Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Волжский государственный университет водного транспорта"

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ.
ОЦЕНОЧНЫЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Наименование основной образовательной программы	Эксплуатация судовых энергетических установок судов смешанного река-море плавания
Наименование дисциплины	Б.1.О.Д26 Судовые котельные и паропроизводящие установки
Направление подготовки/ специальность	26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок
Профиль/специализация	Эксплуатация судовых энергетических установок судов смешанного река-море плавания;
Кафедра	Кафедра эксплуатации судовых энергетических установок
Факультет	Электромеханический

г. Нижний Новгород
2020

Фонд оценочных средств составлен в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по специальности:
ФГОС 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок от 15.03.2018 № 192

Автор(ы) программы В.В. Колыванов

ФОС одобрен на заседании кафедры,
протокол № 8 от 18 июня 2020 г.
Заведующий кафедрой



И. Матвеев
Подписано в АСУ "Учебный процесс" *(Ф.И.О.)*

18 июня 2020 г.

1. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ, ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

№ п/п	Шифр компетенции	Показатель	Индикатор	Шкала оценивания (индикаторы)
1	ПК-5.	Способен выполнять безопасные и аварийные процедуры эксплуатации механизмов двигательной установки, включая системы управления	Знает принципы безопасных процедур эксплуатации механизмов двигательной установки и систем управления ею (ПК-5.1.)	«Отлично» отличное исполнение с незначительным количеством ошибок. «Хорошо» в целом правильное выполнение с определенным количеством незначительных ошибок. «Удовлетворительно» удовлетворяет минимальным требованиям к формированию компетенции. «Неудовлетворительно» не удовлетворяет минимальным требованиям к формированию компетенции.
			Умеет идентифицировать ситуации, требующие применения аварийной процедуры эксплуатации двигательной установки (ПК-5.2.)	
			Знает правила безопасной эксплуатации двигательной установки и систем ее управления (ПК-5.3.)	
			Знает правила и обладает навыками эксплуатации двигательной установки в аварийных ситуациях (ПК-5.4.)	
2	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 и паровые системы; 3. Вспомогательные первичные двигатели и связанные с ними системы; 4. Другие вспомогательные механизмы, включая системы охлаждения, кондиционирования воздуха и вентиляции	Знает правила и обладает навыками осуществления подготовки к эксплуатации и эксплуатации парового котла и связанны с ним вспомогательных механизмов и паровых систем (ПК-6.2.)	
			Способен идентифицировать неисправности в системах управления и механизмах, включая: 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-6.5.)	
			Знает правила и способен принимать меры для предотвращения причинения повреждений системам управления и механизмам, включая: 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-6.6.)	
3	ПКОО-1	Способен осуществлять эксплуатацию главных установок и вспомогательных механизмов и связанных с ними систем управления	Знает судовой котел (ПКОО-1.4.)	
			Знает системы автоматического управления (ПКОО-1.8.)	
4	ОПК-2.	Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, аналитические методы в профессиональной деятельности	Знает основные законы естественнонаучных дисциплин, связанные с профессиональной деятельностью (ОПК-2.1.)	
			Умеет применять основные законы естественнонаучных дисциплин, связанные в профессиональной деятельности (ОПК-2.2.)	
			Владеет навыками применения основных законов естественнонаучных дисциплин, связанные в профессиональной деятельности (ОПК-2.3.)	
5	ОПК-3.	Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	Знает способы измерений, записи и хранения результатов наблюдений, методы обработки и представления экспериментальных данных (ОПК-3.1.)	
			Умеет обрабатывать экспериментальные данные, интерпретировать и профессионально представлять полученные результаты (ОПК-3.2.)	
			Владеет навыками работы с измерительными приборами и инструментами (ОПК-3.3.)	
6	УК-2.	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	Формулирует в рамках поставленной цели проекта совокупность задач, обеспечивающих ее достижение (УК-2.1.)	
			Выбирает оптимальный способ решения задач, учитывая действующие правовые нормы и имеющиеся условия, ресурсы и ограничения (УК-2.2.)	

			Публично представляет результаты решения конкретной задачи проекта (УК-2.3.)	

2.МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

№ п/п	Шифр компетенции	Контрольные задания или иные материалы	Характеристика контрольных заданий	Методические материалы, определяющие процедуры оценивания
1	ПК-5.,ПК-6.	Лабораторная работа Тема:1,2,3,4,5,6,7,8,9	Опрос проводится на лабораторных занятиях. Выдается один вопроса из списка. На ответ дается 10 мин.	«зачтено» - теоретическое содержание раздела освоено полностью, необходимые практические навыки и умение владеть материалом показано, проанализированы полученные результаты. «незачтено» - теоретическое содержание не раскрыто, не показаны практические навыки и умение владеть материалом раздела.
2	ПК-5.,ПК-6.,ПКО О-1,ОПК-2.,ОПК-3.,УК-2.	Курсовой проект Тема:Тепловой расчет вспомогательного автономного парового котлоагрегата	Проект выполняется в течение семестра. Студентам дается индивидуальное задание из списка.	«отлично» - проект выполнен на >91%, при защите работы студент показывает глубокое знание вопросов темы.«хорошо» - проект выполнен на 75%- 90%, при защите работы студент без затруднений отвечает на вопросы.«удовлетворительно» - проект выполнен на 60%-74% с незначительными ошибками; при защите показывает слабое знание вопросов темы, не всегда дает исчерпывающие и обоснованные вопросы на заданные вопросы, допускает существенные ошибки.«неудовлетворительно» - работа не выполнена
3	ПК-5.,ПК-6.,ПКО О-1,ОПК-2.,ОПК-3.,УК-2.	Экзамен (устная часть/письменная часть) Тема:1,2,3,4,5,6,7,8,9	Экзамен проводится по окончании курса. Выдается два вопроса из списка. На ответ дается 15 мин.	«отлично» - знание полного и аргументированного ответа на вопросы;умение обосновать свои суждения, понимание материала,навыки применения знаний на практике, умение привести необходимые примеры, в т.ч. самостоятельно составленные; изложение материала полное последовательное и правильное.«хорошо» - знание полного и аргументированного ответа на вопросы; умение обосновать свои суждения, понимание материала, навыки применения знаний на практике, умение привести необходимые примеры, в т.ч. самостоятельно составленные; изложение материала полное, последовательное и правильное, но с 1-2 ошибками, которые исправляются самим обучающимся.«удовлетворительно» - знание и понимание основных положений вопросов билета; умение обосновать свои суждения, выраженное нелогично; изложение материала неполно с допущением неточностей в определении понятий или формулировке правил; навыки применения знаний на практике с ошибками;отсутствие умения достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и приводить свои приме-ры; изложение материала непоследовательное с ошибками.«неудовлетворительно» - незнание ответа на соответствующие вопросы; ошибки в формулировке опреде-лений и правил, искажающие их смысл; отсутствие навыков применения знаний на практике; отсутствие умения обосновать свои суждения и приводить свои примеры; беспорядочно и неуверенное изложение ма-териала.Итоговая оценка на экзамене формируется по формуле: Накопленная оценка* 0,6 + Оценка на экзамене *0,4 где Накопленная оценка – средняя арифметическая оценка по итогам контрольных работ, тестирова-нию, реферата, ответам на вопросы. Округление производится по правилам математики.

Вопросы для устного опроса
на лабораторных занятиях
по дисциплине
«Судовые котельные и паропроизводящие установки»

1. Какие основные потребители пара на дизельном судне?
2. Какие параметры пара у главных котлов (давление и температура перегретого пара)?
3. В чем принципиальное отличие водотрубного котла от огнетрубного?
4. Назвать основные показатели рабочего процесса котла и их примерные значения для вспомогательных котлов.
5. Как выбрать температуру подогрева топлива перед форсункой (например, IFO 180)?
6. Как влияет качество распыла топлива на полноту его сгорания и почему?
7. Зачем нужно знать температуру вспышки топлива?
8. Что характеризует плотность топлива?
9. Какую вязкость топлива необходимо обеспечить перед подачей его к форсунке?
10. Почему устанавливается коэффициент избытка воздуха?
11. Как обеспечивается распыл топлива в паромеханической форсунке?
12. Как обеспечивается распыл топлива в форсунках с вращающимся распылителем?
13. Как обеспечивается защита котла при погасании факела в процессе работы?
14. Как регулируется количество подаваемого воздуха в топочном устройстве «Монарх»?
15. В чем принципиальная разница тепловых балансов прямого и обратного?
16. Назовите основные тепловые потери котла?
17. Напишите основное уравнение теплопередачи.
18. Физический смысл коэффициентов теплопередачи и теплоотдачи.
19. Как зависит теплоотдача конвекцией от скорости греющей среды (дымовых газов)?
20. Как влияют на передачу теплоты от газов к воде загрязнения поверхностей парообразующих труб?
21. В каких поверхностях нагрева котла происходит конвективный теплообмен?
22. Какие факторы влияют на интенсивность процесса лучистого теплообмена?
23. При какой схеме (прямоток, противоток, смешанный вариант) наиболее эффективный теплообмен?
24. Какие конструктивные элементы расположены в пароводяном барабане котла?
25. Что такое теплотворная способность топлива?
26. Что входит в элементарный состав топлива?
27. Что такое застой циркуляции и причины его вызывающие?
28. В чем принципиальное отличие предохранительных клапанов прямого и непрямого действия?
29. Что является контролируемым параметром в системе автоматического регулирования питания кола?
30. Что такое самотяга котла и её роль при выборе вентилятора?
31. Классификация котлов?
32. Как проверить исправность водоуказательного прибора у котла?
33. Какие примеси котловой воды вызывают появление накипи?
34. Перечислить основные показатели качества котловой воды, контролируемые в процессе работы.
35. Устройство невозвратного и невозвратно-запорного клапанов.
36. Понятие естественной циркуляции

37. Как осуществляется верхнее и нижнее продувание котла, цель продувания?
38. Методы очистки наружных поверхностей нагрева в котлах?
39. Способы регулирования паропроизводительности утилизационных котлов.
40. На какие давления регулируются предохранительные клапаны котлов?
41. Методы крепления парообразующих труб в пароводяном барабане и пути восстановления плотности.
42. Расположение пароперегревателей в главных и утилизированных котлах?
43. Особенности конструкции комбинированных котлов.
44. Какие материалы применяются для тепловой изоляции котла?
45. Назначение и расположение в котле экономайзера?
46. Назначение и расположение пароохладителя?
47. Какие материалы применяются для изготовления парообразующих труб?
48. Какие легирующие добавки применяются для котельных сталей?
49. Какие виды освидетельствований котлов проводит морской регистр?
50. Требования, предъявляемые к котлам?
51. Особенности конструкции котлов с термальными теплоносителями.

Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волжская государственная академия водного транспорта»

Кафедра эксплуатации судовых энергетических установок

Тепловой расчёт вспомогательного автономного парового котлоагрегата

Методические указания
к выполнению курсовой работы
для студентов очного и заочного обучения
специальности «Эксплуатация судовых
энергетических установок» (180403, 180405.65)

Составитель – В.В. Колыванов

Нижний Новгород
Издательство ФБОУ ВПО «ВГАВТ»
2013

УДК 621.18
Т34

Р е ц е н з е н т – доц., канд. техн. наук М.Х. Садеков

Тепловой расчёт вспомогательного автономного парового котлоагрегата : метод. указ. к выполн. курс. работы для студ. оч. и заоч. обуч. / сост. – В.В. Колыванов. – Н. Новгород : Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2013. – 24 с.

Рассмотрены общие вопросы выполнения курсовой работы по дисциплине «Судовые вспомогательные котельные установки». Дана методика теплового расчета судового вспомогательного котла. Приведены необходимые справочные данные, а также рекомендации по выбору основных геометрических и теплотехнических характеристик котлов.

Для студентов очного и заочного обучения специальности «Эксплуатация судовых энергетических установок».

Работа рекомендована к изданию кафедрой эксплуатации судовых энергетических установок (протокол № 6 от 13.03.2013 г.).

© ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2013

1. Цель и задачи курсовой работы

Целью выполнения курсовой работы является закрепление и углубление лекционного материала, приобретение навыков теплового расчета и проектирования современного вспомогательного судового котла.

В процессе выполнения курсовой работы студент решает ряд практически важных задач, приобретая необходимый опыт будущей инженерной работы:

обоснование выбранной схемы котла и компоновка теплообменных поверхностей;

оценка тепловых потерь и коэффициента полезного действия котла;

освоение методов расчета теплообмена в топке и трубных пучках.

При выполнении работы необходимо проявить самостоятельность и умение пользоваться современной учебной и научно-технической литературой.

2. Задание на курсовую работу

Задание на курсовую работу включает следующие данные: вид топлива, паропроизводительность (D); параметры пара – давление пара ($P_{\text{н.п.}}$) в пароводяном барабане; массовое паросодержание на выходе из котла (X); температура питательной воды ($t_{\text{п.в.}}$); температура уходящих газов ($t_{\text{ух.}}$), диаметр трубок (d), шаг (s_1, s_2).

Все варианты задания предполагают расчет вертикального водотрубного котла с экономайзером, производящего насыщенный пар.

Выбор задания выполняется по номеру группы студента и последней цифре шифра студенческого билета. Номер группы устанавливается в зависимости от начальной буквы фамилии студента:

А, В, Е, Ж, Л, М, Э – 1 группа
Г, Д, З, И, Р, С, Щ – 2 группа
Б, Н, О, Т, У, Ю, Я – 3 группа
К, П, Ф, Х, Ц, Ч, Ш – 4 группа

Численные значения исходных данных для расчета по каждому варианту представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. **Исходные данные к тепловому расчету котла**

Парам.	Группа	Варианты									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D, кг/с	1, 2 3, 4	0,5 1,4	0,6 1,5	0,7 1,6	0,8 1,7	0,9 1,8	1,0 1,9	1,1 2,0	1,2 2,1	1,3 2,2	1,2 2,1
$P_{\text{н.п.}}$, МПа	1, 3 2, 4	1 0,5	0,5 1	0,5 0,5	1 0,5	1 1	0,5 1	1 1	1,0 0,5	0,5 1,0	0,5 0,5
X	1, 4 2, 3	0,98 0,97	0,99 0,98	0,98 0,97	0,99 0,98	0,98 0,97	0,99 0,98	0,98 0,97	0,99 0,98	0,98 0,97	0,99 0,98
$t_{\text{п.в.}}$, °С	1, 2 3, 4	56 55	57 56	58 57	59 58	60 59	61 60	62 61	63 62	64 63	65 64
$t_{\text{ух.}}$, °С	1, 3 2, 4	280 360	355 285	290 350	345 295	300 340	335 305	310 330	325 315	320 290	340 330
d,м	1, 4	0,029	0,038	0,029	0,038	0,029	0,038	0,029	0,029	0,038	0,029
dв, м	1, 4	0,024	0,032	0,024	0,032	0,024	0,032	0,024	0,024	0,032	0,024
d,м	2, 3	0,038	0,029	0,029	0,038	0,029	0,029	0,038	0,038	0,029	0,029
dв, м	2, 3	0,032	0,024	0,024	0,032	0,024	0,024	0,032	0,032	0,024	0,024
s_1	1, 4	0,04	0,055	0,04	0,055	0,04	0,055	0,04	0,04	0,055	0,04
s_2	1, 4	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05
s_1	2, 3	0,055	0,04	0,04	0,055	0,04	0,04	0,055	0,055	0,04	0,04
s_2	2, 3	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,05
Вид топл.	1, 2 3, 4	Моторное									

Таблица 2. **Арматура котлоагрегата (варианты)**

1	Невозвратный питательный клапан
2	Сдвоенный прямодействующий предохранительный клапан
3	Главный стопорный клапан
4	Запорно-питательный клапан
5	Форсунка
6	Паромеханическая форсунка
7	Форсунка, регулируемая обратным сливом топлива
8	Одинарный прямодействующий предохранительный клапан
9	Клапан верхнего и нижнего продувания
10	Водомерная колонка

3. Содержание пояснительной записки к курсовой работе

Пояснительная записка включает описательную и расчетную части. В описательной части должны найти отражение следующие вопросы:

- краткое описание конструкции и принципа действия парового котлоагрегата;
- преимущества и недостатки котлов выбранной схемы;
- эскиз топки и трубных пучков расчетного варианта котла;
- требования РРР, предъявляемые к арматуре котлоагрегата (по варианту, см. табл. 2).

Расчетная часть содержит методику теплового расчета и результаты вычислений, представленные в табличной форме (табл. 3) и в приложении.

Таблица 3. **Тепловой расчет вспомогательного парового котла**

Величина	Формула или обоснование	Численное значение
1. Задание на проектирование и исходные данные по пароводяному тракту		
Полная паропроизводительность D, кг/с	Задано	
Давление (избыточное), МПа, пара в пароводяном барабане $P_{н.п.}$	Задано	
Температура, °С:		
питательной воды, $t_{п.в.}$	Задано	
насыщения, t_s	Табл. 4*	
на выходе из экономайзера, $t_{эк}$	Принимаем	190
Массовое паросодержание при выходе из пароводяного барабана X	Задано	
Энтальпия, кДж/кг:		
кипящей воды при $P_{н.п.}$ – h'	Табл. 4	
сухого пара при $P_{н.п.}$ – h''	Табл. 4	
насыщенного пара при выходе из пароводяного барабана – $h_{н.п.}$	Формула [1]	
питательной воды – $h_{н.п.}$	Табл. 5	
воды при выходе из экономайзера – $h_{эк}$	Принимаем	807,6
Удельный объем, м^3/кг:	Табл. 5	
питательной воды – $V_{п.в.}$	Табл. 5	

* Табл. 4–9, а также формулы и рисунки – см. Приложение.

Величина	Формула или обоснование	Численное значение
воды при выходе из экономайзера – $V_{эк}$	Табл. 4	
кипящей воды при $P_{п.}$ – V'	Табл. 4	
сухого пара при $P_{п.}$ – V''	Формула [2]	
насыщенного пара $V_{н.п.}$		
2. Предварительный тепловой баланс и определение расхода топлива		
Температура, °С:		
уходящих газов, $t_{ух.}$	Задано	
холодного воздуха, $t_{х.в.}$	Принимаем	30
горячего воздуха, $t_{г.в.}$	-//-	150
подогрева топлива, $t_{тл}$	-//-	115
Теплоемкость при $t_{х.в.}$, кДж/(м^3·К):		
сухого воздуха $C_{с.в.}$	Табл. 6	
водяных паров C_{H_2O}	-//-	
Коэффициент избытка воздуха α	Принимаем	1,1
Энтальпия, кДж/кг:		
холодного воздуха $h_{х.в.}$	Формула [3]	
уходящих газов $h_{ух.}$	Диаграмма h–t Рис. 1	
Тепловая потеря с уходящими газами Q_2, кДж/кг	Формула [5]	
Располагаемая теплота: $Q_р^р = Q_н^р$	Табл. 7	
Относительные тепловые потери:		
с уходящими газами q_2	Формула [6]	
от химической неполноты сгорания q_3	Принимаем	0,005
в окружающую среду q_5	Принимаем	0,04
КПД котла η	Формула [7]	
Коэффициент сохранения теплоты φ	Формула [8]	
Расчетный расход топлива B, кг/с	Формула [9]	
3. Данные к расчету теплообмена в топке и построению ее компоновочного эскиза		
Удельная мощность топки $q_т$, кВт/м^3	Принимаем	900
Объем топки $V_т$, м^3	Формула [10]	
Число форсунок N	Принимаем	1
Расчетная производительность одной форсунки $B_ф$, кг/с	Формула [11]	
Расчетная длина топки $L_т$, м	Формула [12]	
Расход воздуха через отверстие фурмы $V_ф$, м^3/с	Формула [13]	
Скорость воздуха в отверстии фурмы $W'_ф$, м/с	Принимаем	40
Живое сечение фурмы f', м^2	Формула [14]	
Расчетный диаметр фурмы $d'_ф$, м	Формула [15]	
Принятый диаметр фурмы $d_ф$, м	Округляем	

Величина	Формула или обоснование	Численное значение
Принятое живое сечение фурмы f, м^2	Формула [16]	
Действительная скорость воздуха в отверстии фурмы $W_ф$, м/с	Формула [17]	
Паровая нагрузка зеркала испарения $R_{з.и.}$, кг/(м^2·с)	Принимаем	0,9
Внутренний диаметр, м:		
пароводяного коллектора $d_{п.к.}$	Формула [18]	
водяного коллектора $d_{в.к.}$	Принимаем	0,5
Площадь поперечного сечения топки $F_т$, м^2	Формула [19]	
Освещенная длина участков лучевоспринимающих труб, м:		
экрана, $l_э$	Формула [61]	
первого ряда притопочного пучка, $l_п$	Формула [62]	
Условная лучевоспринимающая поверхность топки $H_л$, м^2	Формула [20]	
Полная площадь поверхности стен топки $F_{ст}$, м^2	Формула [21]	
Степень экранирования топки, ψ	Формула [22]	
Эффективная толщина излучающего слоя топки S, м	Формула [23]	
4. Расчет теплообмена в топке		
Теплоемкость при $t_{гв}$, кДж/(м^3·К):		
сухого воздуха, $C_{с.в.}$	Табл. 6	
водяных паров, C_{H_2O}	Табл. 6	
Энтальпия, кДж/кг:		
воздуха при $t_{гв}$, $h_{гвt}$	Формула [24]	
газов (продуктов сгорания) при адиабатной температуре h_a	Формула [25]	
Адиабатная температура газов t_a, °С	Диаграмма h – t (рис. 1)	
Адиабатная температура газов T_a, К	Формула [26]	
Температура газов на выходе из топки $t_т$, °С	Принимаем	1300
Температура газов на выходе из топки $T_т^{`}$, К	Формула [27]	
Энтальпия газов на выходе из топки $h_т$, кДж/кг	Диаграмма $h-t$ Рис. 1	
Средняя суммарная теплоемкость газов $\sum(V_C)$, кДж/(кг·К)	Формула [28]	
Коэффициент ослабления лучей, 1/(м·МПа):		
сажистыми частицами $k_с$	Формула [29]	

Величина	Формула или обоснование	Численное значение
трехатомными газами k	Формула [30]	
Степень черноты:		
трехатомных газов $a_г$	Формула [31]	
светящегося пламени $a_{св}$	Формула [32]	
Коэффициент усреднения m	Принимаем	0,846
Эффективность степени черноты факела $a_ф$	Формула [33]	
Коэффициент загрязнения экранных труб ξ	Принимаем	0,4
Степень черноты топки $a_т$	Формула [34]	
Критерий Больцмана B_o	Формула [35]	
Температура газов на выходе из топки:		
безразмерная Θ	Формула [36]	
искомая $\Theta_т$, °С	Формула [37]	
Энтальпия газов на выходе из топки $h_т$, кДж/кг	Диаграмма h–t (рис. 1)	
Тепловая мощность лучевоспринимающей поверхности нагрева топки $Q_л$, кВт	Формула [38]	
5. Конструктивный расчет парообразующего притопочного пучка		
Наружный диаметр труб, d, м	Задано	
Шаг, м:		
поперечный, s_1	Задано	
продольный, s_2	Задано	
Число труб в одном ряду, z_1	Формула [39]	
Полная длина труб среднего ряда пучка, $l = L_т \cdot 2{,}09$, м	Рис. 2	
Коэффициент свободного прохода газов ω	Формула [40]	
Живое сечение для прохода газов $F_г$, м^2	Формула [41]	
Поверхность нагрева одного ряда $H_р$, м^2	Формула [42]	
Тепловая мощность параобразуюшего притопочного пучка $Q_п$, кВт	Формула [43]	
Энтальпия газов при выходе из пучка h_1, кДж/кг	Формула [44]	
Температура газов при выходе из пучка Θ_1, °С	Диаграмма h–t Рис. 1	
Средняя температура газов в пучке $\Theta_п$, °С	Формула [45]	
Средняя температура газов в пучке $T_п$, К	Формула [46]	
Теоретический объем:		
сухого воздуха V^o	Табл. 7	
газов $V_г^o$	Табл. 7	

Величина	Формула или обоснование	Численное значение
продуктов сгорания $V_г$	Формула [30]	
Средняя скорость газов $W_г$, м/с	Формула [47]	
Коэффициент теплопроводности газов λ, Вт/(м К)	Табл. 9	
Коэффициент кинематической вязкости газов ν, м^2/с	-//-	
Критерий Прандтля газов P_r	-//-	
Коэффициент теплоотдачи конвекцией $\alpha_к$, Вт/(м^2 К)	Формула [48]	
Плотность теплового потока поверхности нагрева пучка $q_п$, Вт/м^2	Принимаем	
Коэффициент загрязнения труб ε, м^2·К/Вт	Принимаем (рис. 4)	$20 \cdot 10^3$
Температура наружной поверхности загрязняющего слоя $t_з$, °С	Формула [49]	
Температура наружной поверхности загрязняющего слоя $T_з$, К	Формула [50]	
Эффективная толщина излучающего слоя s, м	Формула [51]	
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами κ, 1/(м·МПа)	Формула [52]	
Степень черноты трехатомных газов, $a_г$	Формула [53]	
Коэффициент, Вт/(м^2 К):		
теплоотдачи излучением трехатомных газов $\alpha_л$	Формула [54]	
от газов к стенке α_1	Формула [55]	
тепловой эффективности, ψ	Табл. 8	
теплопередачи, k, Вт/(м^2 К)	Формула [56]	
Температурный напор, δ_t	Формула [57]	
Расчет поверхности нагрева парообразующего притопочного пучка, $H_п$, м^2	Формула [58]	
Расчетное число рядов труб в пучке, z_2*	Формула [59]	
Принятое число рядов в пучке, z_2*	Округляем	
Принятая площадь поверхности нагрева, H*$_п$	Формула [60]	
6. Конструктивный расчет экономайзера		
Диаметр, м:		
наружный d	Задано	
внутренний $d_в$	Задано	

Величина	Формула или обоснование	Численное значение
Шаг, м:		
поперечный s_1	Задано	
продольный s_2	Задано	
Ширина газохода b, м	Рис. 2.1	
Длина труб l, м	$L = L_т$	
Число труб в одном ряду z_1	Формула [63]	
Поверхность нагрева 1-го ряда $H_п$, м^2	Формула [64]	
Скорость воды при 1-ходовом змеевике $\omega_в^{ох}$, м/с	Формула [65]	
Число заходов змеевика $n_з$	Принимаем	3
Действительная скорость воды в трубах $\omega_в$, м/с	Формула [66]	
Живое сечение для прохода газов $F_г$, м^2	Формула [67]	
Мощность экономайзера $Q_эк$, кВт	Формула [68]	
Энтальпия газов при выходе из экономайзера $h_з$, кДж/кг	Формула [69]	
Температура газов при выходе из экономайзера $\Theta_з$, °С	Диаграмма h-t	
Средняя температура газов в пучке $t'_{эк}$, °С	Формула [70]	
Средняя температура газов в пучке $T'_{эк}$, К	Формула [71]	
Средняя скорость газов $\omega_г$, м/с	Формула [72]	
Коэффициент теплопроводности газов λ, Вт/(м·К)	Табл.9	
Коэффициент кинематической вязкости газов, ν, м^2/с	Табл.9	
Критерий Прандтля газов P_r	Табл.9	
Коэффициент теплоотдачи конвекцией $\alpha_к$, Вт/(м^2·К)	Формула [48]	
Средняя температура воды в экономайзере $t_{эк.ср}$, °С	Формула [73]	
Температура наружной поверхности загрязняющего слоя $t_з$, °С	Формула [74]	
Температура наружной поверхности загрязняющего слоя $T_З$, К	Формула [75]	
Эффективная толщина излучающего слоя s, м	Формула [51]	
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами κ, 1/(м·МПа)	Формула [76]	
Степень черноты трехатомных газов $a_г$	Формула [53]	
Коэффициент, Вт/(м^2·К):		
теплоотдачи излучением трехатомных газов $\alpha_л$	Формула [54]	

Величина	Формула или обоснование	Численное значение
от газов к стенке α_1	Формула [55]	
тепловой эффективности ψ	Табл. 8	
теплопередачи k, Вт/(м^2·К)	Формула [56]	
Примечание: *вместо $T_п$ подставлять $T_эк$*		
Температурный напор δ_t	Формула [77]	
Расчетная поверхность нагрева экономайзера $H_эк$, м^2	Формула [78]	
Расчетное число рядов труб в пучке z_2^*	Формула [79]	
Принятое число рядов в пучке z_2*	Округляем	
Принятая площадь поверхности нагрева $H_эк$*	Формула [80]	

4. Требования к оформлению пояснительной записки

Пояснительная записка должна быть написана автором четко и разборчиво или набрана и распечатана на ПК на листах формата А4 согласно [1].

В пояснительной записке, кроме расчетного материала, должно быть указанно ее содержание, приведен список используемой литературы, страницы должны быть пронумерованы. На титульном листе указывается наименование ВУЗа, факультет, группа, шифр, тема работы и фамилия автора.

Графическая часть работы состоит из чертежа общего вида котлоагрегата с необходимыми для понимания его устройства разрезами (формат А1), арматуры котлоагрегата (см. табл. 2) и спецификаций. В качестве источника информации можно использовать «Атлас конструкций судовых котельных установок» [2].

Законченная курсовая работа сдается на проверку. Преподаватель проверяет ее и дает рекомендации по устранению ошибок и неточностей. Готовая работа подписывается преподавателем и назначается дата ее защиты.

Библиографический список

1. **Борисов, Н.Н.** Основные требования к оформлению дипломных и курсовых проектов (работ) : метод. указания к оформл. дипл. и курс. проектов (работ), а также отчётов о науч.-исслед. работе, выполняемых студ. электромех. фак-та / Н.Н. Борисов, В.А. Пискунов, Н.А. Пономарёв, М.Х. Садеков. – Н. Новгород : Изд-во ФГОУ ВПО ВГАВТ, 2005. – 66 с.

2. **Садеков, М.Х.** Судовые котельные установки. Атлас конструкций : метод. пособие по самост. изучению конструкций соврем. судовых котельных уст. / М.Х. Садеков, М.Ю. Храмов. – Н. Новгород : Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2011. – 53 с.

3. **Садеков, М.Х.** Судовые котельные установки: описание конструкций : приложение к атласу / М.Х. Садеков, М.Ю. Храмов. – Н. Новгород : Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2012. – 60 с.

4. **Хряпченков, А.С.** Судовые вспомогательные и утилизационные котлы : учебное пособие. – 2-е изд. перераб. и доп. / А.С. Хряпченков. – Л. : Судостроение, 1988. – 296 с.

5. **Федоренко, В.М.** «Эксплуатация судовых котельных установок» : учеб. для высш. инж. мор. уч-щ / В.М. Федоренко, В.М. Залетов, В.П. Рудеико, И.Г. Беляев. – М. : Транспорт, 1991. – 272 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Справочные данные к расчету

$$h_{\text{н.п.}} = h'(1-x) + h''x \quad [1]$$

$$V_{\text{н.п}} = V'(1-x) + V''x \quad [2]$$

$$h_{\text{х.в.}} = \alpha \cdot V^o \cdot (C_{\text{с.в.}} + 1{,}6 \cdot d_1 \cdot C_{H_2O}) \cdot t_{\text{х.в.}},\ d_1 = 0{,}01 \quad [3]$$

$$z_2 = L_{\text{т.}}/S_2 \quad [4]$$

$$Q_2 = h_{\text{у.х.}} - h_{\text{х.в.}} \quad [5]$$

$$q_2 = Q_2/Q_{\text{н}}^{\text{р}} \quad [6]$$

$$\eta = 1 - (q_2 + q_3 + q_4 + q_5),\ q_4 = 0 \quad [7]$$

$$\varphi = 1 - \frac{q_5}{q_1 + q_5},\ q_1 = \eta \quad [8]$$

$$B = D \cdot (h_{\text{н.п.}} - h_{\text{п.в.}})/(\eta \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}}) \quad [9]$$

$$V_{\text{т}} = B \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}}/q_{\text{т}} \quad [10]$$

$$B_{\text{ф}} = B/N \quad [11]$$

$$L_{\text{т}} = A\sqrt{B}_{\text{ф}},\ A = 4{,}8 \quad [12]$$

$$V_{\text{ф}} = \frac{\alpha V^{\text{o}} B_{\text{ф}} (t_{\text{г.в.}} + 273)}{273} \quad [13]$$

$$f' = V_{\text{ф}}/W_{\text{ф}}^{`} \quad [14]$$

$$d_{\text{ф}}^{`} = \sqrt{\text{f}'/0{,}785} \quad [15]$$

$$f = 0{,}785 \cdot d_{\text{ф}}^2 \quad [16]$$

$$W_{\text{ф}} = V_{\text{ф}}/f \quad [17]$$

$$d_{\text{п.к.}} = D/(R_{\text{з.и.}} \cdot L_{\text{т}}) \quad [18]$$

$$F_{\text{т}} = V_{\text{т}}/L_{\text{т}} \quad [19]$$

$$H_{\text{л}} = H_{\text{л}}^{\text{з}} + H_{\text{л}}^{\text{п}} = (l_{\text{э}} + l_{\text{п}}) \cdot L_{\text{т}} \quad [20]$$

$$F_{\text{ст}} = H_{\text{л}} + 2F_{\text{т}} \quad [21]$$

$$\psi = H_{\text{л}}/F_{\text{ст}} \quad [22]$$

$$S = 3{,}6(V_{\text{т}}/F_{\text{ст}}) \quad [23]$$

$$h_{\text{г.в.}} = \alpha \cdot V^o (C_{\text{с.в.}} + 1{,}6 \cdot d_1 \cdot C_{H_2O}) t_{\text{г.в.}}, d_1 = 0{,}01 \quad [24]$$

$$h_{\text{а}} = Q_{\text{н}}^{\text{р}}(1 - q_3) + h_{\text{г.в.}} \quad [25]$$

$$T_{\text{а}} = t_{\text{а}} + 273 \quad [26]$$

$$T_{\text{т}}^{`} = t_{\text{т}}^{`} + 273 \quad [27]$$

$$\sum (V_{\text{с}})_i = (h_{\text{а}} - h_{\text{т}})/(T_{\text{а}} - T_{\text{т}}) \quad [28]$$

$$k_c = 0{,}3 \cdot (2 - \alpha)\left(\frac{1{,}6 \cdot T_{\text{т}}}{1000} - 0{,}5\right)\frac{C^p}{H^p} \quad [29]$$

$$k = k_{\text{г}} \cdot r_{\text{п}} = \left(\frac{2{,}47 + 5{,}06 \cdot r_{H_2O}}{\sqrt{p \cdot r_{\text{п}} \cdot S}} - 1\right) \cdot \left(1 - \frac{0{,}37 \cdot T_{\text{Т}}}{1000}\right) \cdot r_n, \quad [30]$$

где p – давление в топке; $p = 0{,}1$ МПа

$$r_{H_2O} = V_{H_2O}/V_r$$

$$V_{H_2O} = 0{,}111 \cdot H^p + 0{,}0124 \cdot W^p + 1{,}6 \cdot d^1 \cdot V^o,\ d^1 = 0{,}01$$

$$r_n = r_{RO_2} + r_{H_2O}$$

$$r_{RO_2} = V_{RO_2}/V_{\text{г}}$$

$$V_{\text{г}} = V_{\text{г}}^o + (1 + 1{,}6 \cdot d^l) \cdot (\alpha - 1) \cdot V^o$$

$$V_{RO_2} = 0{,}0187 \cdot (C^p + 0{,}375 \cdot S_{\text{л}}^{\text{р}})$$

$$a_{\text{г}} = 1 - e^{-k \cdot r_n \cdot p \cdot s}, \quad [31]$$

где e – основание натуральных логарифмов

$$a_{\text{св}} = 1 - e^{-(k \cdot r_n + k_c) p \cdot s},\ \text{где } k_c \text{ – по формуле [29]} \quad [32]$$

$$a_{\text{ф}} = m \cdot a_{\text{с.в}} + (1 - m) \cdot a_{\text{г}} \quad [33]$$

$$a_{\text{т}} = a_{\text{ф}}/(a_{\text{ф}} + (1 - a_{\text{ф}}) \cdot \psi \cdot \xi) \quad [34]$$

$$B_o = \frac{\varphi \cdot B \cdot \sum (Vc)_i}{5{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot \xi \cdot H_{\text{л}} \cdot T_a^3} \quad [35]$$

$$\Theta = \frac{B_0^{0,6}}{0,69 \cdot a_т^{0,6} + 1,03 \cdot B_0^{0,6}} \quad [36]$$

$$\Theta_т = \Theta \cdot T_а - 273 \quad [37]$$

$$Q_л = \varphi \cdot (h_а - h_т) \cdot B \quad [38]$$

$$z_1 = \frac{L_т}{S_1} - 0,5 \quad [39]$$

$$\omega = (s_1 - d)/s_1 \quad [40]$$

$$F_г = l \cdot (L_т - z_1 \cdot d), \quad [41]$$

$$H_p = \pi \cdot d \cdot l \cdot z_1 \quad [42]$$

$$Q_п = D \cdot (h_{н.п.} - h_{э.к.}) - Q_л \quad [43]$$

$$h_1 = h_т - \frac{Q_п}{\varphi \cdot B} \quad [44]$$

$$\Theta_п = \frac{\Theta_т + \Theta_1}{2} \quad [45]$$

$$T_п = \Theta_п + 273 \quad [46]$$

$$W_г = \frac{B \cdot V_г \cdot T_п}{273 \cdot F_г} \quad [47]$$

$$\alpha_к = \frac{\lambda}{d} \cdot \left(\frac{W_г \cdot d}{\nu}\right)^{0,6} \cdot P_г^{0,33} \cdot C_z \cdot C_s \quad [48]$$

$C_s = 0,34 \cdot \varphi_\sigma^{\,0,1}$ при $0,1 < \varphi_\sigma \le 1,7$

$C_s = 0,275 \cdot \varphi_\sigma^{\,0,1}$ при $1,7 < \varphi_\sigma \le 4,5$ для $\sigma_1 < 3$

$C_s = 0,34 \cdot \varphi_\sigma^{\,0,1}$ при $1,7 < \varphi_\sigma \le 4,5$ для $\sigma_1 >= 3$

$C_z = 3,12 \cdot z_2^{\,0,05} - 2,5$ при $z_2 < 10$ и $\sigma_1 < 3$

$C_z = 4 \cdot z_2^{\,0,02} - 3,2$ при $z_2 < 10$ и $\sigma_1 >= 3$

$C_z = 1$ при $z_2 >= 10$

$$\left[\varphi_\sigma = \frac{G_1 - 1}{G_2 - 1}, \quad \text{где} \quad G_2 = \frac{s_2}{d} = \sqrt{\frac{G_1^2}{4} + G_2^2}\right]$$

$$G_1 = s_1/d \qquad G_2 = s_2/d$$

$$t_3 = t_s + \varepsilon q_п \quad [49]$$

$$T_3 = t_3 + 273 \quad [50]$$

$$s = 0,9d\left(\frac{4 s_1 s_2}{\pi \cdot d^2} - 1\right) \quad [51]$$

$$k = k_r \cdot r_п = \left(\frac{2,47 + 5,06 \cdot r_{H_2O}}{\sqrt{p \cdot r_п \cdot s}} - 1\right) \cdot \left(1 - \frac{0,37 \cdot T_п}{1000}\right) \cdot r_п, \quad p = 0,1 \quad [52]$$

$$r_п = r_{RO_2} + r_{H_2O}$$

$$r_{RO_2} = V_{RO_2}/V_г$$

$$r_{H_2O} = V_{H_2O}/V_г$$

$$V_{RO_2} = 0,0187 \cdot (C^p + 0,375 S_л^p)$$

$$V_{H_2O} = 0,111 \cdot H^p + 0,0124 \cdot W^p + 1,6 \cdot d \cdot V^o$$

$$a_г = 1 - e^{-k \cdot p \cdot s} \quad [53]$$

$$\alpha_л = 5,1 \cdot 10^{-8} a_г \cdot T_п^3 \cdot \frac{1 - (T_3/T_п)^{3,6}}{1 - T_3/T_п} \quad [54]$$

$$\alpha_1 = \alpha_к + \alpha_л \quad [55]$$

$$k = \psi \cdot (\alpha_к + \alpha_л) \quad [56]$$

$$\delta t = (\Theta_т - \Theta_1)/\ln\left[\left(\frac{\Theta_т - t_s}{\Theta_1 - t_s}\right)\right] \quad [57]$$

$$H_п = Q_п \cdot 10^3/(k \cdot \delta t) \quad [58]$$

$$Z_2^* = H_п/H_р \quad [59]$$

$$H_п = H_р \cdot z_2 \quad [60]$$

$$l_э = 2,37 \cdot L_т \quad [61]$$

$$l_п = 1,22 \cdot L_т \quad [62]$$

$$z_1 = b/s_1 \quad [63]$$

$$H_n = \pi \cdot d \cdot l \cdot z_1 \quad [64]$$

$$\omega_в^{ох} = D\cdot(V_{п.в.} + V_{эк})/(1{,}57\cdot d_в^2\cdot z_1) \quad [65]$$

$$\omega_в = \omega_в^{ох}\cdot n_з \quad [66]$$

$$F_г = L_т\cdot b - l\cdot z_1\cdot d \quad [67]$$

$$Q_{эк} = D\cdot(h_{эк} - h_{п.в.}) \quad [68]$$

$$H_з = h_1 - Q_{эк}/(\varphi\cdot B) \quad [69]$$

$$t'_{эк} = 0{,}5\cdot(\Theta_1 + \Theta_3) \quad [70]$$

$$T'_{эк} = t'_{эк} + 273 \quad [71]$$

$$\omega_г = B\cdot V_г\cdot T_п/(273\cdot F_г) \quad [72]$$

$$t_{эк.ср} = 0{,}5\cdot(t_{п.в} + t_{эк}) \quad [73]$$

$$t_3 = t_{эк.ср} + 60 \quad [74]$$

$$T_3 = t_3 + 273 \quad [75]$$

$$k = k_r\cdot r_п = \left(\frac{2{,}47 + 5{,}06\cdot r_{H_2O}}{\sqrt{P_{н.п}\cdot r_п\cdot s}} - 1\right)\cdot\left(1 - \frac{0{,}37\cdot T_{эк}}{1000}\right)\cdot r_п \quad [76]$$

$$\delta t = \frac{(\Theta_1 - t_{п.в}) - (\Theta_3 - t_{эк})}{\ln\left[(\Theta_1 - t_{п.в})/(\Theta_3 - t_{эк})\right]} \quad [77]$$

$$H_{эк} = Q_{эк}\cdot 10^3/(k\cdot\delta t) \quad [78]$$

$$z_2^* = H_{эк}/H_р \quad [79]$$

$$H_{эк}^* = H_р\cdot z_2 \quad [80]$$

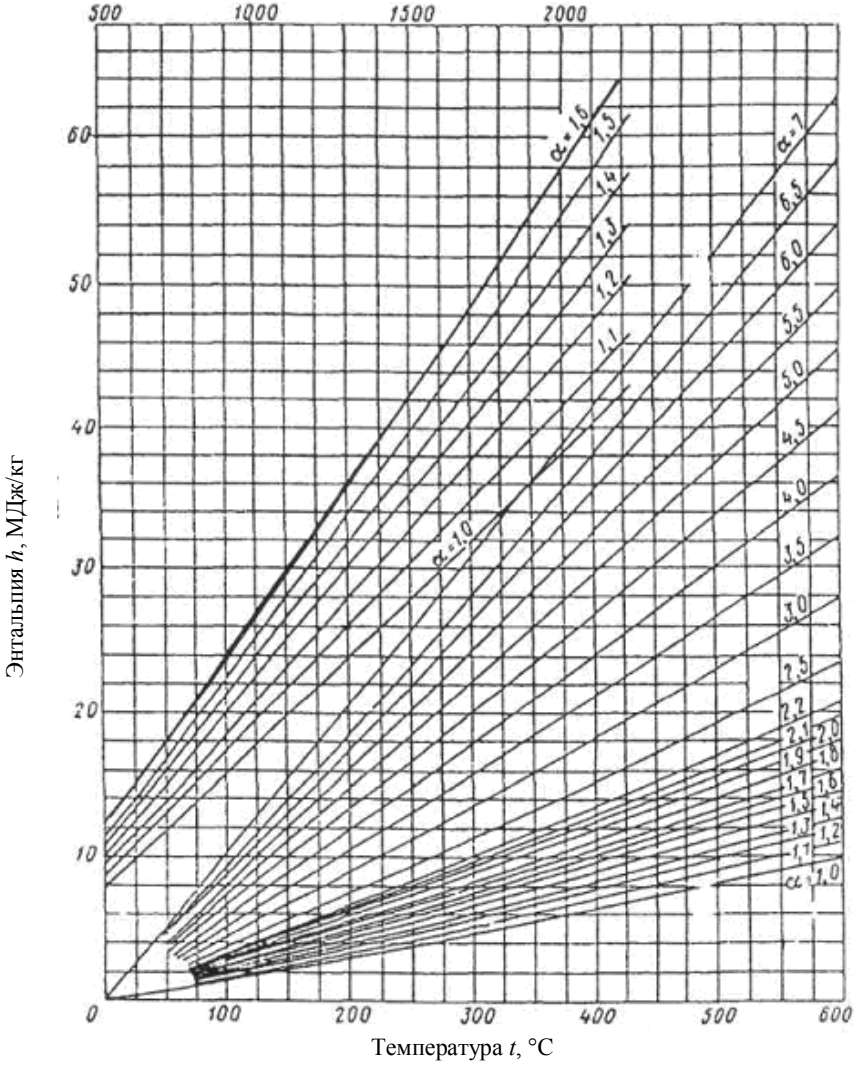
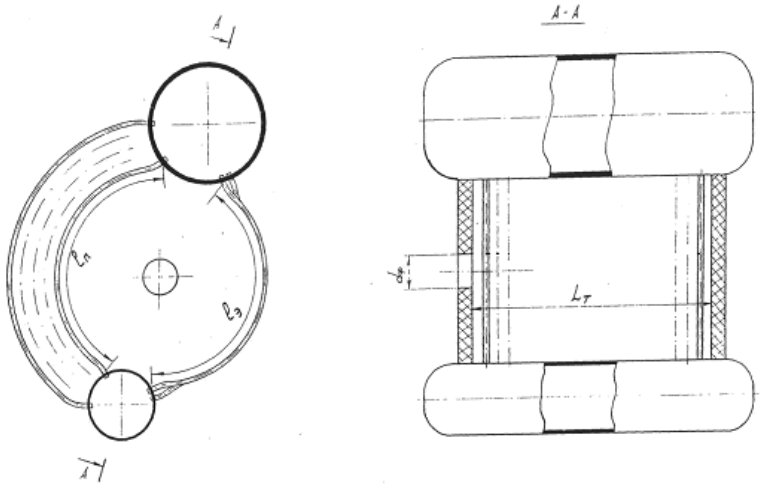
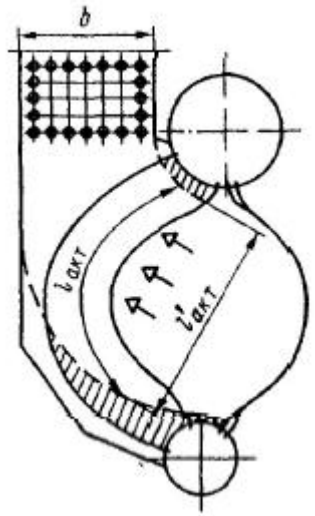


Рис. 1. Диаграмма $h - t$ для моторного топлива стандартного состава при различных значениях коэффициента избытка воздуха α



а



б

Рис. 2. К расчету теплообмена в топке (*а*) и экономайзера (*б*)

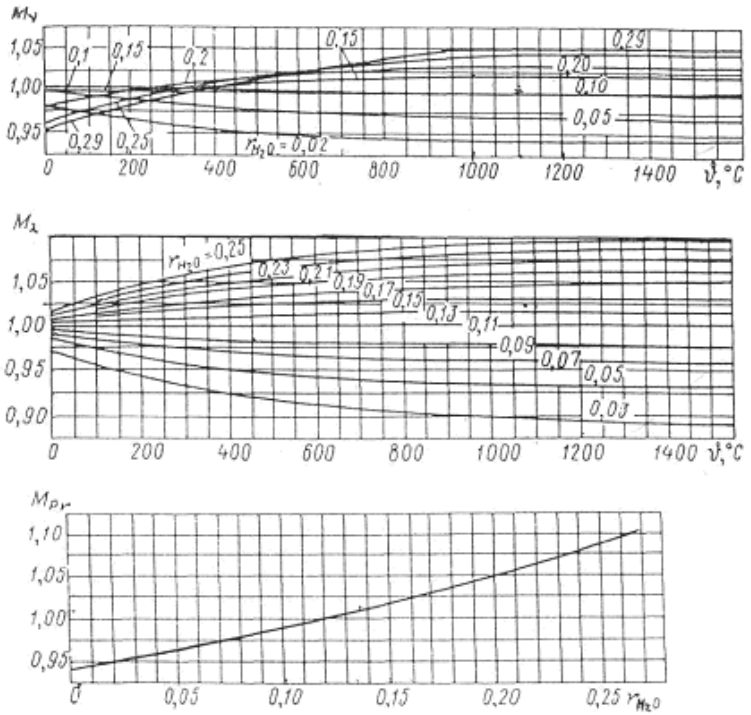


Рис. 3. Графики для определения поправочных коэффициентов M_v, M_λ, M_{pr}

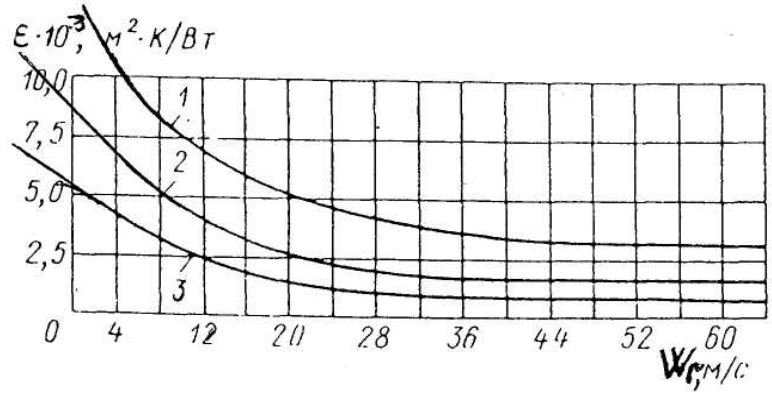


Рис. 4. Зависимость коэффициента загрязнения ε от скорости $W_г$ при поперечном омывании шахматных пучков труб: *1* – парообразующие пучки труб; *2* – гладкотрубные экономайзеры; *3* – пароперегреватели

Таблица 4. **Давление P, МПа, температура t, °С, удельный объем V, м^3/кг, энтальпия h, кДж/кг, коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·К) и кинематической вязкости ν, м^2/с, критерий физических свойств P_r для воды и пара на линии насыщения**

p	t_s	Вода					Пар				
		$V' \cdot 10^3$	h'	$\lambda \cdot 10^2$	$\nu \cdot 10^6$	P_r	$V'' \cdot 10^3$	h''	$\lambda \cdot 10^2$	$\nu \cdot 10^6$	P_r
0,1	99,6	1,043	417,5	67,86	0,298	1,75	1,695	2675,7	2,51	21,00	0,995
0,2	120,2	1,061	504,7	68,31	0,246	1,44	0,886	2706,9	2,75	11,54	1,00
0,3	133,5	1,074	561,4	68,32	0,223	1,33	0,606	2725,5	2,92	8,30	1,013
0,4	143,5	1,084	604,7	68,25	0,207	1,20	0,462	2738,5	3,06	6,50	1,023
0,5	151,9	1,093	640,1	68,15	0,197	1,14	0,375	2748,5	3,19	5,38	1,031
0,55	155,5	1,097	655,8	68,06	0,192	1,10	0,343	2752,7	3,23	4,95	1,035
0,60	158,5	1,101	670,4	68,00	0,189	1,09	0,316	2756,4	3,28	4,65	1,039
0,65	162,0	1,105	684,2	67,93	0,186	1,07	0,293	2759,9	3,34	4,32	1,042
0,70	164,9	1,108	697,1	67,80	0,184	1,06	0,273	2762,9	3,38	4,05	1,05
0,75	167,8	1,112	709,3	67,73	0,180	1,04	0,255	2765,8	3,43	3,84	1,054
0,8	170,4	1,115	720,9	67,68	0,177	1,03	0,240	2768,4	3,47	3,62	1,060
0,85	173,0	1,118	732,0	67,59	0,175	1,02	0,227	2770,8	3,51	3,34	1,064
0,90	175,4	1,121	742,6	67,48	0,173	1,005	0,215	2773,0	3,57	3,19	1,070
0,95	177,7	1,124	752,8	67,42	0,170	0,985	0,204	2775,1	3,61	3,08	1,074
1,0	179,9	1,127	762,6	67,34	0,168	0,97	0,194	2777,0	3,63	2,99	1,079
1,5	198,3	1,154	844,7	66,97	0,162	0,92	0,132	2790,4	3,99	2,12	1,127
2,0	212,4	1,177	908,6	65,13	0,148	0,875	0,0995	2797,4	4,25	1,64	1,18
2,5	223,9	1,197	962,0	64,65	0,143	0,855	0,0799	2800,8	4,49	1,38	1,23
3,0	233,8	1,216	1008,4	63,81	0,139	0,840	0,0666	2801,9	4,71	1,15	1,26

Таблица 5. **Давление p, МПа, температура t, °С, удельный объем V, м^3/кг, энтальпия h, кДж/кг, коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·К), и кинематической вязкости ν, м^2/с, для воды и перегретого пара**

p	t	$V \cdot 10^3$	h	$\lambda \cdot 10^3$	$\nu \cdot 10^3$
0,5	20	1,002	84,3	59,87	1,0050
	60	1,017	251,5	65,46	0,4749
	100	1,044	419,4	67,90	0,2946
	160	383,6	2767,4	3,22	5,5277
	200	425,0	2855,4	3,49	6,8298
	240	464,6	2939,9	3,82	8,2374
	280	503,4	3022,8	4,20	9,7710
	320	541,6	3105,5	4,61	11,4169
1	20	1,001	84,8	59,9	1,0033
	60	1,017	251,9	65,48	0,4748
	100	1,043	419,7	67,93	0,2946
	140	1,080	589,5	68,34	0,2119
	200	205,9	2827,5	3,72	3,2800
	240	227,5	2920,5	3,97	4,0131
	280	248,0	3008,3	4,31	4,7963
	320	267,8	3094,0	4,69	5,6345
1,5	190	1,141	807,6	66,93	0,1610
	220	140,6	2849,2	4,05	2,3438
	240	148,3	2899,3	4,14	2,6027
	280	162,7	2993,0	4,42	3,1369
	320	176,5	3082,1	4,77	3,7083
	360	189,9	3169,3	5,18	4,3136
2	200	1,156	852,6	66,37	0,1530
	240	108,0	2876,3	4,31	1,8860
	280	120,0	2976,9	4,53	2,3060
	320	130,8	3069,8	4,85	2,7430
	360	141,0	3159,5	5,24	3,1990
	400	151,2	3248,1	5,66	3,6748
2,5	200	1,156	852,8	66,41	0,1530
	240	84,0	2851,0	4,51	1,4600
	280	94,0	2959,8	4,65	1,8100
	320	103,0	3057,1	4,94	2,1600
	360	112,0	3149,6	5,30	2,5400
	400	120,0	3239,9	5,78	2,9300

Примечание. Цифры, расположенные выше жирной линии относятся к воде, ниже – к перегретому пару.

Таблица 6. **Средние изобарные объемные теплоемкости газов и воздуха, кДж/(м^3·К)**

Температура, °С,	Газы		Водяной пар	Воздух	
	C_{CO_2}	C_{N_2}	C_{H_2O}	сухой $C_{с.в.}$	влажный $C_в$ при $d = 0{,}01$
0	1,60	1,30	1,50	1,30	1,32
200	1,79	1,30	1,52	1,31	1,33
400	1,93	1,32	1,57	1,33	1,35
600	2,04	1,34	1,62	1,36	1,38
1000	2,20	1,40	1,72	1,41	1,44
1400	2,31	1,44	1,83	1,45	1,48
1800	2,39	1,47	1,92	1,49	1,52
2200	2,45	1,50	2,00	1,51	1,55

Таблица 7. **Основные характеристики топлив**

Теоретический объем, м^3/кг		Вид, марка и ГОСТ топлива	Элементарный состав рабочей массы топлива, %							Удельная теплота сгорания низшая в рабочей массе топлива $Q_н^р$, кДж/кг
сухого воздуха V^o	продуктов полного сгорания, $V_г^o$		$C^р$	$H^р$	$S_л^р$	$N^р$	$O^р$	$A^р$	$W^р$	
10,85	11,73	Моторное ДТ ГОСТ 1667–68	85,16	12,40	0,40	0,24	0,25	0,05	1,50	41594

Таблица 8. **Значение коэффициентов тепловой эффективности конвективных поверхностей нагрева вспомогательных котлов**

Поверхность нагрева	Тип котла	Коэффициент тепловой эффективности ψ
Парообразующая	Автономный водотрубный вертикальный (см. рис. 1.1)	0,49 – 0,56
Пароперегревательная:		
вертикального типа	То же	0,68 – 0,72
змеевикового типа	-//-	0,80 – 0,88
Экономайзерная	-//-	0,55 – 0,70
Воздухоподогревательная	-//-	0,75 – 0,85
Парообразующая	автономный газотрубный	0,60 – 0,65
-//-	утилизационный газотрубный	0,70 – 0,75
Любая из указанных выше	утилизационный газотрубный	0,60 – 0,65

Таблица 9. **Физические характеристики воздуха (числитель) и продуктов сгорания (знаменатель) среднего состава** ($r_{H_2O} = 0{,}11$; $r_{RO_2} = 0{,}13$) **при p = 0,0981 МПа (1 кгс/см^2)**

$\Theta_п$, °С	$\nu \cdot 10^6$, м^2/с	$\lambda \cdot 10^2$, Вт/(м·К)	P_r	$\Theta_п$, °С	$\nu \cdot 10^6$, м^2/с	$\lambda \cdot 10^2$, Вт/(м·К)	P_r
0	13,2 11,9	2,43 2,28	0,70 0,74	1100	200 188	8,46 11,75	0,72 0,57
100	23,8 20,8	3,19 3,13	0,69 0,67	1200	223 211	8,87 12,56	0,73 0,56
200	34,8 31,6	3,87 4,12	0,69 0,67	1300	247 234	9,27 13,49	0,73 0,55
300	48,2 43,9	4,48 4,84	0,69 0,65	1400	247 234	9,27 13,49	0,73 0,55
400	62,9 57,8	5,05 5,70	0,70 0,64	1500	300 282	1,02 15,35	0,73 0,53
500	79,3 73.0	5,62 6,56	0,70 0,62	1600	327 307	10,38 16,28	0,74 0,52
600	96.7 89,4	6,15 7,42	0,71 0,61	1700	355 333	10,75 17,33	0,74 0,51
700	115,0 107,0	6,66 8,27	0,71 0,60	1800	384 361	11,11 18,14	0,74 0,50
800	135,0 126,0	7,14 9,15	0,72 0,59	1900	415 389	11,45 18,96	0,74 0,49
900	155,0 144,0	7,16 10,01	0,72 0,58	2000	448 419	11,86 19,69	0,74 0,49
1000	177,0 167,0	8,05 10,9	0,72 0,58	2100	478 450	12,09 20,07	0,75 0,48

Для продуктов сгорания иного состава значения этих параметров надо умножить на соответствующие коэффициенты M_ν, M_λ, M_{pr}, значение которых приведены на рис. 3.

Оглавление

1. Цель и задачи курсовой работы……... 3
2. Задание на курсовую работу……. 3
3. Содержание пояснительной записки к курсовой работе... 5
4. Требования к оформлению пояснительной записки…….. 11
Библиографический список……... 12
Приложение…… 13

Колыванов Владимир Викторович

Тепловой расчёт вспомогательного автономного парового котлоагрегата

Методические указания

Редактор *Н.С. Алёшина*
Корректура и вёрстка *Д.В. Богданов*

Подписано в печать 26.08.13.
Формат 60×84 $^{1}/_{16}$. Гарнитура «Таймс».
Ризография. Усл. печ. л. 1,5. Уч.-изд. л. 1,5.
Тираж 280 экз. Заказ 180.

Издательско-полиграфический комплекс ФБОУ ВПО «ВГАВТ»
603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5а

Вопросы к экзамену
по дисциплине
«Судовые котельные и паропроизводящие установки»

1. Оценка полноты горения топлива по результатам анализа газов.
2. Выбор температуры подогрева топлива перед форсункой.
3. Размещение котлов на судне Конструкция опор котла.
4. Условия, определяющие величину теплового напряжения топочного объема.
5. Понятие о коэффициентах прочности и запаса прочности.
6. Определение величины самотяги. Ее мощности, влияние на мощности вентилятора.
7. Теоретическое и действительное количество воздуха, необходимое для сгорания топлива.
8. Понятие о подъемных и опускных трубах циркуляционного контура. Расположение опускных труб, их размеры.
9. Способы регулирования производительности утилизационных котлов.
10. Требования, предъявляемые к топливу, используемому для морских котлов.
11. Анализ тепловых потерь при изменении нагрузки котла.
12. Методы учета загрязнения и неполноты смывания поверхностей нагрева.
13. Общие принципы выбора материалов для постройки судовых котлов. Наиболее распространенные марки сталей.
14. Принципиальная схема систем автоматического регулирования питания котлов.
15. Средний температурный напор. Методика его определения.
16. Кратность циркуляции главных котлов, понятия и числовые значения.
17. Уравнение КПД по обратному тепловому балансу. Величина тепловых потерь.
18. Принцип распыления топлива механической форсунки.
19. Уравнение для КПД по прямому тепловому балансу.
20. Теплота сгорания топлива: высшая и низшая.
21. Конструкция котлов со смешанной поверхностью.
22. Средства борьбы с сернистой коррозией.
23. Паромеханические форсунки: их конструкция, преимущества.
24. Анализ показателей рабочего процесса. График эксплуатационных характеристик котла.
25. Определение коэффициента теплоотдачи от газов к стенке труб.
26. Особенности конструкции утилизационных котлов.
27. Методы регулирования температуры перегретого пара.
28. Определение величины недогрева до кипения в пароводяном барабане.
29. Аэродинамическое сопротивление. Цель расчета и методика.
30. Система автоматической защиты котлов.
31. Понятие о процессе естественной циркуляции.
32. Процесс теплообмена в топке. Цель и методика расчета.
33. Уравнение коэффициента теплопередачи и его анализа.
34. Сажеобдувка; назначение, оборудование, периодичность, порядок выполнения.
35. Типы и принцип действия предохранительных клапанов, их регулирование.
36. Классификация котлов.
37. Расчетные уравнения, характеризующие теплообмен в утилизационных котлах.
38. Величины коэффициентов избытка воздуха в современных котлах и их роль в рабочем процессе.
39. Причины, вызывающие тепловые потери от химической неполноты горения.
40. Уравнения, характеризующие теплообмен в пароперегревателе.
41. Зависимости для определения тепловых потерь, анализ факторов, определяющих величину потерь.
42. Схема котлов типа КАВ.

43. Явление кавитация в опускных трубах и способ его предотвращения.
44. Типы воздухоподогревателей, их конструктивные особенности. Влияние температуры на процесс горения.
45. Основные требования, предъявляемые к автоматизации судовых котлов.
46. Выбор допускаемых напряжений при расчете прочности элементов.
47. Уравнения, характеризующие процесс теплообмена в пучке труб парообразующей поверхности.
48. Уравнения, характеризующие теплообмен в водяном экономайзере.
49. Основная документация по котельной установке на судне.
50. Энтальпия дымовых газов, метод расчета, построение диаграммы «I-t».
51. Виды освидетельствований котлов Морским Регистром судоходства.
52. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы. Требования, предъявляемые к ним, размещение и крепление.
53. Типы воздухонаправляющих устройств. Регулировка количества воздуха.
54. Принципиальная схема котельной установки с глубокой утилизацией тепла. Параметры пара.
55. Назначение пароохладителей. Компоновка их в котлах.
56. Устройства для сепарации пара, их назначение и размещение.
57. Автоматизация процесса горения. Принципиальная схема.
58. Элементарный состав и характеристики топлива для судовых котлов.
59. Схема утилизационной установки обычной утилизации тепла.
60. Конструкция и принцип действия форсунки с вращающимся распылителем.
61. Уравнения, характеризующие конвективный теплообмен.
62. Основные понятия и определения процесса теплопередачи.
63. Схема топливной системы. Основные критерии выбора температуры подогрева топлива.
64. Конструкция водоуказательных приборов и их обслуживания.