

Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»

Кафедра эксплуатации судовых энергетических установок

Расчет и выбор основного оборудования судовой энергетической установки

Методические указания
к выполнению курсового проекта
для студентов очного и заочного обучения
специальности 180405 «Эксплуатация СЭУ»

Составители – Ю.И. Матвеев, В.И. Беспалов

Нижний Новгород
Издательство ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
2015

УДК 629.12-8
Р24

Расчет и выбор основного оборудования судовой энергетической установки : метод. указания к выпол. курс. проекта для студ. оч. и заоч. обуч. специальности 180405 «Эксплуатация СЭУ» / сост. – Ю.И. Матвеев, В.И. Беспалов. – Н. Новгород : Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2015. – 24 с.

В методических указаниях приводится порядок выполнения курсового проекта и его оформление. Рассматривается выбор основного оборудования СЭУ. Даются примеры расчета параметров элементов главных судовых двигателей.

Для студентов очного и заочного обучения, осваивающих дисциплину «Судовые энергетические установки».

Работа рекомендована к изданию кафедрой эксплуатации судовых энергетических установок (протокол № 8 от 24.06.2014 г.).

© ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2015

1. Общие положения и порядок выполнения курсового проекта

Курсовой проект помогает закрепить и обобщить теоретические знания, полученные студентами при изучении дисциплины «Судовые энергетические установки», дать практические навыки проектирования судовой энергетической установки на стадии эскизного проекта для заданного типа судна. В состав курсового проекта входит пояснительная записка с расчетами, обосновывающими выбор основных механизмов машинного отделения, чертежей, схем и графиков.

Материалы разработок студент должен периодически предъявлять руководителю для просмотра. Защищается курсовой проект перед комиссией кафедры.

2. Указания к оформлению пояснительной записки и графической части

Пояснительная записка должна оформляться в соответствии с действующими ГОСТами (приложение 1). В записку в указанной последовательности входят: титульный лист (приложение 2); задание на курсовую работу (табл. 2.1); содержание; введение; разделы, соответствующие разрабатываемой теме; заключение; список использованных источников; приложения. Введение, заключение и список использованных источников не нумеруются.

2.1. Указания к применению графической части

Графическая часть курсовой работы состоит в общем объеме из двух листов формата А1 и А3 и оформляется в соответствии с ГОСТами (приложение 1). Первый чертеж – план машинного помещения (МП) (вид сверху) формата А1 – по заданию руководителя. В курсовом проекте допускается таблицу перечня элементов выполнить на поле чертежа (приложение 3).

План МП вычерчивается в масштабе 1:25 или 1:50. Указать нумерацию шпангоутов и размерения МП. Отдельные механизмы и оборудование МП изображают в очертаниях, по возможности близких к натуральным, но без особой детализации. Контуры механизмов и оборудования берутся из каталогов – справочников,

Таблица 2.1 Задание на курсовую работу по СЭУ

	Наименование величин	Обозначение	Размерность	Группа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
					Грузовое	Толкач	Танкер	Толкач	Танкер	Толкач	Толкач	Танкер	Пассажирское	
1	Тип судна	-	-	I, IV	Грузовое	Толкач	Танкер	Толкач	Танкер	Толкач	Толкач	Толкач	Танкер	Пассажирское
				II, III	Толкач	Пассажирское	Грузовое	Танкер	Грузовое	Танкер	Танкер	Танкер	Танкер	Танкер
2	Класс Регистра	-	-	I, IV	М	М	М	М	М	Р	Р	Р	М	М
				II, III	О	О	О	О	О	О	О	О	О	О
3	Автономность плавания	-	сут	I, IV	20	25	15	20	15	15	10	5	4	2
				II, III	10	15	10	15	10	10	15	20	10	15

Продолжение табл. 2.1

	Наименование величин	Обозначение	Размерность	Группа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
4	Длина	L	м	I, IV	95	110	115	128	107	32	32	28	43	38
				II, III	42	39	92	74	90	91	101	130	128	
	Главные размеры судна	В	м	I, IV	12	13	13	16	13	8	7,5	6,5	6	5,5
				II, III	9	8	12	10	11,5	13	16,5	12	12	12,5
5	Осадка кормой	Т _к	м	I, IV	3	2,8	3,4	3	2	1,3	1,4	1	1,6	1,2
				II, III	2,5	2	2,4	1,4	2,4	2,9	3,5	2,7	3,2	3,4
	Коэффициент полноты	δ	-	I, IV	0,8	0,83	0,82	0,84	0,87	0,58	0,62	0,65	0,5	0,45
				II, III	0,6	0,7	0,6	0,75	0,56	0,84	0,86	0,82	0,8	0,75
6	Количество гребных винтов	X	-	I, IV	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
				II, III	2	2	3	2	3	3	2	2	2	2

Продолжение табл. 2.1

	Наименование величин	Обо- значе- ние	Размер- ность	Группа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
7	Порожним	V_t	км/ч	I, IV	20	22	25	25	19	20	17	16	20	20
					20	19	24,4	22	27	18	20	18	19	21
	С составом	V	км/ч	I, IV						10	8	6		
						8					9	8		
8	Сила толкания (тяга) состава	Z_T	кН	I, IV						50	40	30		
						110								

Окончание табл. 2.1

Наименование величин	Обозначение	Размерность	Группа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0		
9 Разработать принципиальную схему судовой системы			I	Смазывания	Охлаждения	Топливной	Теплоснабжения	Сж. воздуха	Теплоснабжения	Охлаждения	Теплоснабжения	Охлаждения	Сж. воздуха		
			II	Сж. воздуха	Топливной	Сж. воздуха	Охлаждения	Топливной	Сж. воздуха	Смазывания	Смазывания	Сж. воздуха	Теплоснабжения	Топливной	
			III	Теплоснабжения	Смазывания	Теплоснабжения	Смазывания	Охлаждения	Топливной	Сж. воздуха	Смазывания	Смазывания	Смазывания	Смазывания	Охлаждения
			IV	Топливной	Сж. воздуха	Смазывания	Топливной	Теплоснабжения	Охлаждения	Теплоснабжения	Сж. воздуха	Топливной	Сж. воздуха	Топливной	Теплоснабжения

Варианты условий задания разбиты на четыре группы. Номер группы выбирается в зависимости от начальной буквы фамилии студента: А, Б, В, Г, Д, Е, Ж – I группа; З, И, К, Л, М – II группа; Н, О, П, Р, С – III группа; Т, У, Ф, Х, Ц, Ч, Ш, Щ, Э, Ю, Я – IV группа.

альбомов оборудования, инструкций по эксплуатации. На чертеже МП также должно быть указано размещение пусковых и тифонных баллонов, цистерн расходных и основного запаса топлива и масла, распределительных щитов и т. д.

В правом верхнем углу чертежа МП приводится таблица «Основные технические характеристики судна» (приложение 4).

3. Выбор главных двигателей

Гидродинамический расчет и выбор главной энергетической установки осуществляется в следующей последовательности.

Определяются сопротивление воды движению судна R , кН:

$$R = \xi (\rho / 2) s \mathbf{u}^2, \quad (1)$$

где ξ – безразмерный коэффициент сопротивления воды движению судна;

ρ – плотность воды, т/м³;

s – площадь смоченной поверхности судна, рассчитанная по заданию, м²;

\mathbf{u} – скорость движения судна, м/с (для буксира-толкача скорость с составом).

В соответствии с принципом разделения полного сопротивления на составляющие безразмерный коэффициент сопротивления представляют в виде суммы коэффициентов

$$\xi = \xi_{ост} + \xi_{тр} + \xi_{шер} + \xi_{вн}, \quad (2)$$

где $\xi_{ост}$ – коэффициент остаточного сопротивления;

$\xi_{тр}$ – коэффициент сопротивления трения;

$\xi_{шер}$ – надбавка на шероховатость;

$\xi_{вн}$ – надбавка на выступающие части.

Коэффициент по формуле (2) определяется по результатам модельных испытаний и эмпирическим формулам. Однако хорошую сходимость результатов расчета дает определение безразмерного коэффициента ξ по судну-прототипу, когда основные размеры судов отличаются незначительно [2].

$$\xi = 2 P_e x_e \eta_n \eta_{пр} \eta_{эл} / (\rho S_{пр} \mathbf{u}^3), \quad (3)$$

где P_e – эффективная мощность одного главного двигателя судна-прототипа, кВт;

x_e – количество двигателей (двигателей);

$\eta_n, \eta_{вл}$ – КПД передачи и валопровода. Определяется с использованием приложения 5;

η_{np} – пропульсивный КПД;

s_{np} – смоченная поверхность судна-прототипа, смоченная поверхность рассчитывается два раза, сначала по судну-прототипу и подставляется в формулу (3), а потом по заданию и подставляется в формулу (1)

$$s = L(0,8\delta + 0,2) \cdot (B + 2T_k) \text{ при } \delta \geq 0,7; \quad (4)$$

$$s = L(0,5\delta + 0,4) \cdot (B + 2T_k) \text{ при } \delta < 0,7. \quad (5)$$

Для катамаранных судов

$$S = 2L (1,36T_k + 1,13\delta B), \quad (6)$$

где L, B, T_k – длина, ширина и осадка кормой судна-прототипа, м;

δ – коэффициент водоизмещения.

Для винтов без насадок пропульсивный КПД определяется:

$$\eta_{np} = [(1 - t)/(1 - \psi)] \eta_p, \quad (7)$$

где ψ, t – коэффициенты попутного потока и засасывания;

для бортового винта:

$$\psi = (0,55\delta - 0,2); t = 0,8\psi(1 + 0,25\psi), \quad (8)$$

для винта, расположенного в диаметральной плоскости:

$$\psi = (0,5\delta - 0,05); t = 0,6\psi(1 + 0,67\psi), \quad (9)$$

η_p – расчетный КПД винта; его значение снимают с корпусной диаграммы при диаметре $D_в$, шаге $H_в$, дисковом отношении

Θ и относительно поступи λ_p винта судна-прототипа.

$$\lambda_p = v_p / (D_в \cdot n_в), \quad (10)$$

где $n_в$ – частота вращения движителя, c^{-1} ;

v_p – скорость поступательного перемещения винта, м/с;

$$v_p = v (1 - \psi). \quad (11)$$

Для винтов в направляющих насадках пропульсивный КПД

$$\eta_{np} = [0,92/(1 - \psi_в)] \cdot \eta_k; \quad (12)$$

$$\psi_в = c_в \cdot \psi, \quad (13)$$

где $c_в = 0,6$ – для бортовых винтов;

$c_в = 0,5$ – для винтов расположенных в диаметральной плоскости;

η_k – расчетный КПД комплекса винт-насадка. Его значение снимают аналогично η_p .

Если в задании даны размеры судна, отличающиеся от судна-прототипа, то вторично вычисляют его площадь смоченной поверхности по формулам (4, 5, 6) и потом вычисляют сопротивление воды движению судна по формуле (1).

Если по буксиру-толкачу указана его скорость движения легкачем, $u_{л}$, то сопротивление движению $R_{л}$ находят по формуле (1) и пересчитывают на сопротивление воды его движению с составом R_c , кН:

$$R_c = R_{л} (v_n / v_c)^{1/2}.$$

Найдя величину сопротивления воды движению судна при заданной скорости, расчеты первого этапа выбора главных двигателей и типа передачи выполняют в следующем порядке.

Определяют упор винта, кН:

для самоходного судна

$$P_m = R / [x_{\theta} \cdot (I - t)];$$

для буксира-толкача

$$P_T = (R_{л} + Z) / [x_{\theta} \cdot (I - t)] = R_c / [x \cdot (I - t)], \quad (14)$$

где $R_{л}$ – определяют по формуле (1);

Z – тяга на гаке при движении с составом на тресе или упор при толкании, кН.

Выбирают ряд значений диаметров винта и четыре варианта между максимальными и минимальными.

Максимальный диаметр винта в метрах принимают

$D_{\theta}^{max} = 0,82 \cdot T_k$ – одновальных установок и катамаранов;

$D_{\theta}^{max} = 0,7 \cdot T_k$ – для двухвальных установок;

$D_{\theta}^{max} = 0,75 \cdot T_k$ – для трехвальных установок;

$D_{\theta}^{max} = 1,15 \cdot T_k$ – для судов с туннельными обводами кормы.

Минимальный диаметр винта

$$D_{\theta}^{min} = 0,5 \cdot T_k.$$

Для расчета в первом приближении принимают дисковые отношения $\theta = (0,5 \div 0,58)$, число лопастей $Z = 4$ или одинаковым с винтом судна-прототипа.

Для всех четырех вариантов рассчитывают коэффициент упора диаметра k_d' , частоту вращения n_{θ} , мощность, подведенную к винту, и эффективную мощность двигателя по формулам:

$$K_d' = D_{\theta} \cdot u_p \sqrt{\rho / P_T}; \quad (15)$$

$$n_e = 60 \cdot v_p / (\lambda_p \cdot D_e); \quad (16)$$

$$P_p = P \cdot v_p / \eta_p; \quad (17)$$

$$P_e = P_p / (\eta_{вл} \cdot \eta_n), \quad (18)$$

где $\eta_{вл}$ – КПД валопровода (приложение 5);

η_n – КПД передачи (приложение 5);

η_p – КПД винта с диаграммы (для винтов в насадках η_k).

Расчеты сводим в табл. 3.1.

Таблица 3.1. Результаты гидродинамического расчета

Параметр	Единица измерения	Диаметр винта, м			
		Д мин	Д2	Д3	Д макс
Коэффициент упора-диаметра					
КПД					
Относительная поступь					
Частота вращения	об/с, об/мин				
Мощность подведенная к винту P_p	кВт				
Эффективная мощность проектируемая P_e	кВт				

По табл. 3.1 построить график зависимости частоты вращения от мощности и от диаметра гребного винта и на основании технико-экономического сравнения рассматриваемых вариантов передач выбрать главные двигатели.

λ_p – относительная поступь (снимаемая с корпусной диаграммы) – рис. 3.1 [4].

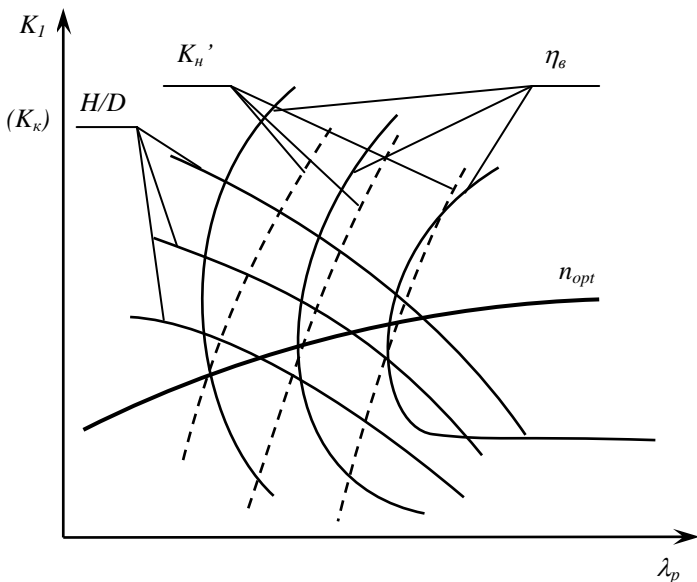


Рис. 3.1. Корпусная диаграмма

4. Расчет элементов главной судовой передачи

4.1. Выбор элементов передачи

В соответствии с принятым или рекомендуемым в задании типом передачи разрабатывают схему с указанием ее элементов от главного двигателя до движителя. На схеме передачи указывают основные части валопровода (опору в кронштейне с концевым подшипником, тормоз, жесткие компенсирующие муфты). В случае отбора мощности на валогенератор его привод должен быть указан на схеме. Эта схема является основанием для разработки передачи на чертеже машинного помещения.

При выборе отдельного редуктора или реверса редуктора указывают его марку и передаточное число.

В качестве опорных и упорных подшипников валопровода на судах речного флота применяют преимущественно подшипники качения.

Опорные подшипники подбирают по соответствующим государственным стандартам и нормам. Величина допускаемых расстояний

между опорными подшипниками не должны превышать для валов диаметром: 60 мм – 2,5 м; 80 мм – 3 м; 100 мм – 4 м. Для валов других диаметров они определяются расчетом ($l_{en} = 0,125m \cdot d$), где d – диаметр вала, см; l_{en} – длина вала, м). Для расчета упорного подшипника принимают

$$P = 0,6P_k,$$

где P_k – упор комплекса (если винт в насадке).

4.2. Расчет валопровода

4.2.1. Расчеты диаметров валов по формулам, приведенным в настоящей главе, являются предварительными, поскольку размеры всех элементов валопровода после формирования крутильной схемы должны быть уточнены по результатам расчета напряжений от крутильных колебаний, в том числе на режимах, соответствующих частотам вращения, запретным для длительной работы.

В случае, когда вследствие особой геометрии элементов валопровода определение диаметров валов с помощью формулы (19) невозможно, в Речной Регистр должны быть представлены специальные расчеты прочности.

4.2.2. Диаметр промежуточного, упорного или гребного вала, должен быть не менее определяемого по формуле, мм:

$$d \geq \frac{560}{R_m + 160} k C_{EW}^3 \sqrt{\frac{P}{\left\{ n \left[1 - \left(\frac{d_i}{d_r} \right) \right] \right\}}} \quad (19)$$

где R_m – временное сопротивление материала вала, МПа. Формула (19) достоверна при $R_m = 400 \div 600$ МПа, в случае

$R_m > 600$ МПа в формулу следует подставлять $R_m = 600$ МПа;

k – коэффициент:

для промежуточных валов с коваными фланцами или фланцевыми бесшпоночными муфтами $k = 130$;

для промежуточных валов со шпоночными муфтами $k = 140$;

для упорных валов в подшипниках качения $k = 142$;

для гребных валов на расстоянии не более четырех диаметров гребного вала от носового торца ступицы гребного винта $k = 160$;

для гребных валов на расстоянии более четырех диаметров гребного вала от носового торца ступицы гребного винта $k = 150$;

C_{EW} – коэффициент усиления:

для судов без ледового усиления $C_{EW} = 1,0$;

для судов, предназначенных для плавания в битом льду, $C_{EW} = 1,05$;

для ледоколов и судов ледокольного типа $C_{EW} = 1,07$;

P – расчетная мощность, передаваемая валом, кВт;

n – расчетная частота вращения, мин⁻¹;

d_i – диаметр осевого отверстия вала, мм, если этот диаметр меньше или равен $0,4d_r$, то можно принять $d_i = 0$;

d_r – действительный диаметр вала, мм.

Диаметр носовой части гребного вала на участке от дейдвудного сальника до фланца или муфты может быть постепенно уменьшен до значения, равного 1,05 диаметра промежуточного вала. Участки гребного вала, имеющие контакт с водой, в случае, когда вал не имеет сплошной облицовки или другой эффективной антикоррозионной защиты, должны иметь наружный диаметр, который на 5% больше определенного с помощью формулы (19).

5. Расчет общего количества теплоты, выбор автономных и утилизационных котлоагрегатов

Общее количество теплоты на судовые нужды складывается из расходов теплоты на отопление помещений, санитарно-бытовые нужды, подогрев масла, топлива, а на танкерах, кроме того, на подогрев груза и воды для мытья танков [1].

Расчет выполняется в определенном порядке. Выбирают и обосновывают схему теплоснабжения судна (можно с применением пара или горячей воды). Для большинства грузовых и грузопассажирских судов, толкачей предпочтительна схема с применением горячей воды. На судах мощностью выше 220 кВт, как правило, для покрытия потребностей теплоты в ходовых режимах устанавливают утилизационные котлы с использованием отбросной теплоты выпускных газов главных двигателей (в некоторых случаях используют теплоту воды внутреннего контура системы охлаждения двигателей). В этом случае для покрытия потребности в теплоте на режимах стоянок необходима установка на судне автономного котла. Для подогрева груза на танкерах устанавливают специальный паровой котел. Автономные котлы должны использовать один и тот же сорт топлива с главными двигателями. Во всех вариантах

установки (как автономных, так и утилизационных котлов) необходимо предусмотреть автоматическое управление.

Далее производится расчет общей максимальной потребности в теплоте на судне за единицу времени. Эта величина представляет собой поток энергии, выраженной в ваттах (Вт).

Поток энергии на отопление помещений, Вт, равен

$$Q_{om} = k \Sigma F \cdot \Delta t_n,$$

где ΣF – поверхность стенок отапливаемых помещений, м²;

k – общий коэффициент теплопередачи через стенку, для многослойной наружной стенки жилых помещений $k = (0,7 \dots 1,0)$ Вт/(м²·К), для промежуточной стенки $k = (1,4 \dots 2,9)$ Вт/(м²·К);

Δt_n – разность температур внутри помещений и за стенкой.

Для расчета можно принять: температуру наружного воздуха –5 ... +12°С, температуру внутри кают +20°С, душевых +25°С, машинных помещений не ниже +12°С, температуру забортной воды +1,0 ... +1,5°С.

В первом приближении можно произвести упрощенный расчет Q_{om} , основанный на эмпирических зависимостях расхода топлива на отопление помещений от основных характеристик судна. Эти зависимости (в Вт) имеют следующий вид:

для буксиров-толкачей $Q_{om} = 7000 + 17,5 \Sigma P_e$;

для сухогрузных судов и танкеров $Q_{om} = 23200 + 11,7 m_c$ (m_c – грузоподъемность судна, т);

для пассажирских судов $Q_{om} = 1750(1,3 z_n + z)$, где z_n – количество пассажиров на судне;

z – количество членов команды.

Потребный поток энергии на санитарно-бытовые нужды, Вт, составляет

$$Q_{сб} = (z_n + z_k)(q_{вм} + q_{вп}),$$

где $q_{вм}$ – расход теплоты на приготовление горячей мытьевой воды в единицу времени на одного человека, который составляет: на пассажирских судах 350 ... 500 Вт/чел., на буксирах-толкачах и грузовых судах 500 ... 750 Вт/чел.;

$q_{вп}$ – удельный расход теплоты на приготовление кипяченой питьевой воды составляет на пассажирских судах 100 ... 120 Вт/чел., на толкачах и грузовых судах 110 ... 120 Вт/чел.

Потребный поток энергии на подогрев топлива, масла и другие технические нужды, Вт, кроме подогрева груза для наливных судов, определяется формулой

$$Q_{nm} = (0,4 \dots 0,15)(Q_{cm} + Q_{c\bar{o}}).$$

Для подогрева нефтепродуктов в танках танкеров обычно применяют отдельный паровой котел.

Расчет общего количества потока теплоты, потребного на судне, производится в табличной форме (табл. 5.1). В таблице загрузки для всех потребителей теплоты в ходовом и стояночном режимах составляет $k_z = 0,5 \dots 0,9$.

При расчете фактического потока энергии учитывается коэффициент запаса $k_e = 1,1$ и коэффициент одновременности для ходового режима $k_o = 0,8 \dots 0,9$, а для стояночного – $k_o = 0,7 \dots 0,8$.

Фактический потребный поток энергии в ходовом режиме – $Q_x = k_o \cdot k_c \Sigma Q_{ox}$; в стояночном режиме – $Q_c = k_o \cdot k_c \Sigma Q_{oc}$.

По общему количеству потока энергии, потребляемому на судне, производят расчет мощности источников теплоты и их подбор. В качестве источника теплоты на судах используются утиль-котлы, автономные котлоагрегаты и калориферы.

Максимальный поток энергии, Вт, выпускных газов Q_z , которые могут быть утилизированы, определяется по формуле

$$Q_z = [(a_N \cdot P_e) / 3,6] \cdot x_d \cdot g_z \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2) \cdot \eta_o,$$

где a_N – коэффициент загрузки двигателя: $a_N = 0,85$;

g_z – часовой расход выпускных газов, приходящийся на единицу мощности, кг/(кВт·ч); для четырехтактных ДВС – $g_z = (6 \dots 7)$ кг/(кВт·ч); для двухтактных – $g_z = (11 \dots 12)$ кг/(кВт·ч);

c_p – удельная теплоемкость выпускных газов: $c_p = (1,05 \dots 1,13)$ кДж/(кг·К);

t_1 – температура газов на входе в котел, °С; она принимается на $(10 \dots 15)$ °С менее температуры их на выходе двигателя (берется из технических условий);

t_2 – температура газов на выходе из котла, составляющая $(185 \dots 215)$ °С для водогрейных котлов и $(220 \dots 250)$ °С для паровых;

η_o – коэффициент, характеризующий потери теплоты от котла в окружающую среду: $\eta_o = -0,95$.

Таблица 5.1. Расчет общего количества потребной теплоты на судне

Потребители теплоты	Максимальный поток энергии Q , Вт	Режим работы судна			
		Ходовой		Стояночный	
		Коэффициент загрузки k_z	Потребный поток энергии Q_x , Вт	Коэффициент загрузки k_z	Потребный поток энергии Q_c , Вт
Отопление					
Приготовление горячей воды					
Подогрев топлива, масла и пр. нужды					
Итого:			ΣQ_x		ΣQ_c

Если $Q_c > Q_x$, то мощность утилизационного котла принимается равной Q_x . В этом случае подсчитывается коэффициент использования теплоты выпускных газов в утиль-котлах: $\alpha = (Q_x/Q_c) \cdot 100\%$.

Если $Q_c < Q_x$, то мощность утиль-котла принимается равной Q_c и недостающая часть теплоты на ходовом режиме обеспечивается работой автономного котлоагрегата.

Мощность автономного котлоагрегата должна быть достаточной для обеспечения всех нужд судна в теплоте при любом режиме работы утиль-котла, следовательно, он должен быть рассчитан по максимальной величине фактически потребного потока энергии, т.е. если $Q_c < Q_x$, то по величине Q_x .

В зависимости от принятой схемы снабжения судна теплотой, из соответствующего альбома оборудования речного флота по величине мощности (производительности) подбирают котлоагрегат.

6. Расчет мощности судовой электростанции

Выбор дизель-генератора и валогенераторов. Мощность судовой электростанции и количество генераторов определяется в соответствии с требованиями Речного Регистра или Регистра Судоходства. Расчет мощности производят на основании таблицы нагрузок, учитывающий количество, мощность и режим работы механизмов.

Расчет судовой электростанции рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

1. Все потребители разбивают на группы по источникам электроэнергии, от которых предполагается их питание (дизель-

генератор, валогенераторы, трансформаторы); каждую группу потребителей разделяют по назначению: палубные механизмы; механизмы обслуживающие энергетическую установку (компрессор, масляный насос, вентиляторы машинного отделения и т. д.); механизмы общесудовых систем (осушительный насос, противопожарные насосы, балластные насосы и т. п.); прочее оборудование (радиостанция, приборы управления судном, освещение, нагревательные приборы и т. п.).

2. Составляют таблицу нагрузок электростанции, в которую заносят все потребители, разделенные по назначению. Подобные таблицы составляют для каждой группы потребителей по источникам электроэнергии (генераторы или трансформаторы), между которыми (группами) не предусмотрена параллельная работа.

3. Мощность электростанции определяют для основных режимов эксплуатации судна в зависимости от его типа и характера работы. По Правилам Регистра необходимо предусматривать следующие режимы работы судна: ходовой режим, стоянка в порту, снятие якоря, специальный режим для судов технического флота, рыболовных и тому подобных судов, аварийный режим (пожар или получение судном пробоины). Во всех случаях необходимо предусматривать характерные для данного судна режимы, соответствующие наибольшей и наименьшей нагрузке электростанций.

4. На основании расчетов, выполняемых в таблице, определяют потребляемую мощность на различных режимах эксплуатации судна, по которой выбирают генераторы тока, обеспечивающие потребность в электроэнергии для каждого режима работы судна.

В курсовом проекте необходимо выбрать дизель-генераторы по судну-прототипу [3] с указанием основных параметров без расчетов.

7. Системы СЭУ

В курсовом проекте необходимо самостоятельно сделать расчеты по системам, рассмотренным в литературе [1, 2, 5], и привести принципиальные схемы по вариантам задания.

7.1. Система топливная

Привести краткое описание системы с указанием ее назначения, привести марку и ГОСТ топлива, используемого главными и вспо-

могательными дизелями, а также автономными котлами в настоящее время, состава оборудования.

По заданной автономности плавания в первом приближении определить общий запас топлива или запасы разных видов его [2].

7.2. Система смазывания

Дать краткое описание системы с указанием ее назначения, марок и ГОСТов смазочных масел, составе оборудования.

Так же, как и для системы топливной, определить общий запас смазочных масел [2].

7.3. Система сжатого воздуха

Дать краткое описание, привести требования Регистра к воздухохранителям, компрессорам. Определить емкость пусковых воздухохранителей (баллонов) главных вспомогательных двигателей из условия обеспечения необходимого числа пусков в соответствии с требованиями Регистра. Выбрать компрессоры [2].

7.4. Система газовыпуска

Дать краткое описание системы с указанием ее назначения и состава оборудования (газоотводные трубы, искрогасители, глушители, искрогасители и т. п.), материала труб и изоляции.

Привести требования Регистра к размещению трубопроводов на главных и вспомогательных двигателях.

Определить площадь сечения газовыпускных трубопроводов [2].

8. Техничко-экономические показатели

Тепловая экономичность СЭУ оценивается по ее КПД – η_y :

$$\eta_y = (3600 \cdot P_{ey}) / (B_y \cdot Q_n^p),$$

где P_{ey} – мощность главных, вспомогательных дизелей и котлоагрегатов, кВт;

B_y – часовой расход топлива этими механизмами, кг/ч;

Q_n^p – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг.

КПД судового комплекса $\eta_{ск}$ определяется так:

$$\eta_{ск} = (3600 \cdot x_g \cdot P_T \cdot u) / (\Sigma B_{зд} \cdot Q_n^p),$$

где x_g – количество движителей;
 P_T – полезная тяга гребного винта (упор винта), кН;
 U – скорость судна, м/с;
 $\Sigma B_{гд}$ – часовой расход топлива главными двигателями;
 Q_n^p – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг.
Коэффициент полезного действия судового комплекса водоизмещающих судов находится в пределах: $\eta_{ск} = 0,18 - 0,26$.

Библиографический список

1. *Конаков Г.А., Васильев Б.В.* Судовые энергетические установки и техническая эксплуатация флота. – М. : Транспорт, 1980. – 423 с.
2. *Беспалов В.И.* Судовые энергетические установки : консп. лекций для студ. оч. и заоч. обуч. спец-ти «Эксплуатация судовых энергетических установок» / В.И. Беспалов, В.В. Колыванов. – Н. Новгород : Изд-во ФБОУ ВПО «ВГАВТ», 2012. – 108 с.
3. Справочник по серийным транспортным судам. Т. 1–8.
4. Руководство по расчету и проектированию гребных винтов судов внутреннего плавания.
5. Правила классификации и постройки судов внутреннего плавания (Речной Регистр). – Т. 3. – 2008.
6. *Хряпченко А.С.* Судовые вспомогательные и утилизационные котлы : учеб. пособие. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Л. : Судостроение, 1998. – 296 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Перечень основных ГОСТов, необходимых для выполнения курсового проекта.

1. ГОСТ 2.105–79. Общие требования к текстовым документам.
2. ГОСТ 2.301–68. Форматы.
3. ГОСТ 2.106–96. Текстовые документы.
4. ГОСТ 2.104–06. Основные надписи.
5. ГОСТ 2.109–73. Основные требования к чертежам.
6. ГОСТ 2.307–68. Нанесение размеров и предельных отклонений.

7. ГОСТ 2.316–08. Правила нанесения на чертежах надписей, технических требований и таблиц.

8. ГОСТ 4393–74. Дизели стационарные, судовые, тепловозные и промышленные. Типы и основные параметры.

9. ГОСТ 19354–74. Соединения фланцевых судовых валопроводов. Конструкция и размеры.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Федеральное агентство морского и речного транспорта
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Волжский государственный университет водного транспорта»

Кафедра эксплуатации судовых энергетических установок

Судовое энергетическое оборудование и системы

(Курсовой проект по СЭУ)

Разработал:
Проверил:

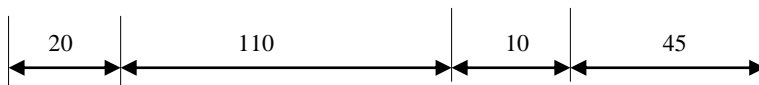
Ст. гр. _____ Фамилия И.О.
Фамилия И.О.

Н. Новгород
2015 г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Перечень механизмов и оборудования в машинном помещении

	Поз.	Наименование	Кол.	Примечание
16	1-2	Главный двигатель	2	2×736 кВт $n = 350\text{мин}^{-1}$
8	3-5	Клапан невозвратный	3	
8	6,7	Манометр	2	



ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Основные технические характеристики судна

Характеристика	Обозначение	Размерность	Числовые значения
Длина расчетная	L	М	
Ширина расчетная	B	М	
Осадка кормой	T_K	М	
Коэффициент водоизмещения	δ	–	
Скорость хода	v	км/ч	
Количество главных двигателей	X	–	
Мощность главных двигателей	P_0	кВт	

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Приближенные значения КПД передачи η_d , валопровода $\eta_{вп}$ и главной передачи $\eta_{гп}$

Тип главной передачи	η_d	$\eta_{вп}$	$\eta_{гп}$
Непосредственная (валопровод)		0,97	0,97–0,99
С одноступенчатым зубчатым редуктором	0,97–0,98	0,97	0,94–0,95
С двухступенчатым зубчатым редуктором	0,96–0,97	0,97	0,93–0,94
С реверс-редуктором	0,94–0,96	0,97	0,92–0,93
С гидромuftой	0,96–0,97	0,97	0,93–0,94
Гидродинамическая	0,92–0,93	0,97	0,89–0,90
Объемная гидравлическая	0,87–0,92	0,98	0,85–0,90
С электромагнитной муftой	0,97–0,98	0,97	0,94–0,95
Электрическая на переменном токе	0,90–0,95	0,98	0,88–0,93
Электрическая на постоянном токе	0,83–0,92	0,98	0,86–0,90

Оглавление

1. Общие положения и порядок выполнения курсового проекта	3
2. Указания к оформлению пояснительной записки и графической части	3
3. Выбор главных двигателей	8
4. Расчет элементов главной судовой передачи	12
5. Расчет общего количества теплоты, выбор автономных и утилизационных котлоагрегатов	13
6. Расчет мощности судовой электростанции	17
7. Системы СЭУ	18
8. Техничко-экономические показатели	19

<i>Библиографический список</i>	19
Приложение 1.....	20
Приложение 2.....	21
Приложение 3.....	22
Приложение 4.....	22
Приложение 5.....	22

Матвеев Юрий Иванович
Беспалов Валентин Иванович

**Расчет и выбор
основного оборудования судовой
энергетической установки**

Методические указания

Ведущий редактор *Н.С. Алёшина*
Корректор *Д.В. Богданов*
Вёрстка *М.Е. Савиновой*

Подписано в печать 27.08.15.
Формат бумаги 60×84 $\frac{1}{6}$. Гарнитура «Таймс».
Ризография. Усл. печ. л. 1,4.
Тираж 76 экз. Заказ 136.

Издательско-полиграфический комплекс ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5