

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Новиков Денис Владимирович
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 11.11.2024 14:16:22
Уникальный программный ключ:
3357c68ce48e4f685c95289ac7a9678e502be60

Опрос 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

Опрос по дисциплине
«Судовые котельные и паропроизводящие установки»

1. Принцип распыления топлива механической форсунки.
2. Уравнение для КПД по прямому тепловому балансу.
3. Теплота сгорания топлива: высшая и низшая.
4. Конструкция котлов со смешанной поверхностью.
5. Средства борьбы с сернистой коррозией.
6. Паромеханические форсунки: их конструкция, преимущества.
7. Анализ показателей рабочего процесса. График эксплуатационных характеристик котла.
8. Определение коэффициента теплоотдачи от газов к стенке труб.
9. Особенности конструкции утилизационных котлов.
10. Методы регулирования температуры перегретого пара.
11. Определение величины недогрева до кипения в пароводяном барабане.
12. Аэродинамическое сопротивление. Цель расчета и методика.
13. Система автоматической защиты котлов.

Опрос по дисциплине
«Судовые котельные и паропроизводящие установки»

1. Понятие о процессе естественной циркуляции.
2. Процесс теплообмена в топке. Цель и методика расчета.
3. Уравнение коэффициента теплопередачи и его анализа.
4. Сажеобдувка; назначение, оборудование, периодичность, порядок выполнения.
5. Типы и принцип действия предохранительных клапанов, их регулирование.
6. Классификация котлов.
7. Расчетные уравнения, характеризующие теплообмен в утилизационных котлах.
8. Величины коэффициентов избытка воздуха в современных котлах и их роль в рабочем процессе.
9. Причины, вызывающие тепловые потери от химической неполноты горения.
10. Уравнения, характеризующие теплообмен в пароперегревателе.
11. Зависимости для определения тепловых потерь, анализ факторов, определяющих величину потерь.
12. Схема котлов типа КАВ.
13. Явление кавитация в опускных трубах и способ его предотвращения.
14. Типы воздухоподогревателей, их конструктивные особенности. Влияние температуры на процесс горения.
15. Основные требования, предъявляемые к автоматизации судовых котлов.

Опрос по дисциплине
«Судовые котельные и паропроизводящие установки»

1. Выбор допускаемых напряжений при расчете прочности элементов.
2. Уравнения, характеризующие процесс теплообмена в пучке труб парообразующей поверхности.
3. Уравнения, характеризующие теплообмен в водяном экономайзере.
4. Основная документация по котельной установке на судне.
5. Энтальпия дымовых газов, метод расчета, построение диаграммы «I-t».
6. Виды освидетельствований котлов Морским Регистром судоходства.
7. Огнеупорные и теплоизоляционные материалы. Требования, предъявляемые к ним, размещение и крепление.
8. Типы воздухонаправляющих устройств. Регулировка количества воздуха.
9. Принципиальная схема котельной установки с глубокой утилизацией тепла. Параметры пара.
10. Назначение пароохладителей. Компоновка их в котлах.
11. Устройства для сепарации пара, их назначение и размещение.
12. Автоматизация процесса горения. Принципиальная схема.
13. Элементарный состав и характеристики топлива для судовых котлов.
14. Схема утилизационной установки обычной утилизации тепла.
15. Конструкция и принцип действия форсунки с вращающимся распылителем.
16. Уравнения, характеризующие конвективный теплообмен.
17. Основные понятия и определения процесса теплопередачи.
18. Схема топливной системы. Основные критерии выбора температуры подогрева топлива.
19. Конструкция водоуказательных приборов и их обслуживания.

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

УДК 621.18
Т34

Рецензент – доц., канд. техн. наук М.Х. Садеков

Кафедра эксплуатации судовых энергетических установок

Тепловой расчёт вспомогательного автономного парового котлоагрегата

Методические указания
к выполнению курсового проекта
для студентов очного и заочного обучения
специальности «Эксплуатация судовых
энергетических установок» (26.05.06)

Составитель – В.В. Колыванов

Тепловой расчёт вспомогательного автономного парового котлоагрегата : метод. указ. к выполн. курс. проекта для студ. оч. и заоч. обуч. / сост. – В.В. Колыванов. – Н. Новгород : Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2018. – 24 с.

Рассмотрены общие вопросы выполнения курсового проекта 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 13.03.2018 г.).

Нижний Новгород
Издательство ФГБОУ ВО
«ВГУВТ» 2018

© ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2018

1. Цель и задачи курсового проекта

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

В процессе выполнения курсового проекта 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 ($P_{н.п.}$) в пароводяном барабане; массовое паросодержание на выходе из котла (X); температура питательной воды ($t_{п.в.}$); температура уходящих газов ($t_{ух.}$), 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 Б, Н, О, Т, У, Ю, Я – 3 группа
Г, Д, З, И, Р, С, Щ – 2 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

Па-рам.	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
$P_{н.п.}$, 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								
$t_{п.в.}$, °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
$t_{ух.}$, °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
$d_{в}$, 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
$d_{в}$, 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 курсового проекта

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 $- h_{п.в.}$	Табл. 5	
воды при выходе из экономайзера $- h_{эк}$	Принимаем	807,6
Удельный объем, м ³ /кг:		
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 $- V_{эк}$ кипящей воды при $P_{п.} - V''$ сухого пара при $P_{п.} - V'''$ насыщенного пара $V_{н.п.}$	Табл. 4 Табл. 4 Формула [2]	
2. Предварительный тепловой баланс и определение расхода топлива		
Температура, °С:		
уходящих газов, $t_{вх.}$	Задано	
холодного воздуха, $t_{х.в.}$	Принимаем	30
горячего воздуха, $t_{г.в.}$	-//-	150
подогрева топлива, $t_{тп}$	-//-	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 $h_{вх.}$	Диаграмма h-t Рис. 1	
Тепловая потеря с уходящими газами Q_2 , кДж/кг	Формула [5]	
Располагаемая теплота: $Q_p^p = Q_n^p$	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_t , кВт/м ³	Принимаем	900
Объем топки V_t , м ³	Формула [10]	
Число форсунок N	Принимаем	1
Расчетная производительность одной форсунки $B_{ф.}$, кг/с	Формула [11]	
Расчетная длина топки L_t , 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 $d_{п.к.}$ водяного коллектора $d_{в.к.}$	Формула [18] Принимаем	0,5
Площадь поперечного сечения топки F_T , м ²	Формула [19]	
Освещенная длина участков лучевоспринимающих труб, м: экрана, $l_э$ первого ряда притопочного пучка, $l_п$	Формула [61] 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, $C_{с.в.}$ водяных паров, C_{H_2O}	Табл. 6 Табл. 6	
Энтальпия, кДж/кг: воздуха при $t_{гв.}$, $h_{гвт}$ газов (продуктов сгорания) при адиабатной температуре h_a	Формула [24] Формула [25]	
Адиабатная температура газов $t_{а.}$, °С	Диаграмма h – t (рис. 1) Формула [26]	
Адиабатная температура газов $T_{а.}$, К	Формула [26]	
Температура газов на выходе из топки t_T , °С	Принимаем	1300
Температура газов на выходе из топки T_T , К	Формула [27]	
Энтальпия газов на выходе из топки h_T , 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_c	Формула [29]	

Величина	Формула или обоснование	Численное значение
трехатомными газами k	Формула [30]	
Степень черноты: трехатомных газов a_T светящегося пламени $a_{св}$	Формула [31] Формула [32]	0,846
Коэффициент усреднения m	Принимаем	
Эффективность степени черноты факела $a_{ф}$	Формула [33]	
Коэффициент загрязнения экранных труб ξ	Принимаем	0,4
Степень черноты топки a_T	Формула [34]	
Критерий Больцмана B_0	Формула [35]	
Температура газов на выходе из топки: безразмерная Θ искомая Θ_T , °С	Формула [36] Формула [37]	
Энтальпия газов на выходе из топки h_T , 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 продольный, s_2	Задано Задано	
Число труб в одном ряду, z_1	Формула [39]	
Полная длина труб среднего ряда пучка, $l = L_T \cdot 2,09$, м	Рис. 2	
Коэффициент свободного прохода газов ω	Формула [40]	
Живое сечение для прохода газов F_T , м ²	Формула [41]	
Поверхность нагрева одного ряда $H_{п.}$, м ²	Формула [42]	
Тепловая мощность парообразующего 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^0 газов V_T^0	Табл. 7 Табл. 7	

Величина	Формула или обоснование	Численное значение
продуктов сгорания V_r	Формула [30]	20·10 ³
Средняя скорость газов W_r , 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 α_k , Вт/(м ² ·К)	Формула [48]	
Плотность теплового потока поверхности нагрева пучка q_n , Вт/м ²	Принимаем	
Коэффициент загрязнения труб ε , м ² ·К/Вт	Принимаем (рис. 4)	
Температура наружной поверхности загрязняющего слоя t_3 , °С	Формула [49]	
Температура наружной поверхности загрязняющего слоя T_3 , 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_r	Формула [53]	
Коэффициент, Вт/(м ² ·К): теплоотдачи излучением трехатомных газов α_n	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_n , 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_n^*	Формула [60]	
6. Конструктивный расчет экономайзера		
Диаметр, м:		
наружный d	Задано	
внутренний d_b	Задано	

Величина	Формула или обоснование	Численное значение
Шаг, м:		3
поперечный s_1	Задано	
продольный s_2	Задано	
Ширина газохода b , м	Рис. 2.1	
Длина труб l , м	$L = L_r$	
Число труб в одном ряду z_1	Формула [63]	
Поверхность нагрева 1-го ряда H_n , м ²	Формула [64]	
Скорость воды при 1-ходовом змеевике ω_b^{ox} , м/с	Формула [65]	
Число заходов змеевика n_3	Принимаем	
Действительная скорость воды в трубах ω_b , м/с	Формула [66]	
Живое сечение для прохода газов F_r , м ²	Формула [67]	
Мощность экономайзера $Q_{эк}$, кВт		
Энтальпия газов при выходе из экономайзера h_3 , кДж/кг	Формула [68]	
Температура газов при выходе из экономайзера Θ_3 , °С	Формула [69]	
Средняя температура газов в пучке $t'_{эк}$, °С	Диаграмма $h-t$	
Средняя температура газов в пучке $T'_{эк}$, К	Формула [70]	
Средняя скорость газов ω_r , м/с	Формула [71]	
Коэффициент теплопроводности газов λ , Вт/(м·К)	Формула [72]	
Коэффициент кинематической вязкости газов, ν , м ² /с	Табл.9	
Критерий Прандтля газов P_r	Табл.9	
Коэффициент теплоотдачи конвекцией α_k , Вт/(м ² ·К)	Табл.9	
Средняя температура воды в экономайзере $t_{э.ср}$, °С	Формула [48]	
Температура наружной поверхности загрязняющего слоя t_3 , °С	Формула [73]	
Температура наружной поверхности загрязняющего слоя T_3 , К	Формула [74]	
Эффективная толщина излучающего слоя s , м	Формула [75]	
Коэффициент ослабления лучей трехатомными газами κ , 1/(м·МПа)	Формула [51]	
Степень черноты трехатомных газов a_r	Формула [76]	
Коэффициент, Вт/(м ² ·К): теплоотдачи излучением трехатомных газов α_n	Формула [53]	
	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]	
<i>Примечание: вместо T_n подставлять $T_{эж}$</i>		
Температурный напор δ_t	Формула [77]	
Расчетная поверхность нагрева экономайзера $H_{эж}$, 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 $H_{эж}^*$	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 указано 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].

Законченный курсовой проект сдается на проверку. Преподаватель проверяет его 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 отчетов 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. Рудейко, И.Г. Беляев. – М. : Транспорт, 1991. – 272 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Справочные данные к расчету

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

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

$$h_{\text{х.б.}} = \alpha \cdot V^o \cdot (C_{\text{с.б.}} + 1,6 \cdot d_1 \cdot C_{\text{H}_2\text{O}}) \cdot t_{\text{х.б.}}, d_1 = 0,01 \quad [3]$$

$$z_2 = L_{\text{т.}}/S_2 \quad [4]$$

$$Q_2 = h_{\text{y.х.}} - h_{\text{х.б.}} \quad [5]$$

$$q_2 = Q_2/Q_{\text{H}}^{\text{п}} \quad [6]$$

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

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

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

$$V_{\text{т.}} = B \cdot Q_{\text{H}}^{\text{п}} / q_{\text{т.}} \quad [10]$$

$$B_{\phi} = B/N \quad [11]$$

$$L_{\text{т.}} = A\sqrt{B_{\phi}}, A=4,8 \quad [12]$$

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

$$f' = V_{\phi} / W_{\phi} \quad [14]$$

$$d'_{\phi} = \sqrt{f' / 0,785} \quad [15]$$

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

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

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

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

$$H_{\text{л.}} = H_{\text{л.}}^3 + H_{\text{л.}}^{\text{н.}} = (l_3 + l_{\text{п.}}) \cdot L_{\text{т.}} \quad [20]$$

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

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

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

$$h_{\text{г.б.}} = \alpha \cdot V^o (C_{\text{с.б.}} + 1,6 \cdot d_1 \cdot C_{\text{H}_2\text{O}}) t_{\text{г.б.}}, d_1 = 0,01 \quad [24]$$

$$h_{\text{а.}} = Q_{\text{H}}^{\text{п}}(1 - q_3) + h_{\text{г.б.}} \quad [25]$$

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

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

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

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

$$k = k_{\text{т.}} \cdot r_{\text{н.}} = \left(\frac{2,47 + 5,06 \cdot r_{\text{H}_2\text{O}}}{\sqrt{p \cdot r_{\text{н.}} \cdot S}} - 1 \right) \cdot \left(1 - \frac{0,37 \cdot T_{\text{т.}}}{1000} \right) \cdot r_{\text{н.}}, \quad [30]$$

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

$$r_{\text{H}_2\text{O}} = V_{\text{H}_2\text{O}} / V_{\text{г.}}$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 0,111 \cdot H^{\text{п}} + 0,0124 \cdot W^{\text{п}} + 1,6 \cdot d^1 \cdot V^o, d^1 = 0,01$$

$$r_{\text{н.}} = r_{\text{RO}_2} + r_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$r_{\text{RO}_2} = V_{\text{RO}_2} / V_{\text{г.}}$$

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

$$V_{\text{RO}_2} = 0,0187 \cdot (C^{\text{п}} + 0,375 \cdot S_{\text{л}}^{\text{п}})$$

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

где e – основание натуральных логарифмов

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

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

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

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

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

$$\Theta_T = \Theta \cdot T_a - 273 \quad [37]$$

$$Q_{\Pi} = \varphi \cdot (h_a - h_T) \cdot B \quad [38]$$

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

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

$$F_T = l \cdot (L_T - z_1 \cdot d), \quad [41]$$

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

$$Q_{\Pi} = D \cdot (h_{\text{н.п.}} - h_{\text{з.к.}}) - Q_{\Pi} \quad [43]$$

$$h_1 = h_T - \frac{Q_{\Pi}}{\varphi \cdot B} \quad [44]$$

$$\Theta_{\Pi} = \frac{\Theta_T + \Theta_l}{2} \quad [45]$$

$$T_{\Pi} = \Theta_{\Pi} + 273 \quad [46]$$

$$W_T = \frac{B \cdot V_T \cdot T_{\Pi}}{273 \cdot F_T} \quad [47]$$

$$\alpha_{\kappa} = \frac{\lambda}{d} \cdot \left(\frac{W_T \cdot d}{v} \right)^{0,6} \cdot P_r^{0,33} \cdot C_z \cdot C_s \quad [48]$$

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

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

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

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

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

$$C_z = 1 \text{ при } z_2 \geq 10$$

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

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

$$t_3 = t_s + \varepsilon q_{\Pi} \quad [49]$$

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

$$s = 0,9d \left(\frac{4s_1s_2}{\pi \cdot d^2} - 1 \right) \quad [51]$$

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

$$r_{\Pi} = r_{RO_2} + r_{H_2O}$$

$$r_{RO_2} = V_{RO_2} / V_T$$

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

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

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

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

$$\alpha_{\Pi} = 5,1 \cdot 10^{-8} a_T \cdot T_{\Pi}^3 \cdot \frac{1 - (T_3/T_{\Pi})^{3,6}}{1 - T_3/T_{\Pi}} \quad [54]$$

$$\alpha_1 = \alpha_{\kappa} + \alpha_{\Pi} \quad [55]$$

$$k = \psi \cdot (\alpha_{\kappa} + \alpha_{\Pi}) \quad [56]$$

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

$$H_{\Pi} = Q_{\Pi} \cdot 10^3 / (k \cdot \delta t) \quad [58]$$

$$Z_2^* = H_{\Pi} / H_p \quad [59]$$

$$H_{\Pi} = H_p \cdot z_2 \quad [60]$$

$$l_3 = 2,37 \cdot L_T \quad [61]$$

$$l_{\Pi} = 1,22 \cdot L_T \quad [62]$$

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

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

$$\omega_B^{\text{OX}} = D \cdot (V_{\text{п.в.}} + V_{\text{ЭК}}) / (1,57 \cdot d_B^2 \cdot z_1) \quad [65]$$

$$\omega_B = \omega_B^{\text{OX}} \cdot n_3 \quad [66]$$

$$F_r = L_r \cdot b - l \cdot z_1 \cdot d \quad [67]$$

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

$$H_3 = h_1 - Q_{\text{ЭК}} / (\varphi \cdot B) \quad [69]$$

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

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

$$\omega_r = B \cdot V_r \cdot T_{\text{п}} / (273 \cdot F_r) \quad [72]$$

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

$$t_3 = t_{\text{ЭК.ср}} + 60 \quad [74]$$

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

$$k = k_r \cdot r_{\text{п}} = \left(\frac{2,47 + 5,06 \cdot r_{\text{H}_2\text{O}}}{\sqrt{P_{\text{н.п}} \cdot r_{\text{п}} \cdot s}} - 1 \right) \cdot \left(1 - \frac{0,37 \cdot T_{\text{ЭК}}}{1000} \right) \cdot r_{\text{п}} \quad [76]$$

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

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

$$z_2^* = H_{\text{ЭК}} / H_{\text{п}} \quad [79]$$

$$H_{\text{ЭК}}^* = H_{\text{п}} \cdot z_2 \quad [80]$$

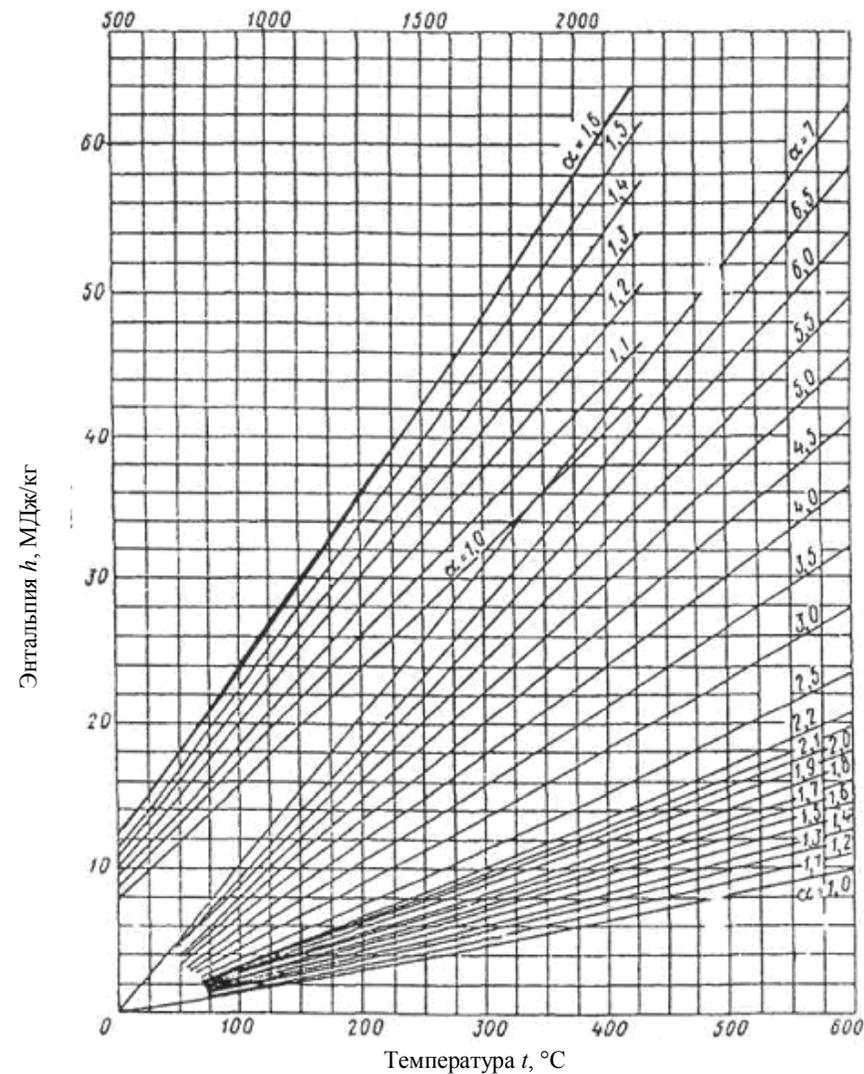


Рис. 1. Диаграмма $h-t$ для моторного топлива стандартного состава при различных значениях коэффициента избытка воздуха α

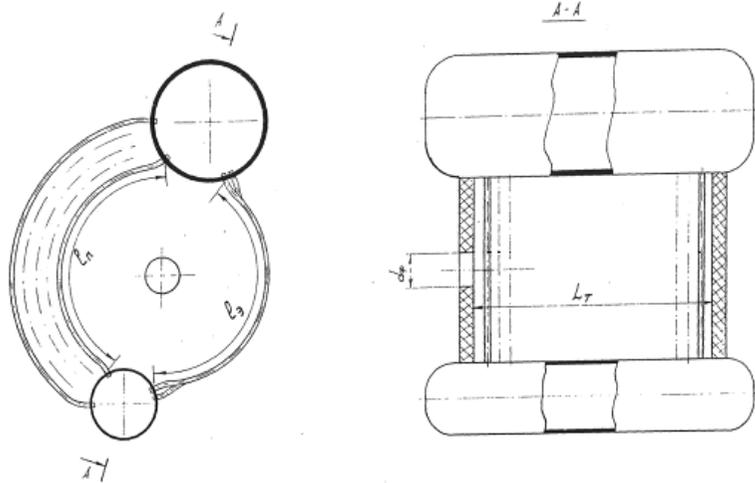


Рис. 2. К расчету теплообмена в топке (а) и экономайзера (б)

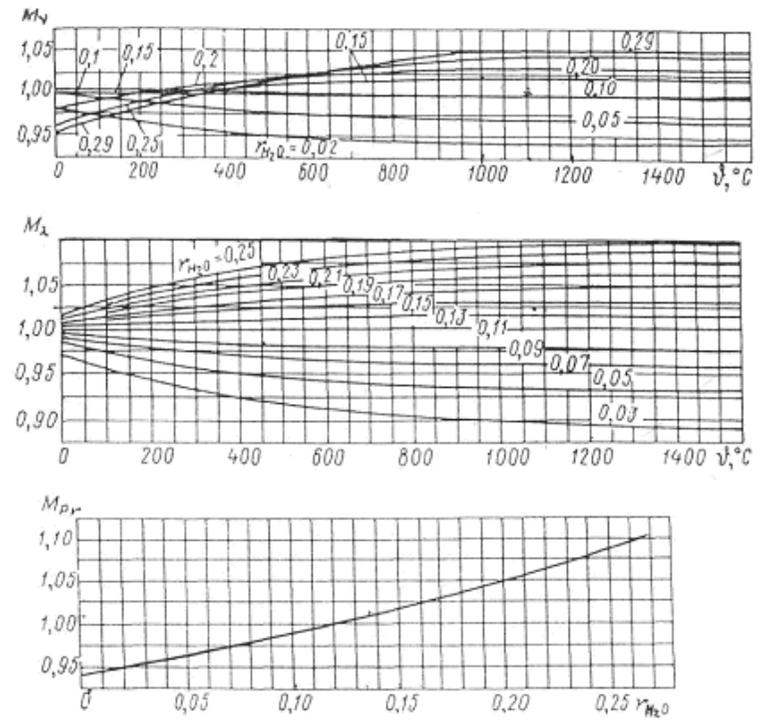


Рис. 3. Графики для определения поправочных коэффициентов M_v , M_λ , M_{pr}

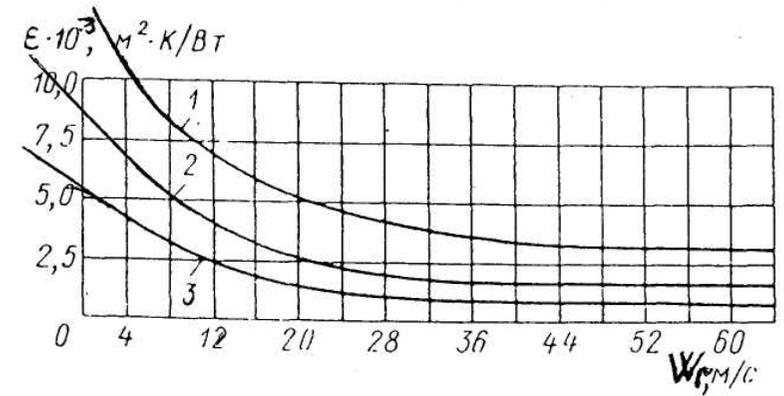


Рис. 4. Зависимость коэффициента загрязнения \mathcal{E} от скорости W_r при поперечном омывании шахматных пучков труб: 1 – парообразующие пучки труб; 2 – гладкотрубные экономайзеры; 3 – пароперегреватели

Таблица 4. Давление P , МПа, температура t , °С, удельный объем V , м³/кг, энтальпия h , кДж/кг, коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К) и кинематической вязкости ν , м²/с, критерий физический 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 , м³/кг, энтальпия h , кДж/кг, коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К), и кинематической вязкости ν , м²/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/(м³·К)

Температура, °С,	Газы		Водяной пар	Воздух	
	С _{СО2}	С _{N2}	С _{H2O}	сухой С _{с.в.}	влажный С _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 , кДж/кг
су-хо-го воз-духа V ^о	продуктов полного сгора-ния, V _г ^о		С ^р	Н ^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 тепло-вой эффективности ψ
Парообразующая	Автономный водотрубный вертикальный (см. рис. 1.1)	0,49 – 0,56
Пароперегревательная: вертикального типа змеевикового типа Экономайзерная Воздухоподогревательная	То же	0,68 – 0,72
	-/-	0,80 – 0,88
	-/-	0,55 – 0,70
	-/-	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 (γ_{H2O} = 0,11; γ_{RO2} = 0,13) при p = 0,0981 МПа (1 кгс/см²)

Θ _п , °С	v · 10 ⁶ , м ² /с	λ · 10 ² , Вт/(м · К)	P _r	Θ _п , °С	v · 10 ⁶ , м ² /с	λ · 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_v, M_λ, M_{pr}, значение которых приведены на рис. 3.

Оглавление

1. Цель и задачи курсового проекта.....	3
2. Задание на курсовой проект.....	3
3. Содержание пояснительной записки курсового проекта...	5
4. Требования к оформлению пояснительной записки.....	11
<i>Библиографический список</i>	12
Приложение.....	13

Колыванов Владимир Викторович

Тепловой расчёт вспомогательного автономного парового котлоагрегата

Методические указания

Редактор *Н.С. Алёшина*
Корректурa 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 ФГБОУ ВО
«ВГУВТ»603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5а



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 1

по дисциплине «Судовые котельные
и паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Основные характеристики вспомогательных котлоагрегатов.
2. Техническая эксплуатация вспомогательных автономных и утилизационных котлов и технический надзор за их эксплуатацией.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 2

по дисциплине «Судовые котельные
и паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Основные показатели качества питательной и котловой воды, контролируемые в процессе эксплуатации.
2. Правила технической эксплуатации судовых котельных установок

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 3

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Техническая эксплуатация вспомогательных автономных и утилизационных котлов и технический надзор за их эксплуатацией.
2. Определение суммарного объема дымовых газов при полном горении.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 4

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Тепловой баланс для вспомогательного автономного парового котлоагрегата.
2. Причины изменения технического состояния элементов котельных установок.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 5

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Параметры и контроль горения топки автономного котлоагрегата, при наличии газоанализатора и при его отсутствии.
2. Состав, назначение, требования к топочным устройствам котлоагрегатов.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 6

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Упуск воды. Причины вызывающие упуск воды и его последствия.
2. Принцип действия котлоагрегата.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 7

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Котельный агрегат, котельная установка и система теплоснабжения
2. Основные понятия и определения. Классификация котлоагрегатов.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 8

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Котельный агрегат, котельная установка и система теплоснабжения.
2. Причины аварий судовых котлоагрегатов.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 9

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Основные потребители теплового потока, вырабатываемого котельной установкой.
2. Причины аварий судовых котлоагрегатов.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 10

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Тепловой баланс для вспомогательного автономного парового котлоагрегата
2. Элементы котла и их устройство.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 11

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Порядок вывода автономных паровых и водогрейных котлов из действия.

2. Физико-химические характеристики топлива. Что понимают под плотностью топлива ρ_4^{20} и как рассчитывается плотность при температуре испытаний.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 12

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Тепловой баланс для вспомогательного автономного водогрейного котлоагрегата.

2. Правила технической эксплуатации судовых котельных установок.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № **13**

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Способы регулирования производительности утилизационных установок
2. Способы регулирования производительности автономных котлоагрегатов.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № **14**

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Схемы установки утилизационных и автономных котлоагрегатов
2. Основные ремонтные работы по вспомогательным котлоагрегатам.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № **15**

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Физико-химические характеристики топлива. Марки топлив. Элементарный состав и теплота сгорания топлива.
2. Водный режим вспомогательных и утилизационных котлоагрегатов.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № **16**

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Коэффициент избытка воздуха и его определение по анализу продуктов сгорания при полном и неполном горении топлива.
2. Водный режим вспомогательных и утилизационных котлоагрегатов..

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № **17**

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Основные характеристики вспомогательных котлоагрегатов.
2. Основные потребители теплового потока, вырабатываемого котельной установкой.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № **18**

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Устройство и принцип действия парового и водогрейного котлоагрегатов.
2. Способы регулирования производительности автономных котлоагрегатов.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № **19**

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Устройство и принцип действия парового и водогрейного котлоагрегатов.
2. Основные ремонтные работы по вспомогательным котлоагрегатам.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № **20**

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Методика расчета норм расхода топлива вспомогательными автономными котлоагрегатами.
2. Топочные устройства. Назначение, состав, основные неисправности. Процесс сжигания жидкого топлива. Форсунки котлоагрегатов. Классификация и принцип работы.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 21

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Процессы теплообмена в котле.
2. Основные показатели качества питательной и котловой воды.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

**Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)**

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 22

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Процессы циркуляции в котле.
2. Определение суммарного объема дымовых газов при полном горении.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № **23**

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Процессы тяги в котле.
2. Причины аварий судовых котлоагрегатов.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № **24**

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Элементы котла и их устройство.
2. Правила РРР по техническому обслуживанию вспомогательных котлоагрегатов..

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 25

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Тепловой баланс для вспомогательного автономного парового котлоагрегата.
2. Конструкция котлоагрегатов. Водоуказательные приборы. Манометры и термометры.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 26

по дисциплине по дисциплине «Судовые
котельные и паропроизводящие установки и
их эксплуатация»

1. Тепловой баланс для водогрейного котлоагрегата.
- 2 Основные показатели качества питательной и котловой воды.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 27

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Процессы теплообмена в котле
2. Основные ремонтные работы по вспомогательным котлоагрегатам.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № 28

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Физико-химические характеристики топлива. Элементарный состав и теплота сгорания топлива.
2. Форсунки котлоагрегатов. Классификация и принцип работы.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № **29**

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Тепловой баланс для вспомогательного автономного парового котлоагрегата.

2. Водный режим вспомогательных котлоагрегатов.

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО
МОРСКОГО И РЕЧНОГО
ТРАНСПОРТА**

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный
университет водного транспорта»
(ФГБОУ ВО «ВГУВТ»)

Кафедра ЭСЭУ

3 курса 2024/25 учебного года

Экзаменационный билет № **30**

по дисциплине «Судовые котельные и
паропроизводящие установки и их
эксплуатация»

1. Физико-химические характеристики топлива. Что понимают под плотностью топлива ρ_4^{20}

2. Основные характеристики утилизационных котлоагрегатов

Зав. Кафедрой ЭСЭУ _____ Матвеев Ю.И.