТИВТСМ» студенты набирают максимально 100 баллов посредством выполнения предусмотренных видов учебно-познавательной деятельности.

Перечень методических указаний для самостоятельной работы:

1. *Гаврилов С. В.* Судовые котельные и паропроизводящие установки. Методические указания к практическим занятиям для курсантов специальности 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок» очной формы обучения. — Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2018. — 96 с.

2. *Гаврилов С. В.* Судовые котельные и паропроизводящие установки. Курсовое проектирование: методические указания для курсантов специальности 25.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок» очной формы обучения. — Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2015. — 108 с.

3. *Гаврилов С. В.* Судовые котельные и паропроизводящие установки. Курсовое проектирование: методические указания для курсантов специальности 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок» заочной формы обучения. — Петропавловск-Камчатский: Изд-во КамчатГТУ, 2015. — 87 с.

4. *Гаврилов С. В.* Судовые котельные и паропроизводящие установки. Эксплуатация судовых котельных установок. Методические указания по изучению дисциплины для курсантов и студентов специальности 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок» очной и заочной форм обучения. — Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2018. — 23 с.

5. *Гаврилов С. В.* Судовые котельные и паропроизводящие установки. Программа, методические указания и контрольные задания для студентов специальности 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок» заочной формы обучения. — Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2013. — 21 с.

6. *Гаврилов С. В.* Судовые котельные и паропроизводящие установки. Методические указания к лабораторным работам для курсантов и студентов специальности 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок» очной и заочной форм обучения. — Петропавловск-Камчатский: КамчатГТУ, 2018. — 45 с.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

1. Термодинамические особенности получения и использования пара в судовых котельных установках. Цикл паросиловой установки (Ренкина). Термический КПД цикла Ренкина, методы его повышения.

2. Тепловая схема парового котла. Составные части парового котла, их назначение и взаимодействие. Топливный КПД котла, способы повышения экономичности судовых котлов.

3. Принцип действия, составные части, компоновочные схемы водотрубных котлов. Особенности водотрубных котлов. Параметры и классификация судовых котлов.

4. Принцип действия, составные части и компоновочные схемы газотрубных и утилизационных котлов. Особенности газотрубных котлов. Маркировка судовых котлов.

5. Судовая котельная установка. Принципиальная схема, состав, взаимодействие элементов.

6. Арматура котла, ее состав назначение и размещение. Требования Морского Регистра Судоходства к предохранительным и питательным клапанам, водоуказательным приборам. Эксплуатация арматуры.

7. Топочные и воздухонаправляющие устройства котлов. Назначение, состав, особенности эксплуатации. Защита и блокировка топочного устройства. Требования Морского Регистра Судоходства к топочным устройствам.

8. Форсунки судовых котлов. Типы, параметры, сравнительная характеристика различных видов форсунок. Способы регулирования производительности форсунок. Эксплуатация форсунок, их основные дефекты и неисправности.

9. Топливная система котла. Назначение, состав, конструкция элементов. Эксплуатация топливной системы. Выбор температурных режимов на различных участках топливной системы.

10. Состав и физические свойства котельных топлив. Требования к топливу, марки топлив для судовых котлов. Прием, хранение, контроль расхода топлива на судне.

11. Конструкция каркаса, кожуха, опор котла. Теплоизоляция и футеровка топки. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы, используемые в судовом котлостроении. Эксплуатация и ремонт футеровки.

12. Коллекторы судовых котлов. Внутриколлекторные устройства, их назначение, размещение и конструкция.

13. Принципиальная схема системы питания судового котла. Состав, назначение и конструкция элементов. Эксплуатация системы. Устройства для ввода реагентов для внутрикотловой водообработки и их работа.

14. Испарительная поверхность нагрева котла. Конструкция элементов поверхности нагрева, материалы, условия их работы. Способы крепления труб. Эксплуатация испарительной поверхности нагрева, ее основные дефекты. Основы теплового расчета испарительной поверхности нагрева.

15. Конструкция, параметры и особенности судовых вспомогательных газотрубных котлов типа КВА (КГВ).

16. Конструкция, параметры и особенности судовых вспомогательных водотрубных котлов типа КВВА (КАВ).

17. Конструкция, параметры и особенности судовых комбинированных котлов VX.

18. Конструкция, параметры, принцип действия судовых утилизационных котлов с принудительной циркуляцией типа КУП-40.

19. Материалы для судового котлостроения, условия их работы. Основы прочностного расчета элементов котлов. Коррозионные процессы в судовых котлах (низко- и высокотемпературная коррозия). Мероприятия по предотвращению коррозионных разрушений.

20. Техничко-экономические показатели судовых энергетических установок.

21. Системы и трубопроводы котельных установок.

22. Виды органических топлив и их особенности.

23. Прием и хранение топлива на судне.

24. Основы кинетики реакций горения топлива.

25. Механизм горения топливной капли.

26. Способы сжигания топлива.

27. Горение водотопливных эмульсий.

28. Общие сведения об организации движения воды и пароводяной смеси в котлах.

29. Физико-химические закономерности поведения примесей в котловой воде.

30. Влияние чистоты пара на эффективность работы паропроизводящих установок.

Получение чистого пара.

31. Коррозионные процессы, протекающие с внутренней (водяной) стороны поверхности нагрева.

32. Механизм образования отложений на наружной (газовой) стороне поверхности нагрева.

33. Виды коррозии, протекающие на наружной (газовой) стороне поверхности нагрева и их механизм.

34. Условия работы металла паропроизводящих установок. Металлы, используемые для изготовления элементов котлов, их свойства.

35. Методика расчета цилиндрических элементов котлов на прочность.

36. Огнеупорные, теплоизоляционные и уплотнительные материалы. Их марки, свойства.

37. Основные принципы автоматического регулирования вспомогательных котельных установок.

38. Основные принципы автоматического регулирования утилизационных котельных установок.

39. Реакции окисления компонентов топлива. Определение теоретически необходимого и действительного объемов воздуха. Коэффициент избытка воздуха.

40. Состав продуктов сгорания топлива. Определение объемов газов, составляющих продукты сгорания. Факторы, влияющие на объем и состав продуктов сгорания.

41. Методика построения диаграммы «Энтальпия — температура ( $I — t$ )» продуктов сгорания топлива и ее использование для теплового расчета котла. Факторы, влияющие на энтальпию продуктов сгорания.

42. Полное и неполное сгорание топлива. Продукты полного и неполного сгорания. Уравнение неполного сгорания и его практическое применение.

43. Газовый анализ. Определение величины действительного коэффициента избытка воздуха. Управление горением по внешним признакам и по показаниям контрольно-измерительных приборов.

44. Тепловой баланс котла. Приход и расход тепла в паровом котле. Тепловые потери. Способы снижения тепловых потерь.

45. Уравнения прямого и обратного теплового балансов вспомогательного котла (в абсолютных и относительных единицах), их применение. Величины, входящие в уравнения, их характеристика.

46. Тепловые потери в котле. Их определение при помощи газового анализа. Пути повышения экономичности котла.

47. Утилизация тепла уходящих газов судовых дизелей. Факторы, ограничивающие глубину утилизации тепла. Тепловой баланс и КПД утилизационного котла.

48. Зависимость составляющих теплового баланса вспомогательного котла от режима его работы. Пути повышения топливной экономичности. КПД, расход топлива, испарительная способность топлива и их взаимосвязь.

49. Виды теплообмена в котлах. Лучистый теплообмен. Простейшая физическая модель теплообмена в топке. Понятие о степени черноты топки, факторы, на нее влияющие.

50. Расчет теплообмена в топке вспомогательного котла. Цели и методы расчета. Факторы, влияющие на интенсивность теплообмена в топке.

51. Конвективный теплообмен. Уравнение конвективного теплообмена в критериальной форме. Основные расчетные зависимости. Коэффициент теплопередачи и его составляющие.

52. Определение величины температурного напора для различных видов поверхностей нагрева и схем их включения. Факторы, влияющие на интенсивность конвективного теплообмена.

53. Особенности теплового баланса утилизационного котла (УК) с принудительной циркуляцией. Способы регулирования паропроизводительности УК. Факторы, влияющие на глубину утилизации тепла в УК.

54. Конструктивные приемы увеличения глубины использования тепла газов во вспомогательных и утилизационных котлах.

55. Конструктивные способы подвода воздуха к котлу и удаления продуктов сгорания. Самотяга. Соппротивление газоздушного тракта котла. Связь между аэродинамическим сопротивлением и теплообменом.

56. Уравнение аэродинамики газоздушного тракта котла в критериальной форме. Методика определения сопротивления газоздушного тракта. Устройство и работа котельного вентилятора. Аэродинамические характеристики котла и вентилятора, их совместная работа.

## 7. Рекомендуемая литература

### 7.1. Основная литература

1. *Корнилов Э. В., Бойко В. П.* Вспомогательные, утилизационные, термомасляные котлы морских судов (конструкция и эксплуатация). — Одесса, 2008. — 240 с.

2. *Хряпченков А. С.* Судовые вспомогательные и утилизационные котлы. — Л.: Судостроение, 1988. — 296 с.

### 7.2. Дополнительная литература

3. *Денисенко Н. И., Костылев Н. И.* Судовые котельные установки. Учебник для вузов. — СПб., 2005. — 285.

4. Международная конвенция о подготовке и дипломировании моряков и несении вахты 1978 г. (ПДМПВ-78) с поправками (консолидированный текст). — СПб.: ЗАО «ЦНИИМФ», 2010. — 806 с.

5. *Корнилов Э. В., Афанасенко В. Н., Бойко В. П.* Вспомогательные и утилизационные котлы морских судов (конструкция и эксплуатация). — Одесса, 2004. — 172 с.

6. Эксплуатация СКУ: учебник для высших инженерных морских училищ / В. М. Федоренко, В. М. Залетов, В. И. Руденко, И. Г. Беляев. — М.: Транспорт, 1991. — 272 с.

7. *Енин В. И.* Судовые паровые котлы. — М.: Транспорт, 1984. — 248 с.

8. *Милтон Д. Х., Лич К. М.* Судовые паровые котлы. — М.: Транспорт, 1985. — 280 с.

## 8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В рамках освоения учебной дисциплины «СКПУ» предусмотрены следующие виды учебных занятий:



- лекции;
  - практические занятия;
  - лабораторные работы;
  - самостоятельная работа;
  - групповые и индивидуальные консультации,
- а также прохождение аттестационных испытаний промежуточной аттестации.

В ходе лекций обучающимся следует подготовить конспекты лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины; проверять термины, понятия с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь; обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. Уделить внимание понятиям, которые обозначены обязательными для каждой темы дисциплины.

На практических занятиях и лабораторных работах обучающиеся выполняют проработку рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины; конспектирование источников; работу с конспектом лекций; подготовку ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы; решение практических заданий.

В ходе групповых и индивидуальных консультаций обучающиеся имеют возможность получить квалифицированные советы по организации самостоятельного управления собственной деятельностью на основе анализа имеющегося у них опыта обучения, используемых учебных стратегий, через обсуждение сильных сторон и ограничений стиля учения, а также поиск ресурсов, предоставляемых вузом для достижения намеченных результатов; для определения темы и проблемы исследования, выполнения мини-проектов по дисциплине, обсуждения научных текстов, решения учебных задач, для подготовки к практическим занятиям, для подготовки к контрольным точкам, в том числе итоговой аттестации; детально прорабатывать возникающие проблемные ситуации, осуществлять поиск вариантов их решения, определять преимущества и ограничения используемых средств для решения поставленных учебных задач, обнаруживать необходимость изменения способов организации своей работы и др.

## 9. Курсовой проект

Курсовой проект представляет собой самостоятельную инженерную работу, состоящую из расчетно-пояснительной записки и графической части.

*Цель курсового проекта:* решение одной из технических задач:

- разработки проекта вспомогательного котла на базе прототипа;
- выполнения поверочного расчета существующего котла;
- модернизации котла путем установки дополнительной поверхности нагрева.

В проекте рассматриваются конструктивные особенности вспомогательного котла, а также технические и организационные мероприятия по повышению экономичности рассматриваемой СКПУ. Проект состоит из двух частей: расчетно-пояснительной записки и графической части. Графическая часть включает: *первый лист* — чертеж общего вида котла с разрезами и выносными элементами, на котором приводятся технические характеристики и состав изделия; *второй лист* — две схемы систем, обслуживающих котельную установку на выбор (питательная и топливная, топливная и автоматизации и т. д.).

При выполнении курсового проекта используется методическое указание (поз. 2, пункт 9.3 настоящей программы).

*Критериями оценки курсового проекта являются:*

- соответствие его содержания и оформления требованиям, изложенным в методических указаниях по выполнению курсового проекта;
- качество и объем требуемых расчетов;
- своевременность выполнения заданий;
- качество защиты проекта.

Результат выполнения курсового проекта оценивается отдельно и составляет максимум 100 баллов. Процесс курсового проектирования разбивается на четыре модуля, каждый из которых соответствует основным этапам выполнения курсового проекта.

Проект выполняется самостоятельно в часы самоподготовки и выделенные для этого дни курсового проектирования. Работа над проектом ведется в соответствии с примерным графиком (табл. 6).

Таблица 6

Этап (неделя)	Содержание этапа	% выполнения
1 (2)	Получение задания, подбор литературы, введение	5
2 (3)	Анализ конструктивных особенностей котла, построение теоретического чертежа	15
3 (4)	Топливо и топливная система	20
4 (5)	Материальный и тепловой балансы	35
5 (6—7)	Расчет теплообмена	50
6 (8—9)	Аэродинамический расчет	60
7 (10)	Конструктивный расчет	75
8 (11—12)	Индивидуальное задание	80
9 (13—15)	Графическая часть и оформление записки	100

Тематика курсового проекта, а также исходные данные к проектированию приведены в табл. 7.

Таблица 7

Вариант	Тип котла	Давление пара $P_K$ , МПа	Паропроизводительность $D_K$ , кг/с	КПД $\eta_K$ , %	Т-ра питательной воды $t_{ПВ}$ , °С	Топливо
1	КВВА 2,5/5	0,5	0,66	79,0	55	мазут
2	КВВА 2,5/5	0,5	0,69	78,0	60	мазут
3	КВВА 2,5/5	0,4	0,62	79,0	57	мазут
4	КАВ 4/7	0,7	1,11	81,0	55	мазут
5	КАВ 4/7	0,6	1,00	80,5	60	мазут
6	КВВА 4/5	0,5	1,05	78,5	53	моторное
7	КГВ 0,63/5	0,5	0,175	84,0	60	моторное
8	КГВ 0,63/5	0,4	0,170	82,0	53	дизельное
9	КГВ 0,4/3	0,5	0,110	80,0	57	дизельное
10	КВВА 2,5/5	0,6	0,72	79,5	55	мазут
11	КВВА 2,5/5	0,5	0,69	78,0	60	моторное
12	КВВА 2,5/5	0,4	0,62	81,0	55	дизельное
13	КАВ 4/7	0,7	1,11	82,0	55	мазут
14	КАВ 4/7	0,7	1,08	80,5	61	мазут
15	КВВА 4/5	0,5	1,05	79,5	55	моторное

#### 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационно-справочных систем

1. Библиотека Либертариума. Код доступа: [http:// www.libertarium.ru/library/](http://www.libertarium.ru/library/).
2. Сайт журнала «Судостроение». Код доступа: [http:// www.ssts.spb.ru/](http://www.ssts.spb.ru/).
3. Сайт журнала «Теплоэнергетика». Код доступа: [http:// www.energetik.energy-journals.ru/](http://www.energetik.energy-journals.ru/).

4. Обучающая программа тренажерного комплекса «Дельта-судомеханик» (компьютерный класс, аудитория 3-217).

5. Обучающая программа тренажерного комплекса «Дизельсим» (тренажерный центр, аудитория 1-202).

6. Программа контроля знаний Qwestpic (компьютерный класс, аудитория 3-217), разделы:

6.1. Конструкция СКПУ:

- принцип действия;
- топочные устройства;
- арматура и внутрибарабанные устройства;
- каркас, кожух, теплоизоляция.

6.2. Основы теории СКПУ:

- материальный баланс. Топливо;
- тепловой баланс;
- теплообмен в топке и конвективных поверхностях;
- аэродинамика ГВТ;
- прочность и материалы.

7. Обучающая программа «Юнитест» (компьютерный класс, аудитория 3-217).

## 11. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Корпус парового котлоагрегата типа КГВ 0,4/3.
2. Экранный коллектор водотрубного котла с частью мембранного экрана.
3. Топочное устройство с паромеханической форсункой.
4. Стенд «Водоуказательные приборы».
5. Стенд «Теплоизоляционные и уплотнительные материалы».
6. Форсунка котельная механическая центробежная.
7. Форсунка котельная паромеханическая.
8. Комплекты распылителей к форсункам типа «Монарх», механической центробежной и паромеханической.
9. Клапаны предохранительные прямого действия сдвоенные.
10. Клапан предохранительный прямого действия одинарный.
11. Клапаны питательные сдвоенные и одинарные невозвратные.
12. Клапан стопорный.
13. Клапан быстрозапорный электромагнитный.
14. Стекло водоуказательное плоское.
15. Насос питательный.
16. Насос топливный шестеренчатый.
17. Вентилятор котельный центробежный.
18. Стенд «Котел утилизационный типа КУП».
19. Стенд «Котельное оборудование».
20. Стенд «Корпус котлов КАВ 4/7 и КГВ 0,63/5».
21. Стенд «Конденсатор паровой типа ВКУ 250/0,35».
22. Стенд «Система цифрового управления горением».
23. Стенд «Топочное устройство типа «Монарх» и котельный вентилятор».
24. Стенд «Утилизационный котел и сепаратор пара».
25. Стенд «Системы котлов».
26. Стенд «Котельное отделение».
27. Стенд «Вспомогательный котел типа КВ-1».
28. Комплект плакатов по разделам дисциплины — 30 шт.

Раздаточный материал

1. Задачи по темам 3.1 и 3.2 «Тепловой баланс и эффективность использования топлива» и «Теплообмен котлах». Комплект из 20 шт.
2. Карточки «Проверка остаточных знаний». В каждой карточке 3 вопроса. Комплект из 20 шт.
3. Итоговый тест по дисциплине (проверка остаточных знаний) из 20 вопросов. Один комплект.
4. Комплект карточек для экспресс-контроля знаний по теме «Конструкция вспомогательных и утилизационных котлов», в каждой карточке по 2 вопроса. Два комплекта по 30 шт. в каждом.
5. Комплект карточек для экспресс-контроля знаний по теме «Топочные устройства и арматура котлов», в каждой карточке по 2 вопроса. Комплект из 30 шт.
6. Комплект карточек для экспресс-контроля знаний по теме «Топливо и его горение. Тепловой баланс котла», в каждой карточке по 2 вопроса. Комплект из 30 шт.