



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова»
(ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»)

Институт (факультет) Морская академия. Факультет судовой энергетики
Кафедра Теплотехники, судовых котлов и вспомогательного оборудования
Направление подготовки (специальность) 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок
(код, наименование направления подготовки/специальности)
Форма обучения Заочная

«К ЗАЩИТЕ ДОПУЩЕНА»
Заведующий кафедрой

(подпись)
Костылев И.И.
(ФИО)

16 06 2022

Выпускная квалификационная работа

Обучающегося Богданова Александра Андреевича
(фамилия, имя, отчество)

Вид работы Выпускная квалификационная работа специалиста
(выпускная квалификационная работа бакалавра, специалиста, магистра)

Пояснительная записка

Тема Судовая энергетическая установка судна Р-Р0 бездейтом 5000, кВт и скоростью хода 17 узлов. Система обработки балластных вод
(полное название темы квалификационной работы, в соответствии с приказом об утверждении тематики ВКР)

Руководитель работы Доцент Бугаев Е.А.
(должность, подпись, фамилия, инициалы, дата)

Консультант Профессор, д.т.н. Ермаков А.А.
(при наличии) (должность, подпись, фамилия, инициалы, дата)

Консультант Профессор, к.т.н. Петров А.П.
(должность, подпись, фамилия, инициалы, дата)

Консультант Доцент, к.т.н. Черепнин В.А.
(должность, подпись, фамилия, инициалы, дата)

Консультант Доцент Поляков А.В.
(должность, подпись, фамилия, инициалы, дата)

Консультант _____
(должность, подпись, фамилия, инициалы, дата)

Обучающийся Богданов А.А.
(подпись, фамилия, инициалы, дата)

Санкт-Петербург
2022г.



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО МОРСКОГО И РЕЧНОГО ТРАНСПОРТА

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова»
(ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени адмирала С.О. Макарова»)

Институт (факультет) Морская Академия. Факультет Судовой Энергетики
Кафедра Теплотехники, судовых котлов и вспомогательных установок
Направление подготовки (специальность) 26.05.06 Эксплуатация судовых энергетических установок
(код, наименование направления подготовки/специальности)
Форма обучения Заочная

«УТВЕРЖДАЮ»
Заведующий кафедрой

(подпись)
Костылев И.И.
(ФИО)
09» 09 2021 г.

**Задание
на выпускную квалификационную работу**

Вид работы Выпускная квалификационная работа специалиста
(ВКР бакалавра, специалиста, магистра)

Обучающемуся Богданову Александру Андреевичу
(фамилия, имя, отчество)

Тема Судовая энергетическая установка судна РО-РО сдвештом 50000 тонн и скоростью хода 17 узлов. Система обработки балластных вод

Утверждена приказом ректора Университета от «23» сентября 2021 года, № 350-3

Срок сдачи законченной работы «19» 06 2022 г.

Исходные данные (или цель ВКР):

Тип судна паром РО-РО; L=245, B=37, DWT=50.000 тонн

Перечень подлежащих исследованию, разработке, проектированию вопросов (краткое содержание ВКР):

(актуальность темы, цели и задачи ВКР; аналитический обзор литературных источников; постановка задачи исследования, разработки, проектирования; содержание процедуры исследования, разработки, проектирования; обсуждение результатов; дополнительные во-

просы, подлежащие разработке; заключение – выводы по работе в целом, оценка степени решения поставленных задач, практические рекомендации; и др.)

- Расчёт ходкости судна

(наименование вопроса, раздела и его краткое содержание)

- Главный двигатель

(наименование вопроса, раздела и его краткое содержание)

- Расчёт нагрузки судовой электростанции

(наименование вопроса, раздела и его краткое содержание)

- Узловой вопрос

(наименование вопроса, раздела и его краткое содержание)

- Автоматизация СЭУ

(наименование вопроса, раздела и его краткое содержание)

- Безопасность жизнедеятельности

Перечень графического материала (или презентационного материала):

1. План МО

2. Установка обработки балластных вод

3. Система управления и контроля MCS 2200

4. Одноступенчатый центробежный насос

5. Противопожарные системы судна

Консультанты по разделам ВКР (при наличии):

1. Расчёт ходкости, профессор, д.т.н. Ершов А.А.

(наименование раздела, ученая степень, ученое звание и должность, ФИО консультанта)

2. Автоматизация СЭУ, профессор, к.т.н. Петров А.П.

(наименование раздела, ученая степень, ученое звание и должность, ФИО консультанта)

3. Безопасность жизнедеятельности, доцент Поляков А.В.

(наименование раздела, ученая степень, ученое звание и должность, ФИО консультанта)

4.

(наименование раздела, ученая степень, ученое звание и должность, ФИО консультанта)

Дата выдачи задания: «29» 09 2017 г.

Задание согласовано и принято к исполнению: «09» 09 2017 г.

Руководитель ВКР: доцент Бугаев Е.А.

(должность, ученая степень, ученое звание, ФИО)

(подпись)

Обучающийся:

Богданов А.А.

(учебная группа, ФИО)

(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1. Расчёт ходкости.....	9
1.1 Расчет полного сопротивления движению судна R и буксировочной мощности EPS	9
1.2 Расчет элементов гребного винта.....	11
2. Главный двигатель.....	14
2.1 Расчет рабочего процесса.....	14
2.2 Описание конструкции главного двигателя.....	26
2.3 Выбор УК и ВК.....	30
3. Расчёт нагрузки судовой электростанции.....	31
3.1 Расчет мощности электростанции на ходовом режиме работы судна.....	32
3.2 Расчет мощности электростанции на маневрах судна.....	34
3.3 Выбор источников электроэнергии.....	38
4. Узловой вопрос НИР.....	40
4.1 Балластная система судна.....	39
4.2 Общие требования к трубопроводам судовых систем.....	41
4.3 Подготовка балластной системы к освидетельствованию РМРС.....	42
4.4 Конвенция об управлении балластными водами.....	43
4.5 Выбор установки обработки балластных вод для судна типа «РО-РО».....	45
5. Автоматизация СЭУ.....	56
5.1 Автоматизация вспомогательных установок и механизмов.....	58
5.2 Автоматизация главного двигателя.....	60
6. Техническое обслуживание дефектация и ремонт центробежных насосов.....	67
6.1 Мероприятия РМРС по ТО и подготовке СТС к освидетельствованию и ремонту.....	67
6.2 Описание конструкции насоса.....	72
6.3 Дефектация насоса.....	73
6.4 Ремонт насоса.....	75
7. Безопасность жизнедеятельности.....	77
7.1 Техника безопасности на судах.....	77
7.2 Противопожарная защита.....	82
7.3 Мероприятия по охране окружающей среды.....	88
Выводы.....	94
Список использованной литературы	

Перечень условных обозначений:

N_E - номинальная мощность

n_E - номинальная частота вращения

P_E - среднее эффективное давление

P_Z - максимальное давление сгорания

P_S - давление наддува

g_E - удельный эффективный расход топлива

L - длина по ГВЛ

B - ширина

T - осадка

δ - коэффициент общей полноты

β - коэффициент полноты мидельшпангоута

V - объёмное водоизмещение

$\Omega_{ГК}$ - смоченная поверхность голого корпуса

$\Omega_{ВЧ}$ - смоченная поверхность выступающих частей

Ω - полная смоченная поверхность корпуса судна

R - полное сопротивление

EPS - буксировочная мощность

w_t' - коэффициент попутного потока

D - диаметр гребного винта

Fr - число Фруда

Re - число Рейнольдса

Δw_t - поправка на влияние числа Фруда

h_0 - заглубление оси гребного винта

$\frac{H}{D}$ - конструктивное шаговое отношение

θ - дисковое отношение

Z - число лопастей

$P_{СР.Х.}$ - средняя мощность электростанции

P_X - мощность электростанции в ходовом режиме

$P_{БП}$ - расчётная мощность для обеспечения работы бытовых потребителей

$P_{СР.СТ}$ - средняя мощность электростанции

P_M - мощность электростанции на манёвренном режиме

$P_{СТ.ГР}$ - мощность электростанции с производством грузовых операций

G_U - расход топлива на установку

$Q_{НГД}$ - низшая теплота сгорания топлива

η_K - коэффициент влияния корпуса

T_0 - температура воздуха на входе в ТК

φ_a - коэффициент продувки

α - коэффициент избытка воздуха

L_0 - теоретическая масса воздуха, необходимая для сгорания 1 кг топлива

$q_{ГАЗ}$ - общая относительная потеря тепла с газами

$q_{ВО}$ - относительная потеря тепла, отводимого в воздухоохладителе наддувочного воздуха

BWM – Конвенция по обработке балластных вод

BWTS - Установка обработки балластных вод

ЦПУ - Центральный пост управления

МКО – Машинно котельное отделение

ВВЕДЕНИЕ

На долю морского транспортного флота приходится более 80% международных грузовых перевозок. Поэтому транспортный флот России – это основная составляющая часть транспортной системы страны.

Выбор типа силовой установки судна основан прежде всего на экономических факторах, к которым относятся: стоимость изготовления установки, эксплуатационные затраты, надежность в работе (что очень важно в условиях морского плавания), простота технического обслуживания, возможность автоматизации и т.п.

В силу этого, на судах мирового флота преобладающее место в качестве главных двигателей заняли дизели, благодаря сравнительно низким удельным расходам топлива и масла, значительному повышению агрегатных мощностей, улучшению массово-габаритных характеристик, уменьшению затрат и времени на ремонт и техническое обслуживание. При этом моторесурс главных судовых двигателей доведен до 80÷100 тысяч часов, что практически соответствует сроку службы корпуса судна. Причем верхний предел моторесурса судна относится к мощным тихоходным малооборотным двигателям.

Установлено, что в последние десятилетие, удельные расходы топлива и масла на главные дизели уменьшились на 10÷15%, что очень важно, так как с ростом стоимости нефтепродуктов, статья расходов на горюче-смазочные материалы (ГСМ) составляет более 80% от общих эксплуатационных расходов на главный двигатель (ГД).

Установлено, что более 50% ГД на морских международных судах составляют дизели «МАН-БиВ» фирмы «МАН Дизель и Турбо» (Швейцария). При этом основная доля используемых дизелей этой фирмы приходится на малооборотные тихоходные длинноходовые дизели серии L-МС и S-МС.

При форсировке дизелей этих серий, за счет увеличения давления наддува до 3.5÷4.0 бар и повышения коэффициента полезного действия (КПД) газотурбонагнетателя (ГТН) до 65÷72%, удалось повысить их индикаторный

КПД до 54÷55% и снизить удельный эффективный расход топлива до 165 кг/кВтч.

Установка на дизели современных систем утилизации выпускных газов и воды, охлаждающей цилиндры дизелей, позволяют за счет возвратного тепла увеличить КПД установки до 9%.

Проектируемая силовая дизельная энергетическая установка предназначена для судна «РО-РО» дедвейтом 50000 тонн со скоростью хода 17 узлов.

Судне присвоен класс Российского Морского Регистра Судоходства КМ(*)L2 AUT1.

В соответствии с принятым ледовым классом L2, судно может ходить за ледоколом и в свободно дрейфующем льду около северных широт.

Степень автоматизации на знак AUT1 позволяет эксплуатировать судовые энергетические установки безвахтенно как на ходу, так и на стоянке.

Пополнение запасов котельно-питательной воды, санитарной и водой для систем охлаждения ГД и ВД, обеспечивается водопреснительной установкой.

Емкость чисто топливных танков определяется из расчета дальности плавания в 20000 миль в полном грузу с заданной эксплуатационной скоростью.

1. РАСЧЕТ ХОДКОСТИ СУДНА

Заданием на дипломный проект предусмотрена разработка судовой энергетической установки судна типа «РО-РО» дедвейтом 50000 тонн со скоростью хода $v_s = 17$ узлов.

Судно типа «РО-РО» с бульбообразной носовой оконечностью и кормовым расположением машинного отделения.

Количество рулей и гребных винтов – по одному.

Мощность с выходного фланца главного двигателя передается непосредственно на гребной винт фиксированного шага.

1.1 Расчет полного сопротивления движению судна R и буксировочной мощности EPS

В соответствии с судном-прототипом равновеликого дедвейта, геометрические характеристики корпуса отражены в таблице 1.

Таблица 1.1

Геометрические характеристики корпуса судна

Длина судна по грузовой ватерлинии (ГВЛ)	L	245 м
Ширина по миделю	B	37 м
Осадка в полном грузу	T_{cp}	15 м
Коэффициент общей полноты	δ	0,62
Коэффициент полноты мидель шпангоута	β	0,97
Коэффициент продольной полноты	$\varphi = \delta/\beta$	0,64
Отношение длины судна по ГВЛ к ширине по миделю	L/B	6,6
Отношение ширины по миделю к осадке в полном грузу	B/ T_{cp}	2,5

Объемное водоизмещение судна:

$$v = \delta \cdot L \cdot B \cdot T_{cp} = 0,62 \cdot 245 \cdot 37 \cdot 15 = 84305 \text{ м}^3 \quad (1.1)$$

Площадь смоченной поверхности корпуса судна:

$$\Omega = \Omega_{ГК} + \Omega_{ВЧ} = 11996 \text{ м}^2 \quad (1.2)$$

где:

$$\Omega_{ГК} = L \cdot T_{ср} \left[2 + 1,37(\delta - 0,274) \frac{B}{T_{ср}} \right] = 11647 \text{ м}^2 \quad (1.3)$$

– площадь поверхности «голового» корпуса;

$$\Omega_{ВЧ} = 0,3 \cdot \Omega_{ГК} = 349 \text{ м}^2 \quad (1.4)$$

– площадь поверхности выступающих частей.

Расчет полного сопротивления движению судна R и буксировочной мощности EPS выполним в таблице 1.2 по схеме серии №1 для быстроходных и среднескоростных судов.

Расчет выполняется по выражениям:

$$R = \frac{\rho \cdot \Omega}{2} \cdot v^2 \cdot \xi, \quad (1.5)$$

$$EPS = R \cdot v, \quad (1.6)$$

где:

$$\rho = 1025 \text{ кг/м}^3 \quad (1.7)$$

– средняя плотность морской воды;

$$v = 1,61 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с} \quad (1.8)$$

– кинематический коэффициент вязкости забортной воды при температуре 4 °С;

ξ – коэффициент полного сопротивления движению судна (строка 13, табл. 1.2);

– $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ ускорение свободного падения;

Таблица 1.2

Расчет полного сопротивления движению судна R и буксировочной мощности EPS

(серия 1)

№ п/п	Обозначение	Числовые значения				
		15	16	17	18	19
1	$v_s, \text{ узлы}$	15	16	17	18	19
2	$v = 0,514 \cdot [1], \text{ м/с}$	7,7	8,2	8,7	9,3	9,8
3	$v^2 = [2]^2 \text{ м}^2/\text{с}^2$	59,4	67,6	76,4	86,5	96,0
4	$F_r = v/\sqrt{g \cdot L}$	0,16	0,17	0,18	0,19	0,20
5	$Re \cdot 10^{-8} = v \cdot L/\nu$	1,17	1,25	1,32	1,42	1,49
6	$\xi_{fo} \cdot 10^3 = f(Re)$	2,08	2,05	2,03	2,01	2,00

Продолжение табл. 1.2

7	$\xi_r \cdot 10^3 = f(\delta, F_r)$	0,40	0.43	0.47	0.50	0.55
8	$K_{L/B} = \frac{\xi_r(\frac{L}{B} = 6,6)}{\xi_r(\frac{L}{B} = 5,64)}$	0.85	0.86	0.87	0.88	0.90
9	$K_{B/T} = f(F_r, B/T)$	1.14	1.12	1.09	1.07	1.05
10	$\xi_r \cdot 10^3 = [7] \cdot [8] \cdot [9]$	0.39	0.41	0.45	0.47	0.52
11	$\xi_{п} = 10^{-3}$	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
12	$\xi_a = 10^{-3}$	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
13	$\xi \cdot 10^3 = [6] + [10] + [11] + [12]$	2.62	2.61	2.63	2.65	2.67
14	$R = \frac{\rho \cdot \Omega}{2} \cdot [3] \cdot [13] \cdot 10^{-3}, \text{кН}$	957	1085	1235	1409	1576
15	$EPS = [2] \cdot [14], \text{кВт}$	7367	8895	10750	13106	15443

1.2 Расчет элементов гребного винта

1.2.1 Выбор ориентировочных значений мощности главного двигателя, диаметра и частоты вращения гребного винта

Скорость обтекания гребного винта:

$$v_{as} = v_{s \text{ зад}}(1 - \omega'_T) = 17(1 - 0.26) = 12.6 \text{ уз.}, \quad (1.10)$$

где:

$$\omega'_T = 0.5\delta - 0.05 = 0.5 \cdot 0.62 - 0.05 = 0.26 \quad (1.11)$$

- коэффициент попутного потока для одновинтовых судов.

Ориентировочное значение мощности силовой установки:

$$Ne_{op} = \frac{EPS}{\eta} = \frac{10750}{0.66} = 16288 \text{ кВт}, \quad (1.12)$$

где:

$EPS = 10750 \text{ кВт}$ – буксировочная мощность при заданной скорости $v_{s \text{ зад}} = 17 \text{ узлов}$,

$\eta = 0.62 \div 0.67$ – пропульсивный коэффициент для судов с $\delta < 0.74$.

По рисунку 1.1 определяем ориентировочные значения диаметра гребного винта $D_{op} = 7 \text{ м}$ и его частоты вращения $n_{op} = 88 \text{ об/мин}$.

1.2.2 Размещение гребного винта за кормой судна

$D_{\text{пред}} = 0.72$, $T_{\text{ср}} = 0.72 \cdot 15 = 10.8$ м. Таким образом, $D_{\text{ор}} = 7 < 10.8$ м = $T_{\text{ср}}$ - условие выполнено.

Принимаем для дальнейших расчетов $D = 7$ м.

В соответствии с рекомендациями методических указаний, в качестве движителя принимаем цельнолитой гребной винт правого вращения. Материал изготовления винта – бронза АЖН9-4-4.

1.2.3 Выбор типа главного двигателя

К установке на судно, в качестве главного двигателя, принимаем дизель «МАН-БиВ» серии 7S70МС фирмы «МАН – Дизель и Турбо» с номинальной мощностью $Ne_{\text{ном}} = 17990$ кВт при частоте вращения $n_{\text{ном}} = 88$ об/мин.

При этом запас мощности на утяжеление пропульсивного комплекса в процессе длительной эксплуатации судна составит:

$$\delta_{Ne} = \frac{Ne_{\text{ном}} - Ne_{\text{ор}}}{Ne_{\text{ор}}} \cdot 100\% = \frac{17990 - 16288}{16288} \cdot 100\% = 10.4\% \quad (1.13)$$

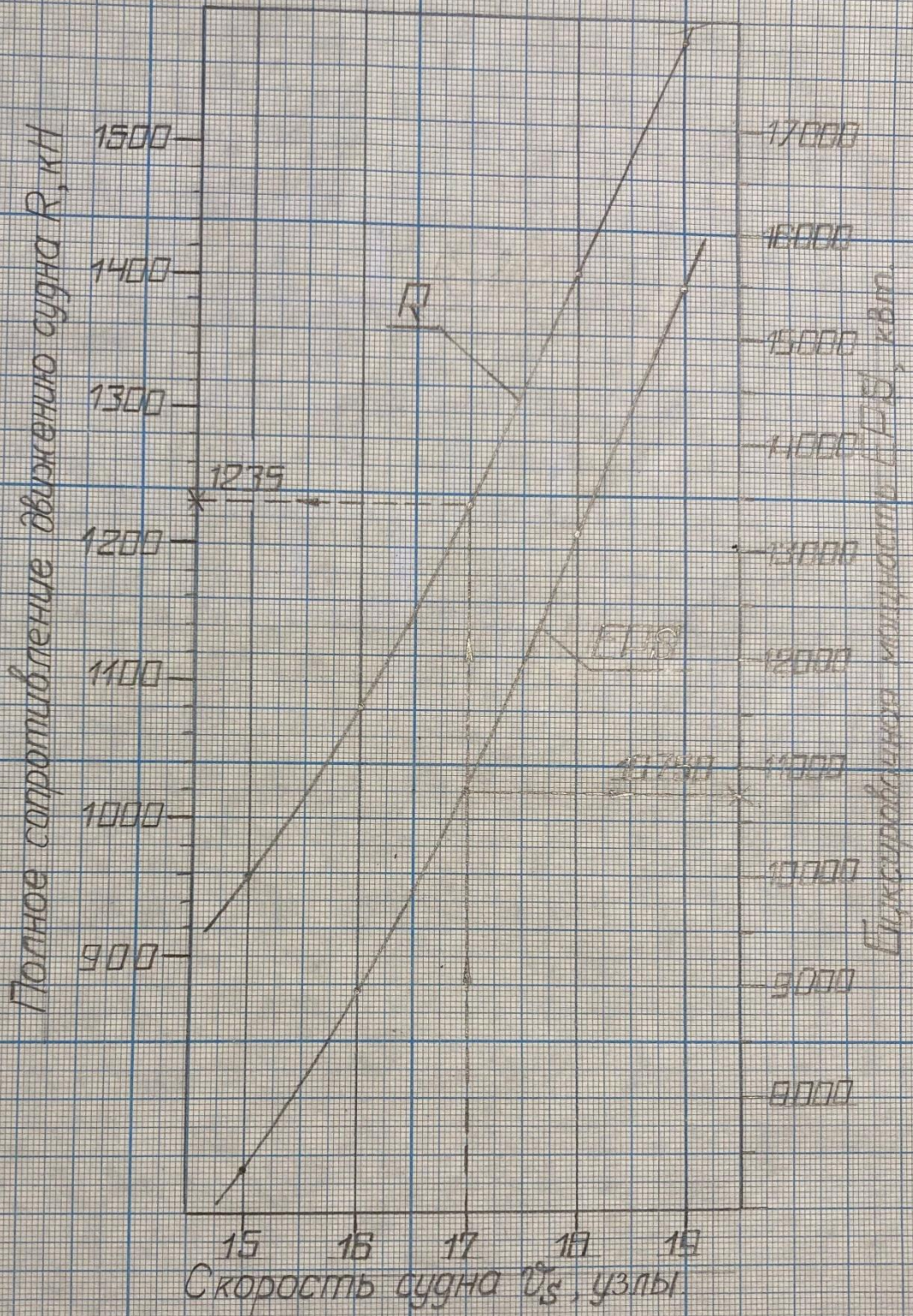


Рисунок 1.1 - Зависимость полного сопротивления движению судна R и буксировочной мощности EPS от скорости хода судна v_s .

2. ГЛАВНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

2.1 Расчет рабочего процесса

В результате расчета движительного комплекса к установке на судно в качестве главного принят малооборотный двухтактный крейцкопфный реверсивный двигатель с прямоточно-клапанной схемой газообмена и изобарной системой поддува типа «МАН – Б и В» серии 7S70МС производства фирмы «МАН Дизель и Турбо».

2.1.1 Исходные данные для расчета

Таблица 2.1

Параметры двигателя 7S70МС

Номинальная мощность	$Ne_{ном}$	17990 кВт
Частота вращения	$n_{ном}$	88 об/мин
Диаметр цилиндра	D	0,7 м
Ход поршня	S	2,674 м
Число цилиндров	i	7
Удельный эффективный расход топлива	g_e	0,175 кг/кВтч

Среднее эффективное давление:

$$p_e = \frac{2.4 \cdot Ne_{ном} \cdot t}{\pi \cdot D^2 \cdot S \cdot n \cdot i} = 17 \text{ бар.} \quad (2.1)$$

Средняя скорость поршня:

$$C_m = \frac{Sn}{30} = 7.8 \text{ м/с.} \quad (2.2)$$

В соответствии с ГОСТ Р53638, проектируемый двигатель имеет обозначение 4ДКРН 70/270.

В соответствии с методическими указаниями принимаем максимальное давление сгорания $p_z = 130$ бар.

При выборе действительной степени сжатия E_g , необходимо принимать во внимание, что для судовых дизелей из условия обеспечения надежного пуска $E_{gmin} = 10.5 \div 11.0$. В соответствии с методическими указаниями оценим ее по значениям $p_s = 3.3$ бар и $p_c = 105$ бар:

$$E_g = \exp[\ln(p_c/p_s)/1.36] = 12.8 \quad (2.3)$$

Для выполнения расчета принимаем $E_g = 13$.

Коэффициент остаточных газов для современных судовых МОД лежит в пределах $\gamma_r = 0.04 \div 0.08$. Принимаем $\gamma_r = 0.06$.

Для судовых двухтактных МОД характерны значения механического КПД в диапазоне $\eta_m = 0.88 \div 0.94$. С учетом уровня форсировки дизеля принимаем $\eta_m = 0.93$.

Топливо среднего состава с низшей теплотой сгорания $Q = 42700$ кДж/кг при массовом содержании углерода $C = 0.87$, водорода $H = 0.126$ и кислорода $O = 0.004$.

Геометрические параметры:

Фазы газораспределения принимаем по двигателю-прототипу:

- угол открытия выпускного клапана $\phi_b = 66^\circ$ п.к.в. до НМТ;

- угол закрытия выпускного клапана $\phi_a = 72^\circ$ п.к.в. после НМТ;

- угол открытия $\phi_d = 41^\circ$ п.к.в. до НМТ и - угол закрытия $\phi_e = 41^\circ$ п.к.в. после НМТ продувочных окон

Постоянная кривошипно-шатунного механизма:

$$\lambda_{ш} = \frac{r}{L_{ш}} = 0.45 \quad (2.4)$$

Где $r = s/2$, а $L_{ш}$ - длина шатуна (расстояние между центром мотылевой и рамовой шейками).

Коэффициенты потеряннного хода поршня:

$$\psi_b = \frac{S_b}{S}, \quad (2.5)$$

$$\psi_a = \frac{S_a}{S}, \quad (2.6)$$

$$\psi_{d,e} = \frac{S_{d,e}}{S}, \quad (2.7)$$

где:

S – ход поршня,

S_b, S_a и $S_{d,e}$ – расстояния при положении верхней кромки доньшка головки поршня до НМТ.

Расчет потерянного хода выполняем по формуле:

$$\psi_a = 1 - \frac{1}{2} \left[1 - \cos(180 - \varphi_a) + \frac{1}{2} \lambda_{ш} \cdot \sin^2(180 - \varphi_a) \right] = 0,243 \quad (2.8)$$

Подставляя в формулу φ_b и $\varphi_{d,e}$ соответственно получим $\psi_b = 0.202$ и $\psi_{d,e} = 0.074$.

2.1.2 Процесс наполнения

Согласно стандарту ISO принимаем:

- давление окружающей среды $p_0 = 1.0$ бар,
- температура окружающей среды $T_0 = 298$ К,
- относительная влажность $\psi_{mo} = 80\%$.

Температура воздуха в ресивере:

$$T_S = t_w + 273 + \Delta t_{в.о.} = 20 + 273 + 12 = 305 \text{ К} \quad (2.9)$$

где:

$$t_w = \frac{(t_{w1} + t_{w2})}{2} = 20^\circ\text{C} \quad (2.10)$$

- среднее значение температура забортной воды на входе и выходе из воздухоохладителя,

$\Delta t_{в.о.} = 10 \div 13^\circ\text{C}$ - минимальный температурный напор в воздухоохладителе.

Температурные смеси в начале сжатия (точка «а»):

$$T_a = \frac{T_S + \Delta t_{cm} + \gamma_r \cdot T_r}{1 + \gamma_r} = \frac{305 + 8 + 0.06 \cdot 770}{1 + 0.06} = 339 \text{ К}, \quad (2.11)$$

где:

$\Delta t_{cm} = 5 \div 10^\circ\text{C}$ - подогрев заряда от стенок цилиндра,

$T_r = 750 \div 800$ К – температура остаточных газов.

Коэффициент наполнения цилиндра свежим зарядом воздуха:

$$\eta_H = \frac{\varepsilon_g}{\varepsilon_g - 1} \cdot \frac{p_a}{p_s} \cdot \frac{T_s}{T_a} \cdot \frac{1}{1 + \gamma_r} \cdot (1 - \psi_a) =$$

$$= \frac{13}{12} \cdot 0,92 \cdot \frac{305}{339} \cdot \frac{1}{1 + 0,06} \cdot (1 - 0,243) = 0,72$$
(2.12)

где $p_a/p_s = \xi_{вп} = 0,90 \div 0,95$ – относительный перепад давления в продувочных окнах.

Полученное значение $\eta_H = 0,72$ соответствует рекомендованным пределам $\eta_H = 0,65 \div 0,75$.

Свежий заряд воздуха к моменту начала сжатия:

$$G_B = V_h \cdot \rho_S \cdot \eta_H = 1,03 \cdot 3,9 \cdot 0,72 = 2,9 \text{ кг},$$
(2.13)

где:

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} \cdot S = \frac{3,14 \cdot 0,7^2}{4} \cdot 2,674 = 1,03 \text{ м}^3,$$
(2.14)

$$\rho_S = \frac{R_B \cdot T_s \cdot g_{ц} \cdot G_0 \cdot \alpha}{V_h \cdot \eta_H \cdot 10^5} = \frac{287 \cdot 305 \cdot 0,09 \cdot 14,33 \cdot 2,2}{1,03 \cdot 0,72 \cdot 10^5} = 3,4 \text{ бар},$$
(2.15)

где:

$R_B = 287$ Дж/кгК – газовая постоянная для воздуха,

$\alpha = 1,9 \div 2,2$ – коэффициент избытка воздуха при сгорании,

$G_0 = 14,33$ кг – масса воздуха, теоретически необходимая для сгорания 1 кг топлива среднего состава,

$$g_{ц} = \frac{g_e \cdot Ne_{ном} \cdot m}{60i \cdot n} = \frac{0,175 \cdot 17990 \cdot 1}{60 \cdot 7 \cdot 88} = 0,09 \text{ кг/цикл}$$
(2.16)

- цикловая подача топлива.

Давление в цилиндре к моменту начала сжатия (точка «а»):

$$p_a = \xi_{вп} \cdot \rho_S = 0,92 \cdot 3,4 = 3,13 \text{ бар}.$$
(2.17)

Для окончательной проверки правильности расчета определим расчетный коэффициент избытка воздуха при сгорании:

$$\alpha_{расч} = \frac{G_B}{g_{ц} \cdot G_0} = \frac{2,9}{0,09 \cdot 14,33} = 2,2.$$
(2.18)

Значение $\alpha_{расч} = 2,2$ равно величине, принятой ранее в расчетах, и соответствует допустимым пределам ($\alpha = 1,9 \div 2,2$) для судовых МОД. Поэтому

полученные параметры процесса наполнения цилиндра принимаем как окончательные.

2.1.3 Процесс сжатия

Показатель политропы сжатия n_1 для малооборотных дизелей находится в пределах $n_1 = 1.34 \div 1.36$. При его выборе следует исходить из интенсивности теплообмена между зарядом воздуха и стенками цилиндра в процессе сжатия, условий охлаждения поршня, размеров D и S и частоты вращения ГД. Принимаем $n_1 = 1.35$.

Давление и температура в конце сжатия:

$$\rho_c = \rho_a \cdot \varepsilon_g^{n_1} = 3.13 \cdot 13^{1.35} = 103 \text{ бар} \quad (2.19)$$

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon_g^{n_1 - 1} = 832 \text{ К.} \quad (2.20)$$

Степень повышения давления:

$$\lambda = \frac{\rho_z}{\rho_c} = \frac{130}{103} = 1.26, \quad (2.21)$$

что практически совпадает по значению с $\lambda = 103/105 = 1,24$ двигателя-прототипа. Поэтому нет необходимости корректировать принятую в расчет степень сжатия $\varepsilon_g = 13$.

2.1.4 Процесс сгорания

Коэффициент использования теплоты $\xi_z = 0.92$ принимаем по верхнему пределу, так как для современных высокоэкономичных МОД характерна малая продолжительность сгорания топлива.

В принятой схеме по методу Гринивецкого-Мазинга определяем температуру T_z и объем V_z в точке «z» расчетного цикла.

Величина максимального давления сгорания $\rho_z = 130$ бар принята в соответствии с двигателем-прототипом.

Химический β_0 и действительный коэффициенты молекулярного изменения:

$$\beta_0 = 1 + \frac{8H + O}{32\alpha L_0} = \frac{8 \cdot 0.126 + 0.004}{32 \cdot 2.2 \cdot 0.495} = 1.03, \quad (2.22)$$

где:

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) = \frac{1}{0,21} \left(\frac{0,87}{12} + \frac{0,126}{4} - \frac{0,004}{32} \right) \quad (2.23)$$

- теоретически необходимая масса воздуха для сжигания 1 кг топлива среднего состава.

$$\beta = \frac{\beta_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r} = \frac{1,03 + 0,06}{1 + 0,06} = 1,028. \quad (2.24)$$

Средняя молярная изохорная теплоемкость в точке «С»:

$$\bar{C}_{VC} = 20 + 0,0024T_C = 20 + 0,0024 \cdot 832 = 22 \frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}} \quad (2.25)$$

Теплоемкость в конце сгорания определяем с учетом изменения состава рабочего тела в конце сгорания:

$$\begin{aligned} \bar{C}_{VZ} &= (1 - 1/\alpha)(20 + 0,0024T_Z + \left(\frac{1}{\alpha}\right)(21,5 + 0,0035T_Z)) = \\ &= 20,69 + 0,00271T_Z. \end{aligned} \quad (2.26)$$

Температуру T_Z рассчитываем по уравнению сгорания:

$$\frac{\xi_z \cdot Q_H}{\alpha + L_0(1 + \gamma_r)} + (\bar{C}_{VC} + 8,314\lambda) \cdot T_C = \beta(\bar{C}_{VZ} + 8,314)T_Z. \quad (2.27)$$

Левая часть уравнения после подстановки параметров дает число:

$$\begin{aligned} &\frac{\xi_z \cdot Q_H}{\alpha + L_0(1 + \gamma_r)} + (\bar{C}_{VC} + 8,314\lambda) \cdot T_C = \\ &= \frac{0,92 \cdot 42700}{2,2 \cdot 0,495 \cdot (1 + 0,06)} + (22 + 8,314 \cdot 1,26) \cdot 832 = \\ &= 61539 \end{aligned} \quad (2.28)$$

Правая часть уравнения после подстановки параметров:

$$\begin{aligned} \beta(\bar{C}_{VZ} + 8,314)T_Z &= 1,028(20,69 + 0,00271 \cdot T_Z + 8,314)T_Z \\ &= (29,816 + 0,0028T_Z)T_Z \end{aligned} \quad (2.29)$$

Окончательно уравнение сгорания примет вид:

$$(29,816 + 0,0028T_Z)T_Z = 61539 \quad (2.30)$$

Приведем уравнение к виду:

$$T_Z = \frac{61539}{29,816 + 0,0028T_Z} \quad (2.31)$$

и решим его методом последовательных приближений.

Решение:

подставив $T_Z = 1800$ К, получим $T_Z = 1766$ К;

подставив $T_Z = 1766$ К, получим $T_Z = 1770$ К;

подставив $T_Z = 1770$ К, получим $T_Z = 1770$ К.

Полученное значение $T_Z = 1770$ К лежит в рекомендованных пределах (1700÷1900) К.

Объем в точке «Z» определим из уравнения состояния рабочего тела для начальной и конечной точек процесса сгорания:

$$\rho = \frac{\beta}{\lambda} \cdot \frac{T_Z}{T_C} = \frac{1.028 \cdot 1770}{1.26 \cdot 832} = 1.73. \quad (2.32)$$

Объем рабочего тела в точке «C»:

$$V_C = \frac{V'_h}{\varepsilon_g - 1} = \frac{V_h(1 - \psi_a)}{\varepsilon_g - 1} = \frac{1.03(1 - 0.243)}{13 - 1} = 0.065 \text{ м}^3. \quad (2.33)$$

Объем рабочего тела в точке «Z»:

$$V_Z = \rho V_C = 1.73 \cdot 0.065 = 0.112 \text{ м}^3. \quad (2.34)$$

2.1.5 Процесс расширения

Показатель политропы расширения газов в цилиндре n_2 для судовых МОД находится в пределах $n_2 = 1,22 \div 1,27$ и зависит от интенсивности теплообмена газообмена газов со стенками цилиндра и внутреннего теплопритока при сгорании топлива на линии расширения. Принимаем $n_2 = 1,25$.

Задачей расчета является определение давления и температуры рабочего тела в конце расширения.

Для расчетного цикла принимаем:

$$V_b^{\text{расч}} = V_a = \varepsilon_g V_C = 13 \cdot 0.065 = 0.845 \text{ м}^3. \quad (2.35)$$

В действительном цикле из-за несимметричного газообмена:

$$V_b = V_C + V_h(1 - \psi_b) = 0.065 + 1.03(1 - 0.202) = 0.884 \text{ м}^3 \quad (2.36)$$

Определив степень последующего расширения рабочего тела в расчётном цикле:

$$\delta = V_b^{\text{расч}} / V_z^{\text{расч}} = 0.845 / 0.112 = 7.54 \quad (2.37)$$

и параметры в точке « $b^{\text{расч}}$ », получим:

$$p_b^{\text{расч}} = \frac{p_z}{\delta^{n_2}} = \frac{130}{7.54^{1.25}} = 10.4 \text{ бар}, \quad (2.38)$$

$$T_b^{\text{расч}} = \frac{T_z}{\delta^{n_2-1}} = \frac{1770}{7.54^{0.25}} = 1066 \text{ К} \quad (2.39)$$

Действительные параметры рабочего тела в момент открытия выпускного клапана:

$$p_b = p_z \left(\frac{V_z}{V_b} \right)^{n_2} = 130 \left(\frac{0.112}{0.884} \right)^{1.25} = 9.83 \text{ бар} \quad (2.40)$$

$$T_b = T_z \left(\frac{V_z}{V_b} \right)^{n_2-1} = 1770 \left(\frac{0.112}{0.884} \right)^{0.25} = 1056 \text{ К}. \quad (2.41)$$

Полученные параметры находятся в допустимых пределах для современных высокофорсированных дизелей: $p_b = 9 \div 12$ бар и $T_b = 900 \div 1100$ К.

2.1.6 Определение индикаторных и эффективных показателей

Среднее индикаторное давление расчетного цикла:

$$p_i^{\text{расч}} = \frac{p_c}{\varepsilon_g - 1} \left[\lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda\rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon_g^{n_1-1}} \right) \right] = 23.4 \text{ бар} \quad (2.42)$$

Предполагаемое значение среднего индикаторного давления при несимметричном цикле рассчитываем по формулам:

$$p_i = p_i^{\text{расч}} (1 - \psi_a) + \Delta p_i = 23.4(1 - 0.243) + 0.283 = 18 \text{ бар}, \quad (2.43)$$

здесь:

$$\Delta p_i = \left[\frac{p_b^{\text{расч}} + p_b}{2} - p_a \right] (\psi_a - \psi_b) = 0.283 \text{ бар}. \quad (2.44)$$

$$\text{Индикаторная мощность: } N_i = \frac{10V_h}{6m} i \cdot p_i \cdot n = 19034 \text{ кВт} \quad (2.45)$$

Индикаторный КПД:

$$\eta_i = \frac{100 \cdot p_i \cdot V_h}{g_i \cdot Q_H} = 0,5 \quad (2.46)$$

Удельный индикаторный расход топлива:

$$g_i = \frac{3600}{\eta_i \cdot Q_H} = 0.168 \text{ кг/кВт} \cdot \text{ч.} \quad (2.47)$$

Значения эффективных энергетических и экономических показателей определяем с учетом приятного механического КПД $\eta_m = 0.93$:

$$N_e = N_i \eta_m = 17702 \text{ кВт}, \quad (2.48)$$

$$p_e = p_i \eta_m = 16.74 \text{ бар}, \quad (2.49)$$

$$g_e = \frac{g_i}{\eta_m} = 0.180 \text{ кг/кВт} \cdot \text{ч.} \quad (2.50)$$

Отклонения расчетных параметров от их заданных значений:

$$\Delta N_e = \frac{N_e - N_{e\text{зад}}}{N_{e\text{зад}}} \cdot 100\% = -1,6\%, \quad (2.51)$$

$$\Delta p_e = \frac{p_e - p_{e\text{зад}}}{p_{e\text{зад}}} \cdot 100\% = -1,5\%, \quad (2.52)$$

$$\Delta g_e = \frac{g_e - g_{e\text{зад}}}{g_{e\text{зад}}} \cdot 100\% = 2,85\%. \quad (2.53)$$

Полученные в результате расчета значения параметров N_e , p_e , g_e не превышают допустимые отклонения $\Delta = \pm 3,5\%$ и поэтому они принимаются как окончательные.

Массовый часовой расход топлива среднего состава:

$$G_{гд} = N_e g_e = 3186 \text{ кг/ч.} \quad (2.54)$$

2.1.7 Построение индикаторной диаграммы

С учетом размещения графика на листе формата А4, выбираем масштабы по давлению $m_p = 1 \text{ мм/бар}$, по объему $m_v = 200 \text{ мм/м}^3$.

Для построения диаграммы рассчитываем ординаты точек политроп сжатия и расширения по следующим формулам:

$$p_{сж} = p_c / (V/V_C)^{n_1} \quad (2.55)$$

$$p_{расш} = p_z / (V/V_z)^{n_2} \quad (2.56)$$

Исходя из принятого масштаба, величина объемов в характерных точках диаграммы в масштабе чертежа составит:

$$\bar{V}_h = V_h \cdot m_V = 206 \text{ мм}, \quad (2.57)$$

$$\bar{V}_c = V_c \cdot m_V = 13 \text{ мм}, \quad (2.58)$$

$$\bar{V}_z = V_z \cdot m_V = 22.4 \text{ мм}, \quad (2.59)$$

$$\bar{V}_a = V_a \cdot m_V = 169 \text{ мм}, \quad (2.60)$$

$$\bar{V}_b = V_b \cdot m_V = 176.8 \text{ мм}, \quad (2.61)$$

$$\bar{V}_f = V_f \cdot m_V = 219 \text{ мм}. \quad (2.62)$$

Объемы цилиндра для построения на диаграмме участков газообмена в масштабе чертежа:

$$\overline{V''_{ha}} = V_h \cdot \psi_a \cdot m_V = 50 \text{ мм}, \quad (2.63)$$

$$\overline{V''_{hb}} = V_h \cdot \psi_b \cdot m_V = 42 \text{ мм}, \quad (2.64)$$

$$\overline{V''_{hd}} = V_h \cdot \psi_d \cdot m_V = 15 \text{ мм}. \quad (2.65)$$

По характерным точкам диаграммы и результатам таблицы 2.2 на рисунке 2.1 выполнено построение индикаторной диаграммы. Рассчитанное по индикаторной диаграмме среднее индикаторное давление составит:

$$p_{ig} = \frac{F_g}{l_g} \cdot m_p = \frac{4260}{206} \cdot 1 = 20.7 \text{ бар}, \quad (2.66)$$

где:

$F_g = 4260 \text{ мм}^2$ – площадь диаграммы,

$l_g = 206 \text{ мм}$ – длина диаграммы.

Отклонение от расчетного значения:

$$\delta_{p_i} = \frac{p_{ig} - p_i}{p_i} \cdot 100\% = 1,5\%. \quad (2.67)$$

Таблица 2.2

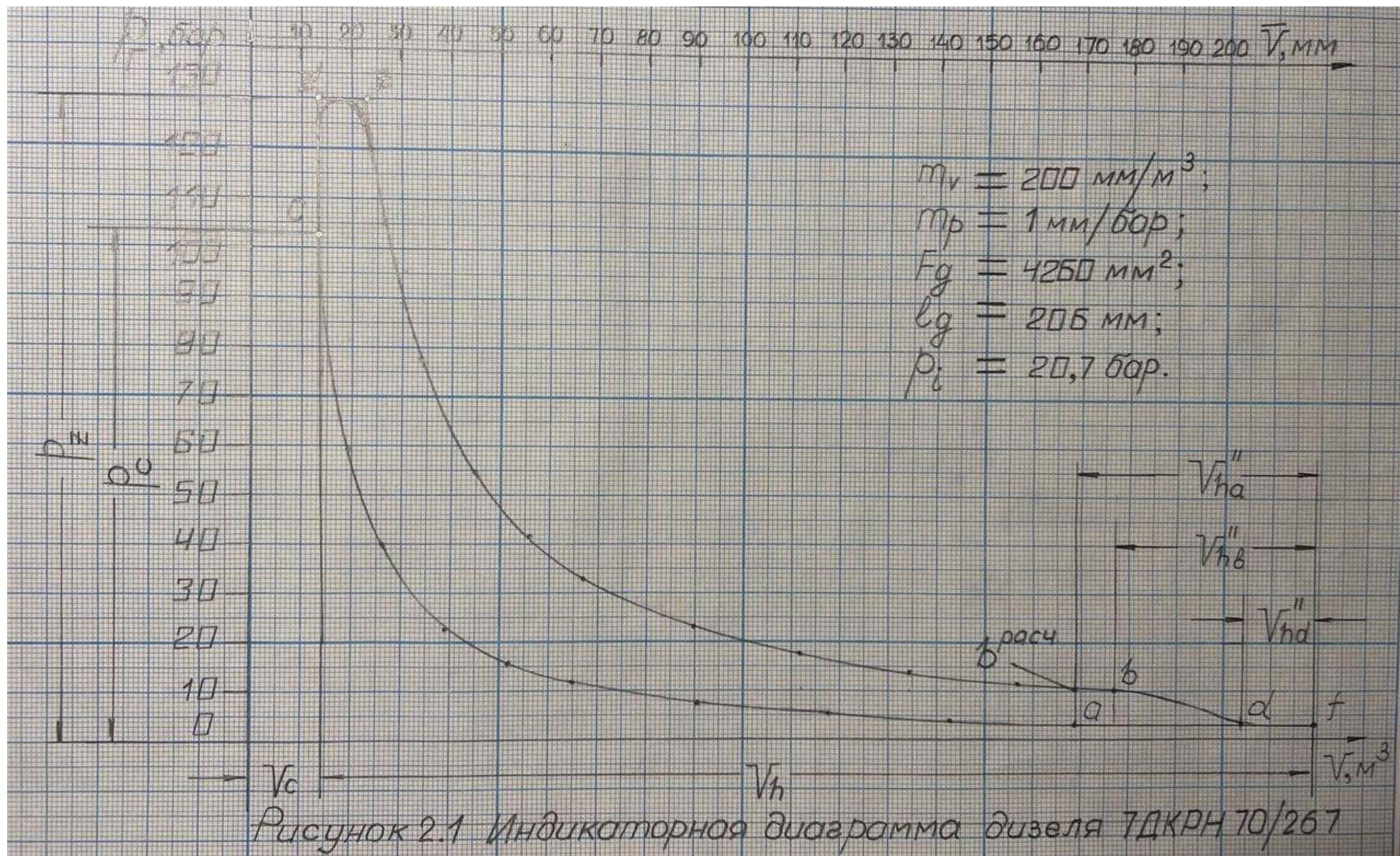
Расчет политроп сжатия и расширения теоретической индикаторной диаграммы

а) Расчет политропы сжатия

Расчетная точка		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V/V_C		1(c)	1,5	2	3	4	5	7	9	11	13(a)
V	м ³	0,065	0,097	0,130	0,195	0,260	0,325	0,455	0,585	0,715	0,845
	мм	13,0	19,4	26,0	39,0	52,0	65,0	91,0	117,0	143,0	169,0
p	бар	103	59,4	40,3	23,3	15,8	11,7	7,4	5,3	4,0	3,13
	мм	103	59,4	40,3	23,3	15,8	11,7	7,4	5,3	4,0	3,13

а) Расчет политропы расширения

Расчетная точка		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V/V_Z		1(z)	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	7,5(a)
V	м ³	0,112	0,168	0,224	0,280	0,336	0,448	0,560	0,672	0,784	0,845
	мм	22,4	33,6	44,8	56,0	67,2	89,6	112,0	134,4	156,8	169,0
p	бар	130	78,3	54,6	41,4	32,9	23,0	17,4	13,8	11,4	10,4
	мм	130	78,3	54,6	41,4	32,9	23,0	17,4	13,8	11,4	10,4



2.2 Описание конструкции главного двигателя

В соответствии с результатами расчет движительного комплекса к установке на судно в качестве главного был принят однорядный семицилиндровый двухтактный крещкопфный реверсивный двигатель правого вращения с прямоточно-клапанной схемой газообмена при постоянном давлении газов перед турбиной ГТН производства объединенной фирмы «МАН Дизель и Турбо» типа «МАН БиВ» серии 7S70MC.

Двигатель имеет увеличенное до 3,82 отношение $S/D = 2674/700$, что для сохранения требуемой для тихоходных дизелей скорости поршня C_m меньше 8 м/с, потребовало снизить частоту вращения коленчатого вала до $n = 88$ об/мин. При этом средняя скорость поршня составила:

$$C_m = \frac{S \cdot n}{30} = \frac{2674 \cdot 88}{30} = 7.8 \text{ м/с.} \quad (2.68)$$

Фундаментальная рама двигателя сварной конструкции коробчатой формы с цельнолитыми поперечными балками и с закрепленными в них стальными стульями под рамовые подшипники.

Станина двигателя состоит из «А»-образных стоек сварной конструкции, соединенных между собой толстыми стальными листами, на которых расположены двери картера с вмонтированными в них предохранительными клапанами и смотровыми лючками. По высоте стоек проходят трубы под анкерные связи.

Блок цилиндров состоит из чугунных рубашек, соединенных между собой болтами.

Блок цилиндров, станина и фундаментальная рама образуют единый остов двигателя, благодаря длинным анкерным связям, проходящим от верхней плоскости фундаментальной рамы. Анкерные связи разгружают элементы остова от напряжений растяжения и изгиба. Анкерные связи, обычно, затягивают с усилием в 1,5 раза превышающим максимальное давления сгорания в цилиндрах. Равномерная затяжка анкерных связей производится с

использованием гидравлических приспособлений, согласно инструкции завода-изготовителя дизеля.

Коленчатый вал двигателя составной, то есть рамовые и мотылевые шейки запрессованы в щеки. Масло поступает к рамовым подшипникам от маслоразводящего коллектора под давлением 0,25 МПа, регулируемым редукционным клапаном. На смазку головных подшипников, параллелей крейцкопфа, мотылевых подшипников и на охлаждение поршня, масло под давлением в 0,4 МПа поступает к крейцкопфу от общего маслораспределительного коллектора по телескопической трубе.

Поршень двигателя имеет стальную головку, выполненную из молибденовой жаростойкой, стали, и очень короткий чугунный тронк. Для снижения деформаций днища поршня, возникающих от давления газов, фирма использовала опорный стакан, диаметр которого составляет 0,7 диаметра цилиндра. Этим достигается равновесие сил давления газов на центральную и периферийную поверхности днища поршня, позволяющей уменьшить изгибающие напряжения в месте перехода днища в боковые стенки.

В связи с периферийным расположением трех форсунок, днище поршня имеет сферическую форму. Равномерный обдув днища поршня холодным воздухом при продувке, позволил сохранить масляное охлаждение, применение которого значительно упрощает конструкцию и эксплуатацию двигателя. Подвод охлаждающего масла в поршень из поперечного крейцкопфа осуществляется по кольцевому зазору между стенкой сверления в штоке поршня и вставной маслоотводящей трубы. Отработавшее масло из головки поршня сливается по трубе, расположенной внутри штока. Из трубы масло поступает в канал поперечины крейцкопфа, соединенный с гуськом, свободный конец которого ходит в прорези неподвижной отводящей трубы, а затем в сточную (сборную) масляную цистерну.

Использование прямоточно-клапанной схемы продувки дало возможность применять простую осесимметричную конструкцию цилиндровой втулки, в нижней части которой равномерно по окружности расположено 20 продувочных

окон. Окна имеют наклон под углом $\beta = 17^\circ$ к радиусу втулки, что создает закручивание потока воздуха, поступающего в цилиндр. Это, в свою очередь, улучшает очистку цилиндра от продуктов сгорания с минимальным перемешиванием продувочного воздуха и остаточных газов, а также улучшает смесеобразование в камере сгорания, так как вращение воздушного заряда сохраняется в момент впрыска топлива. Простейшая конфигурация втулки, как показали заводские испытания, обеспечивает ей равномерное распределение температуры в поперечном сечении и по высоте, что вызывает незначительные износы при небольших расходах цилиндровой смазки. Втулка цилиндра чугунная цельнолитая.

Крышка цилиндра стальная ковкая и имеет систему сверленных каналов для охлаждения. Охлаждающая вода из крышки поступает в корпус выпускного клапана, а затем в сливной коллектор.

Продувка цилиндра осуществляется с использованием одного клапана большого диаметра, расположенного в центре крышки. Конусообразная поверхность днища крышки позволила вынести камеру сгорания вверх и закрыть область стыка крышки и втулки от действия горячих газов поршнем при его положении в ВМТ.

Выпускной клапан цилиндра имеет гидравлический привод от гидротолкателя – скальчатого поршневого полюса, получающего привод от кулачковой шайбы, расположенной на распределительном валу двигателя. На штоке клапана расположена крылатка – импеллер, обеспечивающая проворачивание клапана в процессе работы двигателя, что повышает качество сопряжения посадочного пояса тарелки клапана и охлаждаемого седла. Также на штоке клапана монтируется пневматический поршень, способствующий четкому закрытию клапана (посадке на седло). Давление воздуха в системе $0,5 \div 0,7$ МПа.

Топливные насосы высокого давления – золотникового типа с регулированием по концу подачи. Однако, для изменения угла опережения подачи топлива в диапазоне $75 \div 100\%$ нагрузки, насос имеет опциональный

механизм ВПТ, позволяющий поддерживать максимальное давление сгорания p_z на постоянном уровне и снизить удельный расход топлива на $2\div 4$ г/кВтч.

Для привода толкателей ТНВД и выпускных клапанов используется один и тот же распределительный вал.

Двигатель имеет одноступенчатую систему газотурбинного наддува с постоянным давлением газа перед турбинами газотурбонагнетателей.

Диффузоры большого сечения, установленные в коллекторе на выпускных патрубках цилиндров, дали возможность снизить давление в цилиндре к началу продувки и способствуют постоянству параметров газа перед турбинами.

Использование двух дополнительных автономных электровоздуходувок обеспечивает требуемый расход воздуха на маневрах при пусках и на режимах самого малого и малого ходов судна, улучшая приемлемость двигателя и исключая его дымление. При работе двигателя обе вспомогательные воздуходувки запускаются автоматически каждый раз, когда нагрузка двигателя снижается до 30% и продолжают работать до тех пор, пока нагрузка вновь не превысит 30%. Воздуходувки снабжены электродвигателями закрытого исполнения с охлаждением от вентилятора.

Для циркуляционной системы смазки дизелей модельного ряда «МС» могут быть рекомендованы отечественные масла марок М10Г₂ЦС или М10В₂, а также зарубежные – SAE30, Mobil DTE или ВР Энергол.

Марки масел для смазки цилиндров рекомендуется выбирать по рекомендациям завода-строителя дизеля с учетом сорта топлива, принятого в бункер.

Из отечественных масел может быть рекомендовано масло марки М16Е30, а из зарубежных – марки типа SAE, Кастрол или Мобильгард.

Проектируемый двигатель допускает работу на дистиллятных и вязких сортах топлива или их смесях.

При принятии на борт топливного бункера необходимо учитывать, что в открытых морях может быть использовано любое топливо с содержанием серы

по массе до 0,5%, а в районах контроля выбросов в портах разрешена работа дизелей на топливах с содержанием серы по массе до 0,1%.

Из отечественных легких сортов топлива к использованию рекомендуются топлива марок Л, З, ЗС и А, которые по содержанию делятся на две подгруппы, а именно на подгруппу I с содержанием серы меньше 0,2% и на подгруппу II с содержанием серы от 0,2 до 0,5%.

Из отечественных тяжелых сортов может быть использован малосернистый топочный мазут марки 40 (содержащий серу порядка 0,5% и с максимумом до 1%) и малосернистые топливо марки ДТ с содержанием серы менее 0.5% .

2.3 Выбор типа утилизационного и вспомогательного котла.

Специальной расчёт паропроизводительности утилизационного и вспомогательного котлов не выполнялся.

Паропроизводительность утилизационного котла выполняем по выражению

$D_{ук} = d_{ук} \cdot N_{егд}$, где:

$D = 0,3 \div 0,6 \text{ кг}\backslash\text{кВт}\cdot\text{ч}$ – удельная паропроизводительность утилизационного котла, которая назначается в соответствии с судном – прототипом при его работе на режиме полного хода судна в грузу. Принимаем $d_{ук} = 0,45 \text{ кг}\backslash\text{кВт}\cdot\text{ч}$.

$N_{егд} = 17702 \text{ кВт}$ – расчётная номинальная мощность двигателя

Тогда $d_{ук} = 0,45 \cdot 17702 = 7966 \text{ кг}\backslash\text{ч}$

К установке на судно принимаем отечественный водотрубный котел с принудительной циркуляцией типа КУП – 1100 с давлением пара $p_p = 0,7 \text{ Мпа}$ и паропроизводительностью $D_{ук} = 9200 \text{ кг}\backslash\text{ч}$.

В качестве вспомогательного котла к установке на судно принимаем автоматизированный вспомогательный котел типа КАВ 10\16 паропроизводительностью $D_{вк} = 10000 \text{ кг}\backslash\text{ч}$ и давлением пара $P_{вк} = 1,7 \div 1,3 \text{ Мпа}$

3. РАСЧЕТ НАГРУЗКИ СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

На морском судне, в соответствии с Правилами Российского Морского Регистра Судоходства (РМРС), должно быть предусмотрено не менее двух источников электроэнергии.

При этом, выбор количества и мощности этих источников определяется режимами работы силовой установки и судна в целом на ходу, маневрах и на стоянке.

На проектируемом судне используется для силовых потребителей переменный трехфазный ток напряжением 380 В, для освещения – 220 В, а для переносного инструмента и осветительных переносных ламп, соответственно, напряжением 24 В и 12 В.

По сравнению с постоянным, переменный ток имеет ряд существенных преимуществ:

- более высокая экономичность силовой установки, обусловленная более высоким КПД машин переменного тока,
- меньший вес электрооборудования,
- электродвигатели переменного тока конструктивно проще, компактнее, и дешевле в изготовлении,
- высокая надежность электрооборудования вследствие отсутствия коллекторно-щеточного аппарата,
- простота в обслуживании электродвигателей и генераторов,
- переменный ток легко трансформируется,
- имеет лучшую приспособленность к автоматизации судового оборудования.

Распределение электроэнергии по судну осуществляется по фидерным групповым системам, где силовые потребители питаются током 380 В непосредственно с главного распределительного щита, а бытовые приборы, сети освещения и камбузное оборудование – током с напряжением 220 В и частотой 50 Гц от понижающих трансформаторов.

Штурманское оборудование и радиостанция, работающие на токе другой частоты, получают питание через преобразователи.

Кроме того, при комплектации электростанции источниками электроэнергии, должен обеспечиваться аварийный режим работы судна при выходе из строя основных источников.

Мощность аварийного источника электроэнергии должна обеспечить питание систем, необходимых для движения и безопасности судна в ходовом и аварийных режимах.

На судах грузоподъемностью выше 300 регистровых тонн должен быть предусмотрен аварийный источник электроэнергии. Как правило, таким источником служит аварийный дизель-генератор, который располагают выше уровня главной палубы.

3.1 Расчет мощности электростанции на ходовом режиме работы судна

В соответствии с правилами РМРС, средняя мощность электростанции без учета периодически работающих потребителей составит:

$$P_{\text{ср.х.}} = 18 + 0,0285 \cdot Ne_{\text{ГД}} = 18 + 0,0285 \cdot 17990 = 530 \text{ кВт} \quad (3.1)$$

Мощность электростанции на ходовом режиме с учетом работы бытовых потребителей:

$$P_{\text{хр}} = P_{\text{ср.х.}} + P_{\text{б.п.}} = 530 + 225 = 755 \text{ кВт}, \quad (3.2)$$

где

$$\begin{aligned} P_{\text{б.п.}} &= P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 \\ &= 35 + 30 + 25 + 10 + 79 + 46 = 225 \text{ кВт} \end{aligned} \quad (3.3)$$

- суммарная расчетная мощность для обеспечения работы:

$P_1=35$ кВт – камбуза,

$P_2=30$ кВт – вентиляции,

$P_3=25$ кВт – системы кондиционирования,

$P_4=10$ кВт – для работы радио и навигационных приборов,

$$P_5 = \frac{1}{\eta} \left(8 + 0,56 \frac{v}{1000} \right) = \frac{1}{0,7} \left(8 + 0,56 \frac{84305}{1000} \right) = 79 \text{ кВт} \quad (3.4)$$

(где $\eta = 0,7$ – коэффициент загрузки сети освещения, а $v = 84305 \text{ м}^3$ – объемное водоизмещение судна),

$P_6 = 46 \text{ кВт}$ – мощность периодически включаемых потребителей.

3.2 Расчет мощности электростанции на маневрах судна

$$\begin{aligned} P_M &= P_{\text{хр}} + (P_{\text{бр}} + P_{\text{км}}) \cdot 0,8 + P_{\text{пу}} = \\ &= 755 + (124 + 12,5) \cdot 0,8 + 532 = 1396 \text{ кВт}, \end{aligned} \quad (3.5)$$

где:

$P_{\text{бр}}$, $P_{\text{км}}$ и $P_{\text{пу}}$ – соответственно мощности потребляемые электродвигателями брашпиля, компрессора пускового воздуха и подруливающего устройства.

3.2.1 Расчет мощности электродвигателя брашпиля

Исходя из требований РМРС и документации судна-прототипа, принимаем для судна два основных (рабочих) и один запасной якоря весом $G_{\text{я}} = 4000 \text{ кг}$ каждый.

Якорный механизм должен развивать мощность достаточную для подъема одного якоря со скоростью 9 м/мин. Время работы брашпиля в этом режиме без перерыва должно составлять не менее 30 минут.

Мощность электродвигателя брашпиля рассчитывается из следующих соображений:

- одновременный подъем двух якорей со средней скоростью 6 м/мин с глубины 100 метров,

- отрыв одного якоря от грунта со скоростью 11 м/мин при длине вытравленной цепи $L_{\text{я}} = 100 \text{ м}$.

Для расчета тягового усилия на звездочке брашпиля РМРС рекомендуется формула:

$$T_3 = 36,8 \cdot d_{\text{ц}}^2 = 36,8 \cdot 70^2 = 180320 \text{ Н}, \quad (3.6)$$

где $d_{\text{ц}} = 70 \text{ мм}$ – калибр якорной цепи.

При подъеме двух якорей усилие на звездочке составит:

$$T_3 = 2,36(G_{\text{я}} + R_{\text{я}} \cdot L_{\text{я}}) = 2,36(4000 + 106,8 \cdot 100) = 339865 \text{ Н}, \quad (3.7)$$

где:

$$R_{\text{я}} = 0,0218 \cdot d_{\text{ц}}^2 = 106,8 \text{ кг}, \quad (3.8)$$

- масса погонного метра якорной цепи,

$L_{\text{я}} = 100$ м – длина якорной цепи.

При отрыве якоря от грунта, якорный механизм (за счет выворачивания якоря из грунта) испытывает максимальную нагрузку, преодолевая массы якоря, цепи и силу сцепления якоря с грунтом:

$$T_{\text{max}} = T_3 + \frac{2,87G_{\text{я}}}{\eta_{\text{к}}} = 330478 \text{ Н}. \quad (3.9)$$

Максимальный расчетный момент на валу цепной звездочки:

$$M_{\text{max}} = T_{\text{max}} \cdot R_3 = 189033 \text{ Нм}, \quad (3.10)$$

где $R_3 = 0,572$ м – радиус цепной звездочки.

Момент на валу электродвигателя при максимальной расчетной нагрузке:

$$M_{\text{кmax}} = \frac{M_{\text{max}}}{i_{\text{ям}} \cdot \eta_{\text{ям}}} = \frac{189033}{23 \cdot 0,62} = 13256 \text{ Нм}, \quad (3.11)$$

где:

$i_{\text{ям}} = 23$ – передаточное число якорного механизма,

$\eta_{\text{ям}} = 0,62$ – КПД якорного механизма.

При выборе электродвигателя переменного тока следует ориентироваться на значение его пускового момента $M_{\text{п}}$, который должен быть несколько больше $M_{\text{кmax}}$.

$$M_{\text{п}} = 1,25M_{\text{кmax}} = 16570 \text{ Нм}. \quad (3.12)$$

Если принять рекомендованную среднюю скорость выбираемого якоря $v_{\text{я}} = 11$ м/мин, то номинальная частота вращения вала электродвигателя составит:

$$n_{\text{ном}} = \frac{v_{\text{я}}}{2\pi R_3} = 70,4 \text{ об/мин}. \quad (3.13)$$

Расчетная мощность электродвигателя брашпиля составит:

$$P_{\text{бр}} = \frac{M_{\text{П}} \cdot n_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ЭД}} \cdot 9590} = 124 \text{ кВт.} \quad (3.14)$$

3.2.2 Расчет мощности электродвигателя компрессора пускового воздуха

Сжатый воздух для пуска дизелей по Правилам Регистра должен храниться не менее, чем в двух баллонах.

Запас его должен быть достаточен для обеспечения, как минимум, $z = 12$ пусков главного двигателя СЭУ. Из одного из них можно расходовать воздух только на пуск и реверсирование ГД, а из второго, кроме пуска ГД, воздух может расходоваться на судовые нужды, например, на средства автоматики, тифон и т.п. Как правило, оба баллона имеют одинаковую конструкцию и вместимость.

Производительность каждого из двух (основного и резервного) главных компрессоров пускового воздуха должна быть достаточной для заполнения обоих баллонов от давления в них от 0.5 МПа до 3.0 МПа в течение одного часа.

Объем свободного воздуха при параметрах $p_0 = 0.101 \text{ МПа}$ и $T_0 = 293 \text{ К}$ необходимого для одного пуска двигателя составит:

$$\begin{aligned} v_1 &= 1000 \cdot q_1 \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot S \cdot i = 1000 \cdot 5 \cdot \frac{3.14 \cdot 0.7^2}{4} \cdot 2.674 \cdot 7 \\ &= 36000 \text{ л,} \end{aligned} \quad (3.15)$$

где $q_1 = 4 \div 6$ литров – расход пускового воздуха с параметрами p_0 и T_0 на 1 литр рабочего объема цилиндра (задается в ТУ на поставку дизеля).

Емкость одного баллона пускового воздуха ГД составит:

$$V = \frac{v_1 \cdot z \cdot p_0 \cdot 10^{-3}}{p_1 - p_2} = \frac{36000 \cdot 12 \cdot 0.101 \cdot 10^{-3}}{3.0 - 1.0} = 21.8 \text{ м}^3, \quad (3.16)$$

где p_1 и p_2 – соответственно максимальное и минимальное давления в баллонах.

Принимаем объем одного пускового баллона $V_6 = 22 \text{ м}^3$. Таким образом, суммарный объем пускового воздуха в обоих баллонах составит:

$$\sum V_6 = 44 \text{ м}^3. \quad (3.17)$$

Мощность, потребляемая электродвигателем главного компрессора при заполнении двух баллонов, составит:

$$P'_{\text{КМ}} = \frac{G_{\text{в}} \cdot L_i \cdot \varphi}{102 \cdot 3600 \cdot \eta_{\text{КМ}} \cdot \eta_{\text{ЭД}}} = \frac{56,8 \cdot 49690 \cdot 1,15}{102 \cdot 3600 \cdot 0,8 \cdot 0,98} = 11,3 \text{ кВт}, \quad (3.18)$$

где:

$$G_{\text{в}} = \gamma_{\text{в}} \cdot \sum V_{\text{с}} = 1,29 \cdot 44 = 56,8 \text{ кг} \quad (3.19)$$

- вес воздуха в обоих баллонах, где $\gamma_{\text{в}} = 1,29 \text{ кг/м}^3$ – удельный вес воздуха при нормальных условиях;

$$L_i = \frac{n_1}{n_1 - 1} \cdot R \cdot T_0 \left[\frac{p_1^{n_1}}{p_0^{n_1}} - 1 \right] = 49690 \text{ кДж} \quad (3.20)$$

- работа, необходимая для сжатия 1 кг воздуха от p_0 до p_1 ;

$n_1 = 1,4$ – показатель политропы сжатия воздуха;

$\varphi = 1,15$ – коэффициент запаса;

$\eta_{\text{КМ}} = 0,8, \eta_{\text{ЭД}} = 0,98$ – соответственно КПД компрессора и его электродвигателя.

К установке на судно предполагается установить два отечественных двухступенчатых компрессора марки ЭКП-70/25: производительностью $70 \text{ м}^3/\text{ч}$, напором $H = 3,0 \text{ МПа}$, с электродвигателем марки АМ 31–6: мощностью $12,5 \text{ кВт}$ при частоте вращения $n = 965 \text{ об/мин}$.

3.2.2 Расчет мощности электродвигателя подруливающего устройства

Мощность электродвигателя подруливающего устройства определяется по выражению:

$$P_{\text{ПУ}} = K_D \cdot D + 100 = 0,005 \cdot 86413 + 100 = 532 \text{ кВт}, \quad (3.21)$$

где K_D – коэффициент, зависящий от весового водоизмещения:

$$D = \rho V = 1,025 \cdot 84305 = 86413 \text{ т} \quad (3.22)$$

где:

ρ – плотность забортной воды,

V – объемное водоизмещение судна.

3.2.3 Мощность электростанции для режима «стоянка» судна

Средняя мощность электростанции на стоянке в зависимости от весового водоизмещения судна составит:

$$P_{\text{ср.ст.}} = 11 + 0,002D = 184 \text{ кВт.} \quad (3.23)$$

С учетом работы бытовых потребителей $P_{\text{б.п.}} = 225$ кВт и одного пожарного насоса $P_{\text{пн}} = 73$ кВт нагрузка электростанции составит:

$$P_{\text{ст}} = P_{\text{ср.ст.}} + P_{\text{б.п.}} + P_{\text{пн}} = 482 \text{ кВт.} \quad (3.24)$$

3.2.4 Расчет производительности пожарного насоса

В соответствии с требованием РМРС выполним расчет по выражению:

$$\begin{aligned} Q &= 0.5 \cdot 0.008 \cdot m^2 = 0.004 \cdot \left[1.68\sqrt{L(B+H)} + 25 \right]^2 = \\ &= 0.004 \cdot \left[1.68\sqrt{245(37+7.4)} + 25 \right]^2 = 160.4 \text{ м}^3/\text{ч} \end{aligned} \quad (3.25)$$

В этом выражении:

- 0.008 – коэффициент для судов валовой вместимостью более 1000 регистровых тонн;

- 0.5 – коэффициент, учитывающий долю производительности на один из двух главных пожарных насоса;

- L, B, H – соответственно длина судна по ватерлинии, ширина по миделю и высота борта до главной палубы.

На судно по его бортам устанавливаем два центробежных вертикальных насоса типа НЦВ 160/100А-1-П: производительностью $Q_{\text{н}} = 160$ м³/ч, напором $H = 1.0$ МПа, с электродвигателем АМу 92-2 мощностью $P_{\text{пн}} = 73$ кВт.

3.3 Выбор источников электроэнергии

В соответствии с выполненным расчетом, нагрузка электростанции на характерных режимах работы составляет:

- $P_{\text{хр}} = 755$ кВт – на ходу судна с учетом работы бытовых потребителей,

- $P_{\text{М}} = 1396$ кВт – на маневрах,

- $P_{\text{ст}} = 482$ кВт – на стоянке судна.

При выборе мощности дизель-генераторных установок необходимо учитывать, что в практике их эксплуатации рекомендуется поддерживать нагрузку на рабочем режиме порядка 70% от полной.

С учетом рекомендации предлагается укомплектовать СЭУ судна четырьмя ДГУ типа «Дизель А/S», выпускаемых фирмой «МАН Дизель и Турбо» на заводах Høleby, Дания. В состав установки входит дизель 5L28/32H с цилиндровой мощностью $N_{eц} = 220$ кВт при $n = 720$ об/мин. Среднее эффективное давление двигателя - $p_e = 18$ бар при удельном эффективном расходе топлива $g_e = 190$ г/кВтч.

Таким образом, на ходу судна будет работать одна установка, обеспечивая нагрузку:

$$\frac{P_{xp}}{\eta_{ЭГ} \cdot \eta_{П} \cdot Ne} \cdot 100\% = \frac{755}{0.98 \cdot 0.97 \cdot 1100} \cdot 100\% = 72\% \quad (3.26)$$

где:

$\eta_{ЭГ}$ и $\eta_{П}$ – соответственно КПД электрогенератора и передачи,

$Ne = 5 \times 220 = 1100$ кВт – номинальная мощность дизеля.

На стоянке нагрузка ДГУ будет составлять:

$$\frac{P_{ст}}{\eta_{ЭГ} \cdot \eta_{П} \cdot Ne} \cdot 100\% = \frac{482}{0.98 \cdot 0.97 \cdot 1100} \cdot 100\% = 46\% \quad (3.27)$$

Кроме того, на этом рабочем режиме возможно подключение энергопотребляющего оборудования и устройств, обеспечивающих погрузо-разгрузочные работы.

На режиме «маневры» в параллельной работе будут находиться две установки, каждая с нагрузкой:

$$\frac{P_{м}}{\eta_{ЭГ} \cdot \eta_{П} \cdot 2Ne} \cdot 100\% = \frac{1396}{0.98 \cdot 0.97 \cdot 2 \cdot 1100} \cdot 100\% = 67\% \quad (3.28)$$

Одна из двух оставшихся установок должна находиться в «горячем» резерве, а другая может находиться в ремонте.

Аварийный автоматизированный дизель генератор с дизелем 4L10/13 мощностью $N_{AD1} = 200$ кВт при $n = 1500$ об/мин установлен в специальном помещении на главной палубе судна.

4 БАЛЛАСТНАЯ СИСТЕМА СУДНА

Балластная система судна относится к трюмным системам и предназначена для поддержания нормальной осадки, дифферента корпуса судна и устранения его крена путем заполнения, перекачки и устранения из балластных цистерн водяного балласта при балластировке судна.

Как и всякая судовая система балластная система представляет собой сеть трубопроводов и цистерн с обслуживающими их механизмами, аппаратами и приборами.

4.1 Конструктивные элементы трубопроводов.

Для обеспечения герметичного соединения отдельных составных частей и деталей трубопроводов и обеспечения функций, возложенных на систему, служат конструктивные элементы трубопроводов, а именно:

- трубы, составляющие основную часть магистрали, соединяющие место приёма забортной воды с цистернами и местом удаления воды за борт судна;
- центробежные перекачивающие насосы;
- соединительная или путевая арматура, соединяющая отдельные трубы и детали трубопровода между собой и корпусом судна (фланцы, тройники, колена, переборочные и палубные стаканы и т.п.);
- разобщительная и регулировочная арматура, служащая для включения, выключения и переключения как отдельных участков, так и всего трубопровода, а также для регулирования давления и расхода в нём;
- приводы управления арматурой (например, клапанами или задвижкой) и насосами с места установки или дистанционно при автоматизации СЭУ на знак РМРС AUT1 или AUT2;
- прочая арматура характерная лишь для балластной системы (приёмники на трубопроводах, приёмные сетки, грязевые коробки);

Основными элементами, характеризующими трубы и переделывающие их значение, являются: внутренний диаметр, толщина стенки и материала из которых изготовлена труба. Внутренний диаметр трубопровода при данной его

длине и расходе жидкости через него определяют скорость течения её в данной системе, последовательно, и падение напора по длине трубопровода.

Толщина стенки и материал трубы определяют её прочность, а, следовательно, и допускаемое рабочее давление в трубопроводе. Кроме того, от материала зависит антикоррозийная устойчивость трубы. Поставляемые для судостроения трубы имеют длину от 4 до 7 метров. Материалом для труб, применяемых на судах, служит сталь, красная медь и латунь. В последнее время начинают получать всё большее распространение пластиковые трубы.

Для труб различают 3 вида давлений: пробное, условное, рабочее.

Пробным давлением называется предельное кратковременное давление, которое должна выдержать труба при гидравлических испытаниях водой с определенной температурой.

Под условным давлением понимается давление при нормальной температуре, к которому приравнивается в отношении прочности давления среды, которое должна выдержать труба при гидравлическом испытании водой с определённой температурой.

Под условным давлением понимается давление при нормальной температуре, к которому приравнивается в отношении прочности давления среды при повышенной температуре. Условное давление учитывает понижение механических свойств материалов труб и соединительных элементов в следствие повышения температуры, перемещаемой по ним среды.

Рабочим давлением называется наибольшее давление, допускаемое для трубы в эксплуатационных условиях для данной системы.

Так как размеры фланцев труб и арматуры зависят от наружного диаметра трубы, то для стандартизации и подбора деталей трубопроводов введено понятие «условный диаметр». Каждому условному диаметру соответствует один постоянный наружный диаметр трубы, а внутренний диаметр зависит от толщины стенки трубы.

Соединения труб системы бывают неразъёмные и разъёмные. Первые выполняются при помощи сварки (реже при помощи клёпки), второе – по

средствам фланцевых, муфтовых и ниппельных соединений. Фланцы присоединяются к трубам по средствам сварки, резьбы или развальцовки в зависимости от диаметра труб и назначения системы.

Для уплотнения между фланцами устанавливаются прокладки из клингерита, паронита, резины, фибры и мягких металлов.

Прокладка труб через водонепроницаемые переборки, палубы и настилы для сохранения водонепроницаемости последних, выполняются по средствам сварных и литых стаканов. Стаканы могут быть как прямыми, так и угловыми или фланцевыми.

Изменение направления трубопровода достигается при помощи изгиба труб.

Для уменьшения напряжения в трубах от температурных расширений, а также от деформации корпуса судна трубопровод снабжается компенсаторами.

4.2 Общие требования к трубопроводам судовых систем.

В соответствии с правилами классификации и постройки морских стальных судов РМРС каждый трубопровод общесудовых систем должен отвечать следующим требованиям;

- все трубопроводы, в целях предупреждения сдвига и провисания, должны быть снабжены опорами, не препятствующим температурным расширениям трубопроводов;

- трубы всех судовых систем при проходе через непроницаемые переборки должны крепиться к последним при помощи переборочных стаканов. Сквозное болтовое крепление фланцев труб к переборкам не допускается;

- трубы, проходящие в грузовых трюмах и других помещениях, кроме МКО, должны быть защищены от повреждений защитными кожухами;

- забортные соединения, клинкеты, задвижки и клапаны различных назначений должны быть выполнены с учётом предотвращения произвольного попадания забортной воды внутрь судна и должны по возможности располагаться выше уровня площадок МКО;

- забортные соединения, расположенные ниже грузовой ватерлинии и имеющие съёмные ключи, должны быть сконструированы так, чтобы ключ можно было снять с места лишь при закрытом кране;

- вся разобщительная арматура должна быть так сконструирована, чтобы можно было ясно видеть закрыта она или открыта;

- крепление труб и арматуры непосредственно к переборкам не допускается;

- все отливные отверстия для воды должны располагаться по возможности на одном борту;

- все забортные приёмные отверстия должны быть снабжены сетками, предотвращающими засорение проходных сечений донной арматуры;

- приёмная донная арматура должна быть оборудована паровой или воздушной системой продувания с давлением не выше 0,3 Мпа.

4.3 Подготовка балластной системы к освидетельствованию РМРС.

Судовые системы и трубопроводы подлежат следующим видам периодических освидетельствований:

- при очередном освидетельствовании судна инспекцией РМРС проводят детальный осмотр системы с обеспечением в необходимых случаях доступа вскрытия и демонтажа, а также проверку в действии балластной системы, арматуры с дистанционным приводом. Детальному осмотру подлежит донно-забортная арматура.

- при ежегодном освидетельствовании судна проводят проверку в действии и наружный осмотр системы.

Донная арматура системы подлежит гидравлическому испытанию при каждом очередном освидетельствовании судна.

Подготовка к освидетельствованию системы и ее трубопроводов заключается в обеспечении доступа для осмотра со снятием защитных кожухов и зашивки, с необходимой разборкой арматуры, фильтров и сепараторов с обеспечением внутреннего осмотра вкладных систем.

По требованию инспектора Регистра должна быть произведена разборка трубопровода для осмотра внутренних поверхностей труб, а также произведены замеры остаточных толщин труб.

До начала гидравлического испытания должны быть устранены все дефекты, выявленные при детальном осмотре.

Система признается выдержавшей испытание, если не будет обнаружено трещин, разрывов, видимых остаточных деформаций, пропусков т.п.

4.4 Конвенция об управлении балластными водами.

Конвенция об управлении балластными водами или Конвенция BWM (полное название Международная конвенция о контроле судовых балластных вод и осадков и управлении ими, 2004 г.) - это договор, принятый Международной морской организацией (ИМО) для предотвращения распространения потенциально вредных водные организмы и патогены в водяном балласте судов.

Вступление договора в силу зависело от достаточного количества ратификаций государствами. Справедливо сказать, что подходящие системы управления водяным балластом не были доступны сразу, и необходимо было разработать руководящие принципы в поддержку конвенции BWM. Но сейчас эти вопросы решены. Для поддержки ратификации государствами, а также исследований и инноваций ИМО реализовала Программу партнерства Глобального экологического фонда (ГЭФ), Программы развития Организации Объединенных Наций (ПРООН) и ИМО GloBallast (2000-2017). Этот успешный проект был сфокусирован, в частности, на оказании помощи развивающимся странам в сокращении переноса вредных водных организмов и патогенов с водяным балластом судов и выполнении Конвенции УБВ. Конвенция BWM предусматривает, что она вступит в силу через 12 месяцев после ратификации как минимум 30 государствами, что составляет 35% тоннажа мирового торгового мореплавания. Эти критерии были достигнуты 8 сентября 2016 года, следовательно, вступили в силу 8 сентября 2017 года.

ИМО - специализированное учреждение Организации Объединенных Наций, отвечающее за разработку глобальных стандартов безопасности и защиты судов, а также за защиту морской среды и атмосферы от любых вредных воздействий судоходства.

С 8 сентября 2017 года суда должны управлять своим водяным балластом таким образом, чтобы водные организмы и патогены были удалены или обезврежены до того, как балластные воды будут сброшены в новое место. Это помогает предотвратить распространение инвазивных видов, а также потенциально вредных патогенов.

Данная конвенция применяется к судам, зарегистрированным в соответствии с договаривающимися сторонами Конвенции BWM, которые принимают и используют балластную воду во время международных рейсов.

С момента вступления в силу, суда, находящиеся в международном сообщении, должны управлять своим водяным балластом и отложениями в соответствии с определенными стандартами в соответствии с планом управления балластными водами для конкретного судна. Корабли должны нести:

- План управления водяным балластом - индивидуальный для каждого судна, план управления водяным балластом включает подробное описание действий, которые необходимо предпринять для выполнения требований по управлению балластной водой и дополнительной практики управления балластной водой;

- Журнал учета водяного балласта - для записи момента приема водяного балласта на борт; оборотные или очищенные для целей управления водяным балластом; и сброшен в море. Он также должен регистрировать сброс водяного балласта в приемное сооружение и случайный или другой исключительный сброс водяного балласта;

- Международное свидетельство об управлении балластными водами - (суда водоизмещением 400 и более) - выдается Администрацией (государством флага) или от ее имени и удостоверяет, что судно осуществляет управление балластными водами в соответствии с Конвенцией BWM, и определяет, какой

стандарт судно соответствует требованиям, а также дату истечения срока действия Сертификата.

4.4.1 Стандарты управления водяным балластом.

Существует два стандарта управления водяным балластом (D-1 и D-2). Стандарт D-1 требует, чтобы суда заменяли балластную воду в открытом море, вдали от прибрежных районов. В идеале это означает не менее 200 морских миль от суши и не менее 200 метров в воде на глубине. Таким образом, меньше организмов выживет, и, следовательно, корабли с меньшей вероятностью занесут потенциально опасные виды, когда они сбрасывают балластную воду.

Стандарт D-2 определяет максимальное количество жизнеспособных организмов, разрешенных к сбросу, включая указанные индикаторные микробы, вредные для здоровья человека.

С момента вступления в силу Конвенции BWM все суда должны соответствовать как минимум стандарту D-1; и все новые корабли по стандарту D-2.

В конечном итоге все корабли должны будут соответствовать стандарту D-2. Для большинства судов это предполагает установку специального оборудования для очистки водяного балласта.

Правительства стран-членов ИМО, собравшиеся в Комитете по защите морской среды (MEPC), согласовали график внедрения для существующих судов, связанный с освидетельствованием возобновления Международного сертификата о предотвращении загрязнения нефтью (IOPP).

По сути, график внедрения, который был согласован MEPC, означает, что соответствие стандарту D-2 будет постепенно вводиться для отдельных судов, до 8 сентября 2024 года. Со временем все больше и больше судов будут соответствовать стандарту D-2.

С 8 сентября 2017 г. Новые корабли должны соответствовать стандарту D-2.

Все суда должны иметь: план управления водяным балластом, журнал учета балластных вод и Международное свидетельство управления балластными водами.

Существующие суда должны соответствовать как минимум стандарту D-1 (замена балластной воды); они также могут выбрать установку системы управления водяным балластом или иным образом соответствовать стандарту D-2 (сброс), но это не обязательно до соответствующей даты соответствия.

Освидетельствование ЮРПС для продления после 8 сентября 2019 г. - Судно, проходящее освидетельствование для продления, связанное с Международным свидетельством о предотвращении загрязнения нефтью после 8 сентября 2019 г., должно будет соответствовать стандарту D-2 к дате этого освидетельствования для продления.

Обследование продления ЮРПС в период с 8 сентября 2017 г. по 8 сентября 2019 г. - Если предыдущее освидетельствование на продление ЮРПС проводилось в период с 8 сентября 2014 г. по 8 сентября 2017 г., то судно должно соответствовать стандарту D-2 по этому освидетельствованию для продления. Если предыдущее освидетельствование для продления ЮРПС было до

8 сентября 2014 г., то корабль может дождаться следующего освидетельствования для продления (которое будет после 8 сентября 2019 г.).

Правило D-3 Конвенции охватывает требования к утверждению систем управления балластными водами. Системы управления балластными водами должны быть одобрены Администрацией с учетом Руководства ИМО. Пересмотренное Руководство по утверждению систем управления водяным балластом (G8) было принято в 2016 году и теперь переработано как проект обязательного Кодекса для утверждения систем управления водяным балластом (Кодекс BWMS). Кодекс BWMS включает надежные испытания и технические характеристики, а также подробные требования к отчетности об утверждении типа, а также к оборудованию для контроля и мониторинга. Системы управления водяным балластом, в которых используются активные вещества или препараты,

содержащие одно или несколько активных веществ, должны быть дополнительно одобрены ИМО.

4.4.2 Разница между уровнями D-1 D-2

Разница в том, что D-1 относится к замене водяного балласта, а D-2 определяет максимальное количество жизнеспособных организмов, разрешенных к сбросу, включая указанные индикаторные микробы, вредные для здоровья человека.

Стандарт D-1 требует, чтобы суда производили замену водяного балласта таким образом, чтобы по крайней мере 95% воды по объему было заменено далеко от берега.

Стандарт D-2 - указывает, что суда могут сбрасывать только балластную воду, которая соответствует следующим критериям:

- менее 10 жизнеспособных организмов на кубический метр, минимальный размер которых превышает или равен 50 микрометрам;
- менее 10 жизнеспособных организмов на миллилитр с минимальным размером от 10 микрометров до 50 микрометров;
- менее 1 колониобразующей единицы (КОЕ) на 100 миллилитров токсигенного холерного вибриона;
- менее 250 КОЕ на 100 миллилитров кишечной палочки;
- менее 100 КОЕ на 100 мл кишечных энтерококков.

Контроль за соответствием судов:

Суда могут подлежать контролю государства порта в любом порту или на морском терминале Стороны Конвенции BWM. Эта проверка может включать проверку наличия на борту действующего Свидетельства и утвержденного плана управления балластными водами; проверка Журнала учета балластных вод; и / или отбор проб судового водяного балласта, проводимый в соответствии с Руководством по отбору проб балластной воды.

Однако время, необходимое для анализа проб, не должно использоваться как основание для неоправданной задержки операции, движения или отхода судна.

4.5 Выбор установки обработки балластных вод для судна типа «РО-РО».

Принимая во внимание все вышеперечисленные условия и вступившие в силу конвенцию об управлении балластными водами, был проанализирован рынок и предложения фирм производителей - поставщиков специальных установок по обработке балластных вод, которые соответствуют конвенции по управлению балластными водами. На сегодняшний день на мировом рынке представлены установки по обработке балластных вод таких фирм как Alfa Laval (Швеция), Techcross (Корея), Desmi (Дания) и другие.

Проведя сравнение разных установок от разных фирм производителей, для проектируемого судна была выбрана установка Techcross производства Кореи.

Описание установки:

Целью установки очистки балластных вод является сохранение морской среды путем предотвращения миграции вредных морских организмов с судовым балластом. Её целью является стерилизация морских биологических видов, которые представляют потенциальную угрозу океанической экосистеме в других местах.

Установка обработки балластных вод Techcross полностью удовлетворяет требованиям конвенции BWMS D-2.

Потребляемая мощность данной установки составляет 95 kW. Управление установкой осуществляется в автоматическом режиме или в ручном с помещения управления грузовыми операциями или местного поста. Перекачку воды осуществляют два балластных насоса. Клапана и задвижки на трубопроводах открываются удаленно при помощи гидравлики.

Принцип работы установки заключается в процессе электролиза, в котором реализованы четыре механизма дезинфекции: хлорноватистая кислота, радикалы, ОВП (окислительно-восстановительный потенциал) и остаточный хлор. Хлорноватистая кислота, радикалы и ОВП (окислительно-восстановительный потенциал) стерилизуют вредные организмы, содержащиеся

в балластной воде, а остаточный хлор препятствует регенерации вредных организмов в балластных цистернах.

Принцип работы установки при балластировке судна. Балластная вода поступает в судовые балластные трубопроводы через кингстонные ящики при помощи судовых балластных насосов, которые могут работать по одному, так и в паре. Поступившая морская вода попадает в установку электролиза и обеззараживается ней, затем обеззараженная вода попадает по трубопроводам в балластные цистерны и хранится там до начала её откачки и последующего сброса. Система управляется центральным компьютером, который полностью отслеживает процесс, забирает пробы поступившей воды и после выполнения анализа и получения его результата проводит процедуру дезинфекции.

Схема балластировки изображена на рисунке №4.1.

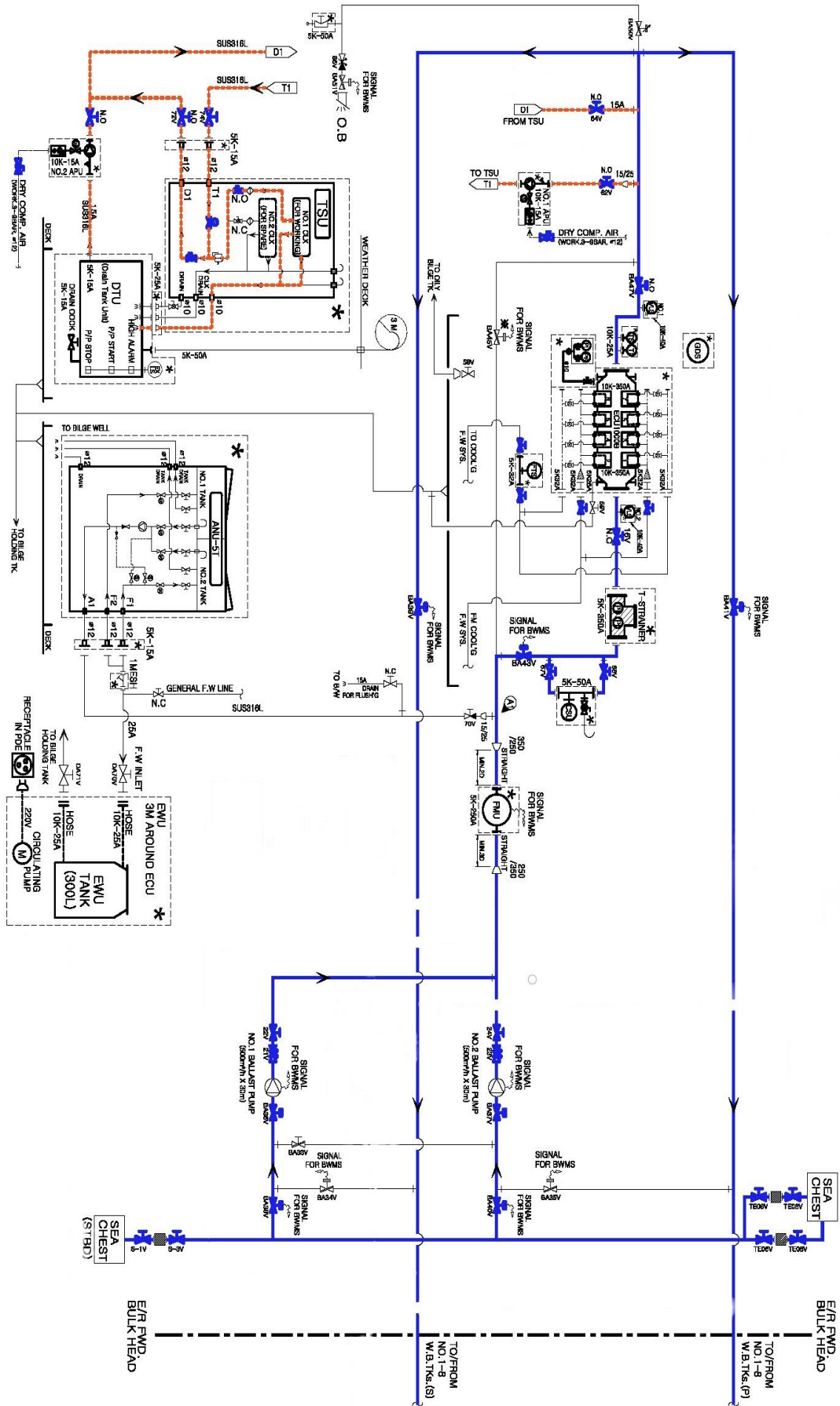


Рисунок 4.1 - Схема балластировки

Процедура дебалластировки проходит в обратном порядке.

Перед запуском насосов открываются нужные клапана в системе трубопроводов при помощи гидравлического привода. Затем запускаются насосы, вода из балластных цистерн начинает перекачиваться в обход установки электролиза. В трубопроводе сделана врезка, через которую отбирается проба воды, и, если содержание остаточного хлора в ней превышает 0.2 мг\л, то запускается насос подачи нейтрализующего агента, в роли которого выступает Тиосульфат натрия. Нейтрализатор должен вводиться с максимальной скоростью на начальном этапе дебалластировки. Затем следует контролировать количество нейтрализатора/ Дозирующий насос будет подавать нейтрализующий агент до тех пор, пока не будет получена требуемая концентрация остаточного хлора в выкачиваемой воде. После нейтрализации остаточного хлора балластная вода поступает за борт.

Тиосульфат натрия засыпается в кристаллическом виде в две камеры (каждая по 100л). Концентрация 20кг нейтрализующего агента и 80 литров пресной воды. В каждой камере установлены миксеры для перемешивания раствора. Так же установлены датчики нижнего и верхнего уровней для раствора. В случае, если в первой камере заканчивается раствор, управляющий компьютер подаст сигнал, чтобы забор раствора производился из второй камеры. Так же сработает звуковая сигнализация в ЦПУ. После чего вахтенный механик или моторист должны вручную пополнить содержимое опустошённой камеры.

Схема дебалластировки судна изображена на рисунке №4.2

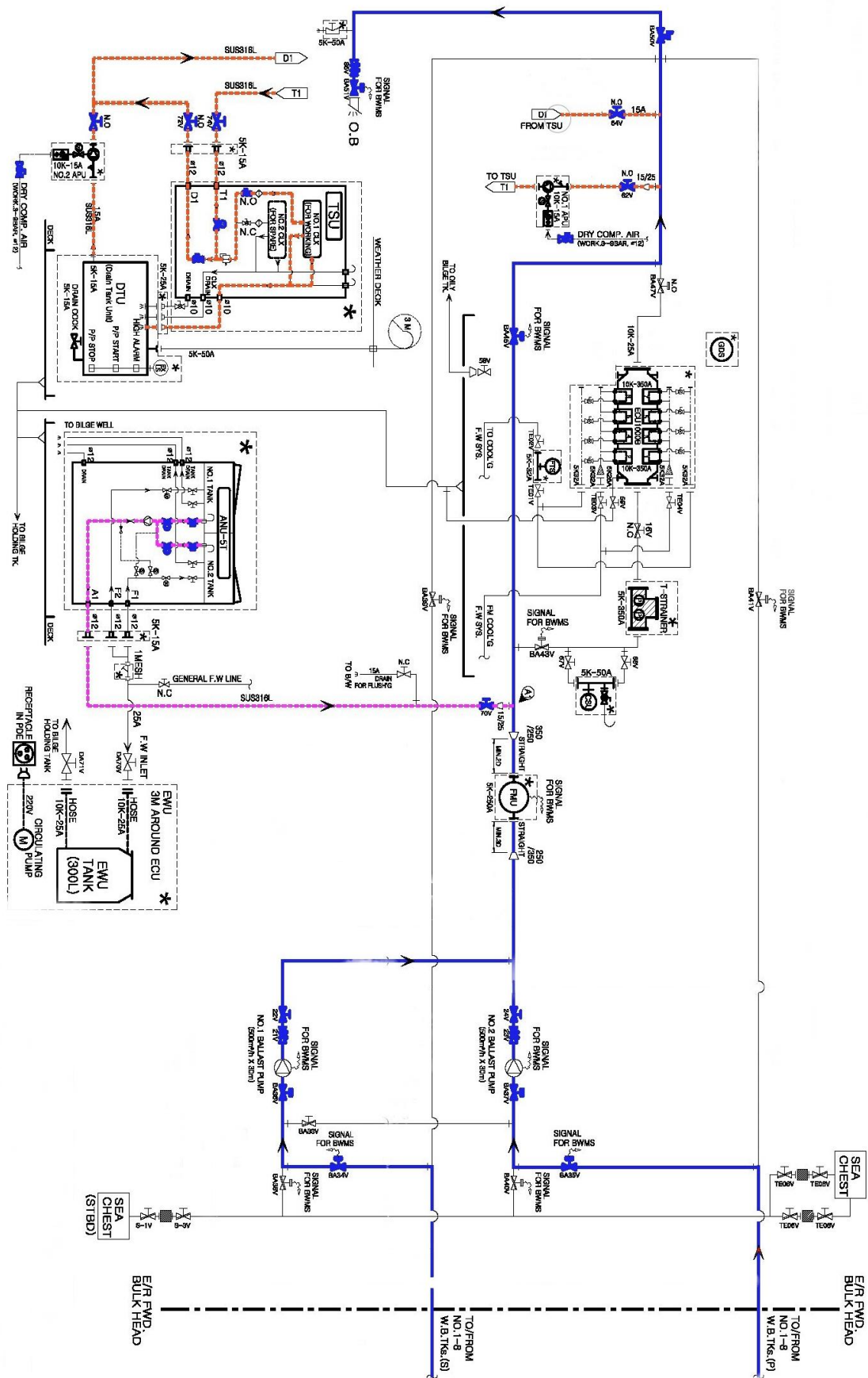


Рисунок 4.2 - Схема балластировки

Обслуживание установки обработки балласта может предотвратить потенциальные аварийные случаи и заключается в рутинных работах, выполняемых вахтенным механиком:

- Осмотр/техническое обслуживание компонентов установки следует выполнять в соответствии с графиком осмотра/техобслуживания, рекомендованным производителем;

- Ответственный механик должен проверять график технического обслуживания и карту истории оборудования для того, чтобы убедиться, что обслуживание выполняется в соответствии с планом;

Обслуживание камеры электролиза заключается в еженедельных осмотрах на наличие протечек, ослабление болтовых соединений, а также очистки внутренней рабочей поверхности камеры.

Для очистки внутренней поверхности камеры электролиза используется лимонная кислота в порошковом виде, разведенная пресной водой в определенной концентрации (27кг лимонной кислоты\270 литров воды). Данный раствор разводится в специальной бочке, установленной на штатном месте, вблизи камеры. В комплекте с бочкой установлен циркуляционный насос, который после подключения промывочных шлангов, выполняет перекачивание разведенного агента на рециркуляции через камеру. Промывочные шланги оборудованы быстросъемными соединениями, подключается в местах входа и выхода трубопроводов охлаждения пресной воды.

Так же ответственный за обслуживание установки механик должен контролировать уровень нейтрализующего агента (Тиосульфат натрия) в танках нейтрализующей установки и своевременно составлять заявки на пополнение запасов нейтрализующего агента. Во время регулярных инспекций танков может обнаружиться сильный налёт и отложения тиосульфата натрия на стенках танка, в таком случае механик или моторист должны перейти на использование резервного танка и очистить накопившиеся отложения.

Для удаленного контроля в танках установлены датчики нижнего уровня, в случае если вахтенная служба своевременно не проконтролирует уровень в танках.

Существует ряд требований к хранению Тиосульфата Натрия:

- Тиосульфат натрия следует хранить в сухом и хорошо вентилируемом герметичном пакете;
- Температура хранения должна быть ниже 45°C;
- Тиосульфат натрия следует хранить отдельно от других химикатов и реагентов.

Особое внимание уделяется реагентам для выполнения анализов перекачиваемой балластной воды. Для того, чтобы упростить обслуживание вахтенной службе, реагенты для выполнения анализов, поставляются единым комплектом, но в заранее отмеренных по объему емкостях, чётко и видно подписанных, с пошаговой инструкцией по замене использованных ёмкостей на новые. Процедура замены реагентов для анализов выполняется с предельной осторожностью и в средствах индивидуальной защиты (очки, плотно прилегающие к лицу, химические перчатки и фартук), так как реагент CLX, являются сильно коррозионным веществом и могут вызвать ожоги кожи и испачкать одежду. После замены реагентов, система анализа самостоятельно выполнит калибровку и подаст соответствующую индикацию на цифровую панель установки анализа.

Обслуживанием главного блока управления установкой занимается электромеханик, в случае его наличия в экипаже. В случае если данная должность отсутствует на судне, ответственный механик руководствуясь инструкцией завода изготовителя выполняет калибровку, тестирование установки.

В случаях возникновения неисправностей, незамедлительно срабатывает свето- звуковая сигнализация на главном управляющем компьютере, который расположен непосредственно рядом с установкой в машинном отделении.

Сигнал будет продублирован и сработает общая свето-звуковая сигнализация в ЦПУ, а также в помещении грузовых операций и на ходовом мостике.

Для предотвращения выхода из строя установки обработки балластных вод предусмотрены защитные механизмы и алгоритмы, которые прописывается в программном обеспечении главного управляющего компьютера. В случае превышения допустимых уставок или значений главный управляющий компьютер отключает работу установки, чтобы избежать серьёзных поломок.

В главном компьютере ведется LOG файл, в котором фиксируются все пуски, остановки, открытия клапанов системы трубопроводов, запуски остановки балластных насосов, все команды, выполненные эксплуатирующим персоналом, а так же все ошибки и предупреждения. Данный LOG файл хранится в защищенном виде и может быть скопирован на переносной накопитель только специализированным персоналом фирмы изготовителя оборудования при наличии специального технического оборудования и программного обеспечения.

В заключении можно сказать, что данные вид установки обработки балластных вод полностью отвечает требованиям Конвенции, улучшает качество очистки балластных вод, перевозимых судами во всем мире, сокращает распространение микроорганизмов и представителей морской фауны в нежелательных районах мирового океана. Что доказывает обоснованные требования об их применении на торговом флоте во всем мире.

По состоянию на сентябрь 2020 года договор ратифицировали более 60 стран, что составляет более 70% тоннажа мирового торгового мореплавания. собранных данных, проект поправок к Конвенции может быть вынесен на рассмотрение на 79-й сессии КЗМС (в 2022 году). Сегодня в мире изготавливается около 70 получивших типовое одобрение систем обработки судового балласта, основанных на использовании различных физико-химических методов обработки балластных вод.

5 АВТОМАТИЗАЦИЯ СУДОВОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ СУДНА ТИПА «РО-РО»

Одним из главных направлений научно технического прогресса на морском транспорте является автоматизация судов. Проектируемому судну присвоен знак AUT1 Российского Регистра Судоходства, что в символе класса позволяет безвахтенно обслуживать СЭУ на ходу.

Высокий уровень автоматизации позволяет:

- сократить численность экипажа, что уменьшением объема жилых помещений равновеликим водоизмещением судна позволит увеличить его грузоподъемность с одновременным снижением его строительной стоимости;
- увеличить моторесурс механизмов в составе СЭУ с одновременным уменьшением затрат на ремонт и приобретение сменно запасных частей;
- благодаря работе установки на оптимальных режимах появляется возможность сократить использование горюче смазочных материалов;
- сократить трудозатраты на обслуживание и эксплуатацию судна в целом;
- повысить качество и надежность управления судовым оборудованием за счёт увеличения точности ведения процессов, увеличивая тем самым безопасность мореплавания, что очень важно для судов типа «РО-РО» перевозящих в том числе и опасные грузы.

Механизмы и системы в составе МО способны нормально работать без местного обслуживания с использованием контроля по обобщенной сигнализации.

На проектируемом пароме устанавливаем современную интегрированную автоматизированную систему MCS 2200 "Monitoring and Control System" фирмы SAM Electronics, выполненную на микропроцессорной технике для контроля, управления и сигнализации судовыми вспомогательными установками и механизмами непосредственно из центрального поста управления машинного отделения. Информация выводится на панели в каюты механиков и мотористов, обслуживающих СЭУ.

Система выполняет следующие функции:

- визуальной индикации с помощью мнемосхемных диаграмм на мониторе;
- выбора режима для вахтенного механика в случае безвахтенного обслуживания в МО;
- управления и манипулирования аварийными сигналами;
- отслеживания управлением всех судовых систем;
- записи и сохранения до 1,5 лет на жестком диске всех контролируемых параметров.

В состав системы входит стационарное оборудование:

- рабочие станции СУиМ с дисплейным терминалом в количестве 5 штук;
- группа процессорного оборудования БЭО из 6 установок для входящих и выходящих сигналов;
- контролирующий принтер П для записи изменений и сигнализации;
- выносная панель ПС для визуального контроля и сигнализации для вахтенной службы в количестве 10 штук.

В систему MCS 2200 входит внутренний сопряженный интерфейс (БЭО1÷БЭО6) систем:

- дистанционного контроля за уровнем и температурой в топливных (бункерных) танках и уровнем забортной воды в балластных танках;
- системы управления клапанами;
- компьютер, учитывающий количество груза, принятого на борт или выгруженного с борта.

Важной функцией в системе MCS2200 является требование обязательной активации в случае присутствия даже одного человека в машинном отделении. Систему можно активировать при входе в машинное отделение. Ее деактивация может осуществляться при выходе из МО или ЦПУ. Установки по времени срабатывания регулируются от 3 до 40 минут.

В определенный интервал времени вахтенный механик или моторист обязан квитиовать время для предотвращения срабатывания сигнализации. Если этого не сделать, то произойдет выход сигнализации по каютам остальных

членов машинной команды и далее, если не квитировать систему, то через 600 секунд произойдет общая звуковая сигнализация по всему судну.

5.1 Автоматизация вспомогательных установок и механизмов.

В состав установок и вспомогательных механизмов, обслуживаемых автоматизированной системой MCS 2200 входят:

Дизель-генераторы, имеющие дистанционное автоматизированное управление и оснащённые регулятором частоты вращения UG10 фирмы “Woodward”. Пуск ДГ осуществляется вручную с местного поста управления либо дистанционно из ЦПУ или ГРЩ. Оснащение САР позволяет автоматически поддерживать частоту вращения ДГ, температуры циркуляционного масла и охлаждающей воды. Генераторы установок защищены от токов короткого замыкания и от перегрузки. При непредвиденном отборе мощности происходит секционное отключение наименее ответственных потребителей и автоматический запуск второго дизель генератора, находящегося в горячем резерве.

При полном исчезновении напряжения на шинах ГРЩ в течение времени до 40 секунд запускается аварийный дизель генератор. В качестве источника энергии для работы автоматических устройств АДГ используется аккумулятор на 100 ампер-часов.

Вспомогательный и утилизационный котлы автоматизированы. Так для вспомогательного котла использована система автоматического регулирования горения и питания фирмы “Aalborg”. Защита по факелу прекращает подачу топлива в случае его срыва. Так же в случае падения уровня воды в котле, котёл будет остановлен с выдачей сигнала в АПС. Дифференциальный регулятор уровня воды в котле управляет работой питательных насосов.

Давление пара в утилизационном котле поддерживаются автоматически с помощью сбора излишек пара в конденсатор.

Управление работой сепараторов топлива и масла фирмы “Alfa-Laval” полностью автоматизировано с использованием системы управления “Westfalia Separation Mineraloil System”.

Поддержание температуры и вязкости тяжелого топлива на входе в ГД выполнено с использованием системы “VAF-VISCOTERM”.

С использованием регуляторов фирмы “Mt.H.Control Valves” выполняется автоматическое регулирование и поддержание в заданных пределах с помощью PID контроллеров температур масла, охлаждающей воды и давления пара в судовых системах.

Главные и вспомогательный воздушные компрессоры имеют дистанционное управление компрессорами происходит с использованием системы “Y.P.SAUER & SOHN GmbH”. Главный компрессор включается автоматически при падении давления в пусковых баллонах ниже 1,2 МПа и останавливается при достижении заданного давления в 3 МПа. В каждом компрессоре предусмотрена автоматическая продувка во время запуска, и периодически остановки в процессе работы. Компрессоры останавливаются автоматически при снижении давления масла в системе смазки, при повышении установленной температуры воздуха на выходе из компрессоров, а также в случае перегрева электродвигателя.

Для тонкой очистки топлива и масла используются самоочищающиеся фильтры фирмы “Bollfilter Boll & Kirch”.

Электронная автоматизация рефрижераторных установок и установки кондиционирования воздуха, выпускаемых фирмой “HI-PRES” выполнена с использованием систем фирмы “Danfoss”.

Регулирование температуры пресной и забортной воды в системах охлаждения ГД и ВД выполнено с использованием электронного оборудования фирмы “OMRON”.

Электронная система фирмы “HOPPE” обеспечивает управление работой балластной и осушительной системами судна.

При достижении в льяльных колодцах предельного уровня подсланевых вод срабатывает сигнализация. При этом откачка нефтесодержащих вод в специальные цистерны с датчиком верхнего уровня осуществляется из ЦПУ или навигационного мостика. Процесс открытия клапанов и запуск насосов осушительной системы осуществляется через систему “Pleiger Electronics GmbH” совместно с «MCS2200 SAM Electronics”.

5.2 Автоматизация главного двигателя.

В основу управления главным двигателем на проектируемом пароме установлена система ДАУ Auto Chief C20 фирмы «Kongsberg Maritime», которая имеет управление из центрального и местного постов управления машинного отделения и ходовой рубки (рис. 6.1). Система Auto Chief C20 предназначена для дистанционного управления главным двигателем. При движении рычага система будет автоматически запускать, реверсировать, останавливать и контролировать уставку по частоте вращения главного двигателя.

В основные компоненты системы управления энергетической установки Auto Chief C20 входят:

- панели контроля и управления;
- дистанционная система управления;
- управление системой телеграфа;
- система защиты главного двигателя;
- система цифрового управления;
- самописец для регистрации любых команд;
- блоки обработки и предоставления информации;
- распределители.

Панель (пост) управления и мониторинга отображает состояние работы подсистем, элементы системы безопасности ГД и обеспечивает настройку и управление подсистемами (рис. 5.2).

В неё входят панельный цветной жидкокристаллический дисплей и специализированные панели с кнопками вызова индикацию параметров.

Ключевые элементы процессов отображаются в табличной и графической формах.

Панель обеспечивает:

- управление процессами всех видов блокировок;
- передачи управления с момента в ЦПУ и обратно;
- передачу управления ГД на местный пост управления;
- отмены аварийной остановки и аварийного снижения частоты вращения

ГД;

- квитирования аварийной ситуации;
- выключение аварийной звуковой сигнализации;
- изменения параметров управления;
- индикации основных параметров и настроек.

Панель может быть установлена на любую стандартную консоль.

Рукоятка и телеграф управления главным двигателем и расположенные на мостике в ЦПУ. Они позволяют управлять заданием направления вращения и частоты вращения ГД. Рукоятка перемещается в одиннадцать фиксированных положений для задания частот вращения вала главного двигателя в направлениях: «вперёд» или «назад». Фиксированные положения: «вперёд», «самый малый», «малый», «средний», «полный», «навигационный полный», «стоп», «назад» ... и т.д. Для задания необходимой частоты вращения рукоятка может быть поставлена между фиксированными положениями (рис. 5.3).

Кнопочный телеграф добавлен к блоку и выполняет в машинном отделении у местного поста управления функции типового телеграфа для оператора с целью быстрого получения (или передачи) сообщений между мостиком и ЦПУ. Кнопки нажимаются для принятия и подтверждения приказов, получаемых с мостика. В телеграфе расположена кнопка для проверки индикаторных ламп и кнопка аварийной остановки ГД (рис. 5.4).

Местный пост управления, кроме кнопочного телеграфа со звуковым сигналом, оборудован указателем нагрузки от 0 до 100%, индикатором частоты вращения и панелью индикации неисправностей.

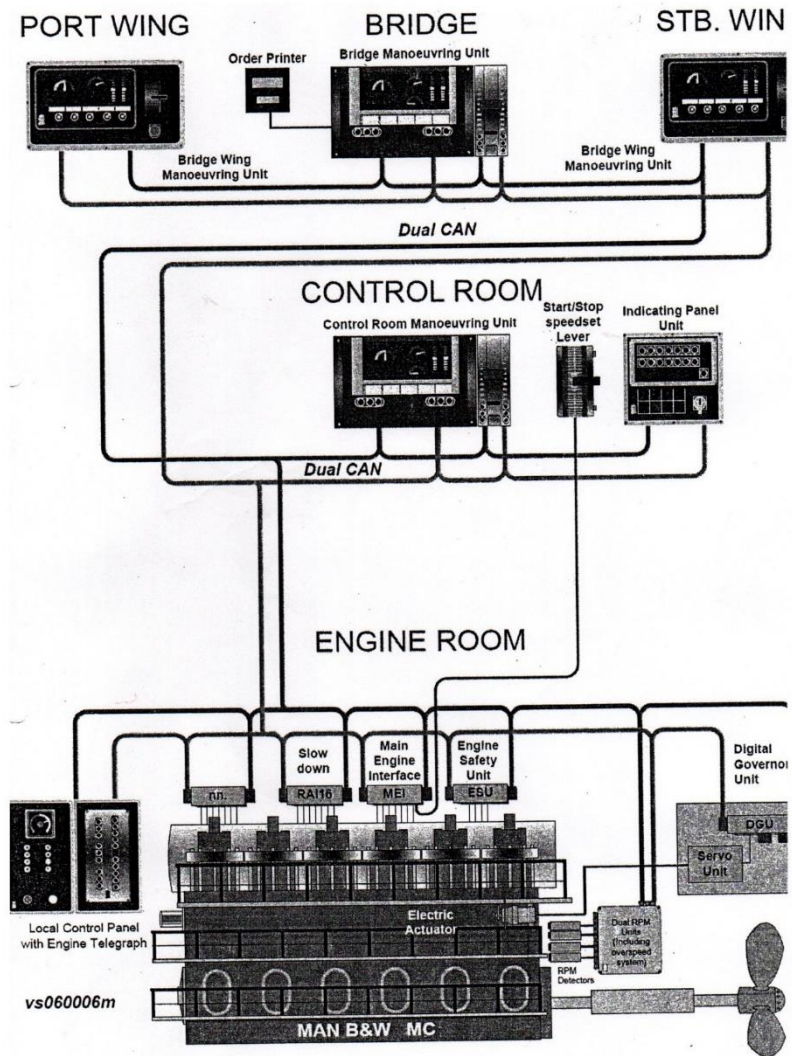


Рисунок 5.1 - Система ДАУ Auto Chief C20



Рисунок 5.2 – Панель управления AutoChief C20

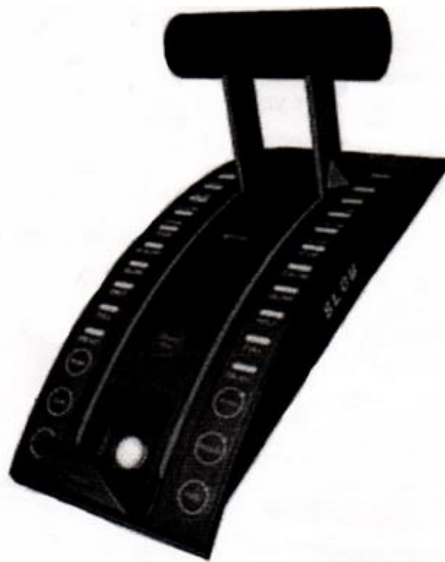


Рисунок 5.3 – Ручка телеграфа

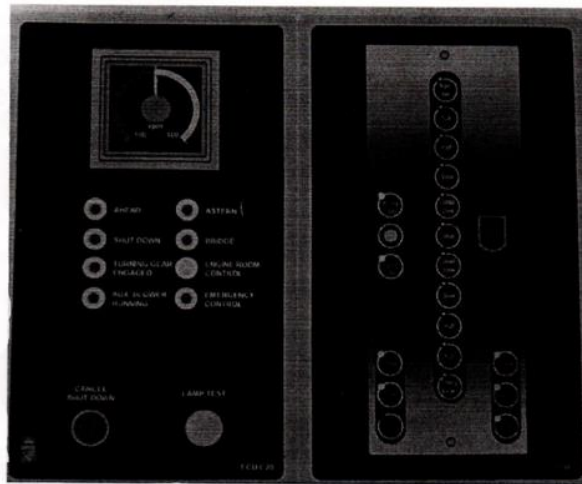


Рисунок 5.4 – Кнопочный телеграф

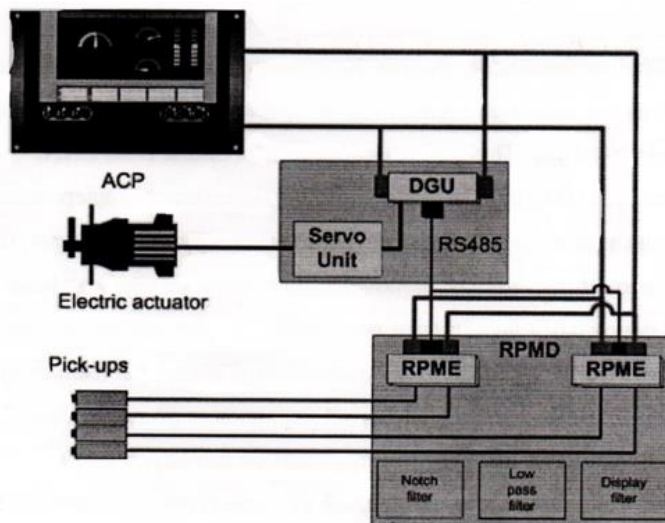


Рисунок 5.5 – DGS 8800

В системе AutoChief C20 через CAN шины измерительные и управляющие модули (DPU, MEI, ESU, DGU и Rai-16) с встроенными микропроцессорами выполняют различные задачи, например, обнаружение выхода за определенные границы (уставки) величины контролируемого сигнала (параметра). Нежелательные аварийные сигналы подавляются во время запуска и аварийной остановки двигателя.

Информация о состоянии главного двигателя постоянно отслеживается станциями системы централизованного контроля SAM Electronics.

Все панели соединены между собой шиной Dual CAN через блоки PSS (Process Segment Starcoupler), которые дают каждому элементу сети работать самостоятельно при повреждении альтернативного элемента, к примеру, при повреждении от короткого замыкания.

Управление частотой вращения обеспечивает DGS 8800 (рис. 5.5). К данному блоку подключены четыре магнитных датчика (Pick-ups), которые считают обороты маховика главного двигателя. При неисправности датчика он может быть отключен. Допускается отключение трёх датчиков. При штатной работе информация поступает в блок с каждого датчика и обрабатывается отдельно. При этом происходит сравнение информации, поступающей с каждого датчика и самодиагностика RPMD. Если показания хотя бы одного датчика неверна, то незамедлительно сработает сигнализация. Время срабатывания сигнализации при изменении показателей датчика 0,001секунды. Блок подключается по шине Dual Can.

Блок DGU (Digital Governor Unit) автоматически поддерживает обороты двигателя на заданном режиме или управляется в ручном режиме. Это электронный модуль, включающий в себя все необходимые каналы, связанные с основными функциями регулятора. Он имеет две независимые линии питания с рабочим напряжением 24В постоянного тока с диапазоном безотказной работы от 18 до 32В. Блок соединен с системой управления по шине CAN, а информацию с блока RPM получает по выделенной линии. Так же по выделенной линии блок

отдает команды на исполнительный сервопривод, соединенный непосредственно с рейкой топливных насосов высокого давления.

Блок DGU является самостоятельной единицей и продолжает исполнять свои функции даже при отключении шины CAN. Ограничения по частоте вращения двигателя может быть установлено как с любого поста управления, так на самом регуляторе DGU 8800. Блок выполняет функции по снижению частоты вращения ГД, контроля каналов и самодиагностики. Время срабатывания сигнализации 0,001 секунды.

Блок RAI 16 (Remote Analogue Input) предназначен для контроля и управления состояние ГД. Блок имеет 16 аналоговых входов к которым можно подключить всевозможные датчики и актуаторы в ходе работы которых будет измеряться один из параметров (вольтаж, частота, сопротивление и т.п.). Блок подключен по шине CAN. Время срабатывания сигнализации блока 0,001 секунды.

Блок MEI (ME Interface) для контроля состояния ГД в отличие от блока Rai имеет не только аналоговые сигналы, но и цифровые входы и выходы. Блок имеет функцию самодиагностики. При отключении одного из считываемых параметров за установленный уровень незамедлительно срабатывает аварийная сигнализация. Время срабатывания 0,001 секунды.

Блок безопасности главного двигателя ESU (Engine Safety Unit) представляет собой модуль с цифровыми входами и выходами. Оборудован двумя независимыми линиями питания автоматически переключается при отсутствии питания в одной из них.

В этом модуле некоторые из цифровых входов непосредственно связаны с электромагнитным реле и, если на одном из входов блока происходит отклонение параметра от заданного значения, то сразу срабатывает управляющее реле, которое, к примеру, включает цепь остановки главного двигателя. Таким образом через данный блок реализована функция аварийной остановки двигателя. Блоком контролируются такие параметры как температура и давление

смазочного масла, износ рамовых подшипников. Время срабатывания блока также 0,001 секунды.

Блок подключён посредством шины Dual Can.

В картере ГД в плане безопасности установлен детектор масляного тумана типа «Visatron».

При низком давлении воздуха в ресивере при пуске, на маневрах и малых ходах судна предусмотрено автоматическое включение двух электронных воздуходувок.

В системах охлаждения и циркуляционной смазки ГД предусмотрено автоматическое поддержание температуры охлаждающей среды на входе и выходе из двигателя. Регулирование температуры среды осуществляется перепуском её через соответствующий холодильник с использованием терморегулятора типа «Плайгер».

На рабочих режимах ГД постоянно измеряется температура выпускных газов за цилиндрами и выполняются оценка их величины относительно среднего уровня по двигателю. Согласно ПТЭ отклонение должно находиться в пределах $\pm 5\%$ от среднего уровня.

Контроль за нагрузкой двигателя выполняется по величине крутящего момента, снимаемого с гребного вала с использованием специальной системы «Shaft Power Meter» типа «КРМ-Р».

В каюте старшего механика установлен пост контроля за работой ГД. Его компьютер соединен с сетью Dual CAN с общесудовым компьютером, который передает всю информацию в накопитель данных («черный ящик») и имеет подключение к спутниковой антенне. При необходимости береговой персонал, имея соответствующее программное обеспечение, может отслеживать состояние СЭУ и судна в целом в режиме реального времени.

В каютах остальных механиков и мотористов установлены панели аварийной сигнализации.

6 Техническое обслуживание дефектация и ремонт центробежных насосов

6.1 Мероприятия РМРС по ТОИ, подготовке СТС к освидетельствованию и ремонту.

Во время эксплуатации судна РМРС постоянно проводит наблюдение - освидетельствование за выполнением судовыми механиками основных требований и положений Регистра, обеспечивающих условия безопасного плавания судов, охрану человеческой жизни и перевозимого груза, а также предотвращений загрязнений окружающей среды с судов.

Целью наблюдений является определение соответствия эксплуатации судна установленным Регистром Правилам и дополнительным требованиям.

Для этого Регистром применяются системы периодического, дополнительного (по желанию судовладельца) и непрерывного (для некоторых СТС) освидетельствований.

По результатам освидетельствования Регистр определяет техническое состояние объектов наблюдения, оценивает степень их технического соответствия требованиям Правил Регистра. Если в результате освидетельствования происходит отклонение в техническом состоянии объекта наблюдения, то это должно быть отражено в соответствующем Акте освидетельствования и может служить основанием для не подтверждения тех или иных свидетельств, невозможности их выдачи или установления ограничений по их эксплуатации.

В обязанности судовых механиков с соответствиями требованиями Правил классификации и постройки морских судов входят:

- предъявление СТС к освидетельствованию Регистра в установленные сроки;
- принятия необходимых мер по подготовке к освидетельствованию.

Подготовка осуществляется каждым судовым механиком под общим руководством старшего механика судна. Механики судна, ответственные каждый по своему заведованию, в процессе подготовки к освидетельствованию руководствуются требованиями к ТС объектов своего заведования, изложенными в нормативных документах [а именно в «Правилах

классификационных освидетельствований (1) и Руководстве по техническому наблюдению (2) за судами в эксплуатации], инструкциям заводов-изготовителей, план-графикам технического обслуживания, а по организации подготовки так же и указаниям старшего механика. Основная цель подготовки заключается в том, чтобы убедиться в исправном состоянии СТС подлежащих освидетельствованию, в их соответствии требованиям, указанным в нормативных документах и, в случае необходимости, привести СТС в необходимое состояние.

При проведении освидетельствований каждый механик, ответственный по своему заведованию, обязан:

- предъявить по требованию инспектора Регистра учётно-отчётную документацию машинный журнал, документы учёта технического состояния, план-график ТО и ремонта и другую учётную документацию, отражающую ТС освидетельствуемых СТС, а так же документацию выдаваемую на судно в соответствии с Правилами классификации и постройке морских судов;

- сообщить инспектору Регистра обо всех аварийных случаях, отказах использования запасных частей и ремонтах СТС своего заведования, проведённых с момента предыдущего освидетельствования;

- обеспечить доступ инспектору к освидетельствуемым объектам и их частям, в том числе посредством разборки;

- произвести проверку контрольно-измерительных приборов;

- обеспечить соблюдение правил техники безопасности при проведении освидетельствования;

- выполнять требования инспектора Регистра в процессе освидетельствования для подтверждения исправности СТС (включая системы, трубопроводы, арматуру, срабатывание защит и т.д.).

Все лица командного состава, ответственные по заведованиям, должны быть хорошо знакомы с содержанием документов Регистра и принимать меры по устранению выявленных при освидетельствовании недостатков.

Периодические освидетельствования судов (очередное и ежегодное) проводится Регистром в установленные сроки. С очередным и ежегодным освидетельствованиями совмещается проверка исправности ТС и выполнение требований, предусмотренных международными конвенциями.

Если ежегодное освидетельствование в конечном итоге по своим

результатам наблюдения состояния СТС признаётся соответствующим требованиям РМРС и подтверждает класс судна, то очередное освидетельствование судна заключается в детальных осмотрах объектов наблюдения, а именно:

- замерах, требующих значительного времени для разборки механизма;
- определения зазоров, износов и центровки в конкретных узлах механизмов;
- гидравлических испытаний отдельных узлов дизелей, котлов, теплообменных аппаратов... и т.п.;
- освидетельствования в доке подводной части корпуса (замер толщины обшивки, сварочных швов на непроницаемость, состояние протекторов и донно-заборной арматуры);
- освидетельствование рулевого устройства, движителей и гребных валов.

Очередное освидетельствование проводится как правило каждые пять лет со времени окончания предыдущего очередного или первоначального освидетельствования. В отдельных случаях Регистр может сократить этот период исходя из технического состояния СТС.

Так же дата очередного освидетельствования может быть отсрочена Регистром по просьбе судовладельца, но не более чем на срок, установленный Правилами Регистра.

Цель очередного освидетельствования - возобновление класса.

Проведение очередного освидетельствования предусматривает выполнение значительного объёма работ. Потому у судоходных компаний существует стремление использовать исполненные и документально оформленные результаты ТО СТС для зачёта при проведении очередного освидетельствования. Классификационные общества установили процедуры, позволяющие совместить процессы ТО и освидетельствование.

Эти процедуры включают:

- применение системы непрерывного освидетельствования в соответствии с разработанным учётным планом-листом;
- наблюдение за схемой планово-предупредительного ТО как альтернативой непрерывной системе;
- использование результатов диагностирования при освидетельствовании;

- передачи части полномочий старшему механику судна для сокращения времени, необходимого для освидетельствования.

Непрерывное освидетельствование устанавливается Регистром по заявке судовладельца и в соответствии с согласованным учётным планом- листом. Предъявлении объектов в этом случае, как правило совмещается с ежегодным освидетельствованием, плановыми ремонтами моточистками.

При этом некоторые виды освидетельствования, выполненные старшим механиком (при наличии у него удостоверения) не позднее трёх недель после последнего освидетельствования могут быть зачтены инспектором Регистра по учётном план-листу при их выборочном предъявлении.

В систему непрерывного освидетельствования не включается освидетельствование грузоподъёмных устройств, используемых при ТО и ремонте оборудования в составе МО.

Целью ведения непрерывного освидетельствования является уменьшение работ при очередном освидетельствовании судна и, следовательно, сокращения сроков проведения очередного освидетельствования. При этом возобновление класса судна производится только при плановом очередном освидетельствовании.

В отличии от планово-предупредительной системы ТО, которая не находится под наблюдением Регистра, существует альтернативная система непрерывных освидетельствований - СППТ (схема плановопредупредительного техобслуживания). Основная цель применения СППТ состоит в том, что экипаж, выполняя ТО и ремонт, заполняет согласованные с Регистром формы, которые при ежегодных освидетельствованиях предъявляются инспектору Регистра. При этом инспектор осуществляет не только осмотр и проверку наблюдений объектов, но и проводит ежегодный аудит СППТ.

СППТ должна содержать нижеследующие требования:

а) по содержанию:

- организационная структура системы;
- перечень оборудования.

б) по документации:

- процедура идентификации механизмов;
- перечень и содержание ТО механизма (план-график ТО);

- перечень приборов технической диагностики;
- исходные (начальные) значения параметров технического состояния механизма;
- инструкции по ТО заводов-изготовителей;
- методику обработки собираемых данных и по ТС объекта и другие справочные материалы;
- записи о проведённых ТО и ремонтах.

В журнале С1И1Т фиксируются так же ремонты СТС, проведённые без вывода судна из эксплуатации, результаты которых контролируются инспектором.

Важным элементом освидетельствования судов с применением современных технических средств является применение систем контроля и диагностики. При этом Регистр устанавливает следующие требования:

- судно не должно быть старше 15 лет;
- наличие диагностических средств, прошедших аттестацию;
- доказательство соответствия между диагностическими признаками и ТС;
- наличие на судне специалистов, прошедших обучение и имеющих право осуществлять контроль;
- наличие согласованной с Регистром методики диагностирования.

Результаты контроля для без разборного освидетельствования не распространяется более, чем на одно освидетельствование и только тогда, когда замеров было выполнено не более двух с периодом в 6-12 месяцев и линейный прогноз изменения состояния на четыре года говорит от том, что диагностический параметр не достиг аварийного значения.

Ответственный за заведование полученные диагностические параметры фиксируются в судовой документации, и затем инспектором актах периодических освидетельствований отражается техническое состояние объекта.

При очередном освидетельствовании главных и вспомогательных дизелей инспектору должны быть предоставлены результаты замеров и определение износов втулок цилиндров, поршней, крейцкопфов, рамовых и мотылевых шеек и раскепов коленчатого вала и его просадки, удлинения шатунных болтов.

Главные двигатели при очередном освидетельствовании проверяются в

действии на ходовых испытаниях судна.

При ежегодном освидетельствовании главные и вспомогательные дизели подлежат наружному осмотру и проверке в действии.

Судовые системы и трубопроводы так же подлежат очередным и ежегодным освидетельствованиям, связанным с их проверкой в действии и в необходимых случаях с обеспечением доступа вскрытия и демонтажа отдельных ее участков.

6.2 Описание конструкции насоса.

По сравнению с насосами других типов центробежные насосы имеют следующие преимущества:

-равномерность подачи и постоянство давления при установившемся режиме;

-возможность получения большой агрегатной подачи, использование приводов различных типов, возможность перекачивания жидкостей различной вязкости;

- малая масса и габариты;

- надежность и простота конструкции;

- понятное и простое регулирование производительности;

- нечувствительность к чистоте перекачиваемой жидкости;

- нечувствительность механическим примесям

К недостаткам центробежных насосов следует отнести:

-зависимость напора от производительности;

-невозможность работы «на сухую»;

-низкий КПД на малых нагрузках

-высокая чувствительность к падению герметичности на участках всасывающего трубопровода.

Насос состоит из крылатки, сидящей на шпонке вала между съемными дисками и корпусом. Полость между дисками сообщается при помощи прорези в диске с камерой и медной трубкой с всасывающим патрубком при помощи прорези в диске с камерой. Камера соединена с трёх ходовым краном, ввёрнутым

в отверстие штуцера. Уплотнительное устройство вакуумного насоса состоит из сальника, нажимной втулкой которого служит диск и резиновых колец уложенных в выточки дисков. При пуске насоса воздух из всасывающего трубопровода через патрубок, медную трубку и серповидную прорезь будет засасываться во всасывающую полость вакуумного насоса. Попав в межлопастное пространство крылатки вакуумного насоса, воздух при переносе его из всасывающей полости в нагнетательную будет сжат через прорезь и вытолкнут в камеру, а оттуда через трёх ходовой кран в атмосферу через атмосферную трубку. Как только всасывающая полость центробежного насоса заполняется перекачиваемой жидкостью она начнёт поступать из атмосферной трубки. ВО время работы насоса должна быть обеспечена циркуляция воды через вакуумный насос для поддержания нормального температурного режима в нём.

6.3 Дефектация насоса.

Нормальная работа насоса во время всего срока его службы возможна только при его правильной эксплуатации и обслуживании. При возникновении любых неисправностей в работе насоса таковые должны быть немедленно устранены.

Надёжность центробежного насоса во многом зависит от самого сложного и ответственного узла – ротора. В состав ротора входит вал, соединительные муфты, детали торцовых уплотнений и разгрузочные устройства. В процессе их работы могут появляться дефекты, которые приведены в таблице № 6.1.

Нормальная работа насоса обеспечивается тщательностью проведения статической балансировки как отдельных элементов, так и динамической балансировки ротора. При неудовлетворительной балансировке необходимо разобрать ротор и провести балансировку каждого элемента. Определение состояния оси вала ротора осуществляется проверкой вала на биение на токарном станке и на опорных подшипниках насоса. В этом случае измерения проводятся с помощью индикатора, устанавливаемого на плоскости

горизонтального разъема или подшипника в зависимости от места измерения. Измерения проводят по сечениям вала в областях шеек, концевых уплотнений, полумуфт и упорной пяты.

Таблица 6.1

«Дефекты насоса и способы их устранения»

Дефекты	Способы устранения
Вал	
Изогнутость	шлифование при изогнутости до 0,1 мм, при больших значениях изогнутости – замена.
Трещины, скручивание, коррозионные разрушения	замена
Срыв или смятие резьбы	Калибрование резьбы до трех витков
Посадка подшипника ослаблена	Хромирование шейки вала с последующим шлифованием
Смятие шпоночных пазов соединения вала с полумуфтой	Замена шпонки, фрезерование нового шпоночного паза, калибрование паза
Подшипник	
Трещины и обломы фланцев крышки	Замена
Трещины или износ посадочной поверхности корпуса	Замена
Износ рабочей поверхности	Замена
Трещины стакана	Замена
Трещины или отслаивание вкладыша	Замена
Износ посадочной поверхности для стакана	Растачивание, замена стакана

Основными причинами отказов роторов могут быть коррозия и эрозия элементов проточной части, износ шеек вала подшипников, изогнутость вала, дефекты монтажа подшипников, задевание вращающихся деталей за неподвижные части насоса. Допускаемые значения остаточной

неуравновешенности деталей насосов определяются их массой и частотой вращения.

Характерные повреждения и дефекты соединительных муфт, способы их устранения.

Основное назначение соединительных муфт - передача механической энергии от приводного двигателя (турбина, электродвигатель) к насосу. В судовых насосах могут быть использованы муфты трех типов: втулочно-пальцевые, зубчатые и упругие. Из указанных типов муфт наиболее широкое применение в насосах получили втулочно-пальцевые муфты, отличающиеся простотой конструкции и малой стоимостью. При работе насоса распределение нагрузки между пальцами неравномерное, а это приводит к повышенному изнашиванию втулок и способствует появлению дополнительных радиальных нагрузок на соединяемые валы. При эксплуатации насосов с такими муфтами необходим контроль целостности пальцев, посадочных мест каждой полумуфты и вала.

6.4 Ремонт насоса.

Последовательность разборки насосов определяется особенностями конструкции насоса. Разборка начинается с отсоединения от насоса механизма привода. Снимают арматуру и трубы, разбирают сальниковое уплотнение, снимают крышку ротора, поднимают ротор и выводят его из корпуса насоса. При разборке ротора насоса с вала спрессовывают муфту, подшипники качения и рабочее колесо.

К основным дефектам корпусов насосов относятся:

- пропуски перекачиваемой жидкости по разъемам корпусов и фланцев;
- повреждения нарезных отверстий для крепежных изделий;
- нарушение центровки корпуса;
- наличие отдельных свищей, трещин и др.

Перед обработкой корпуса из него вывертывают все крепежные детали, а отверстия с сорванной резьбой просверливают на ближайший размер, затем вновь нарезают резьбу. Дефекты разъемов корпуса устраняют шабрением. После

шабрения устанавливают крепежные детали. При необходимости растачивают гнёзда вкладышей и посадочные места. Трещины и свищи в корпусе устраняют заваркой.

Дефекты рабочих колес такие как разъедание поверхности глубиной меньше 1мм, допускается зачистка лопастей до полного удаления раковин. При сплошном разъедании поверхности рабочего колеса свыше 1 мм приходится устанавливать новое колесо. Уменьшение толщины лопастей после обработки не должно превышать 15% чертёжной.

Смятие кромок шпоночных пазов устраняют обычными способами. Вал насоса заменяют при значительном ослаблении посадки рабочего колеса.

Наиболее часто встречающихся дефектов валов являются: износ рабочих шеек, риски и задиры на них, обрыв ниток резьбы на валах, уменьшение диаметров посадочных мест, разработка шпоночных пазов, износ рубашек, насаженных на валы, и ослабление их посадки, изгиб валов. Изгиб валов устраняют правкой. При ослаблении посадки рубашек на валах их заменяют. Дефекты рубашек в виде износа, рисков и задиров устраняют проточкой. Разрешается восстановление номинальных размеров вала наплавкой с последующей обработкой и шлифованием.

Сборка насоса производится в следующем порядке. В корпусе насоса должны быть установлены и закреплены уплотнительные полукольца. Затем на валу насоса закрепляют рабочее колесо, напрессовывают подшипники качения и соединительную полумуфту. Собранный ротор устанавливают в корпусе насоса, проверяют зазоры ставят крышку насоса, проверяют лёгкость вращения и затем полностью собирают крышку. После устанавливают сальниковое устройство, штуцера, трубки и другие детали. Затем насос устанавливают на фундаментную раму.

7 Безопасность жизнедеятельности судна

7.1 Техника безопасности на судах.

7.1.1 Общие требования техники безопасности.

На морском транспорте используются «Правила техники безопасности на судах морского флота». Эти правила, имеющиеся на каждом судне, и выполнение их экипажем судна обязательно. Ответственность за организацию изучения членами экипажа правил возлагается на капитана судна. Капитан обязан лично и через своих помощников и начальников служб проводить мероприятия по технике безопасности.

Экипаж судна должен комплектоваться из квалифицированных работников, прошедших специальное обучение и имеющих дипломы и свидетельства. К работе на суда допускаются люди не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, знающие правила техники безопасности и инструкции по обслуживанию устройств и механизмов.

Командный состав, проходя аттестацию, сдает экзамен по технике безопасности. Рядовой состав судна должен пройти обучение по безопасным методам работы применительно к своим специальностям. При этом особое внимание должно быть уделено вновь поступающим работникам.

После обучения проводится проверка знаний старшим помощником и старшим механиком. Повторные проверки знаний проводятся не реже двух раз в год.

7.1.2 Техника безопасности при ремонтных работах.

Ремонтные работы на судне должны быть организованы в соответствии с действующими «Правилами о ремонте судов» и «Правил техники безопасности на судах». Ответственность за соблюдением техники безопасности при ремонтных работах в МО возлагается на старшего механика.

Перед началом ремонтных работ старший механик обязан: обеспечить соблюдение всеми членами бригады правил техники безопасности; лично проинструктировать лиц, назначенных для выполнения данной работы с

последующей подписью в журнале; проверить достаточность квалификации лиц, назначенных ответственными исполнителями работ; обеспечить их необходимой спецодеждой и защитными средствами.

Работать разрешается только в чистой спецодежде, подогнанной по росту, застегнутой на все пуговицы и застёжки. Обувь должна быть на кожаной подошве без набоек и хорошо зашнуровываться. Волосы убираются под головной убор.

Рабочее место должно содержаться в чистоте, быть достаточно освещенным, проходы к нему должны быть свободны, а плиты, решетки, трапы и поручни хорошо закреплены, чистые и сухие. Пролитое масло и топливо немедленно убирают, а грязную ветошь уничтожают или хранят до утилизации в металлических ящиках с крышками.

Работать разрешается только исправным инструментом и приспособлениями. Тали должны быть испытаны и иметь соответствующую бирку (испытания не реже 1 раз в год; испытания проводятся статической нагрузкой в течение 10 минут). Стропы должны иметь бирки с указанием допускаемой нагрузки и срок испытаний. Запрещается применять стропы, которые имеют более 10% поврежденных проволок на длине 8 диаметров и значительную ржавчину.

Перед началом работ по демонтажу, испытанию оборудования и систем на судне необходимо осмотреть рабочее место и убедиться, что работы отвечают правилам безопасности труда. При необходимости допускается доставка членами экипажа груза массой не более 20 кг.

При работе необходимо пользоваться только исправным инструментом, хранящимся в специальном переносном ящике. Запрещается пользоваться неисправным инструментом, в том числе ручниками, кувалдами, имеющими заусеницы, наклейки, неисправные рукоятки, напильниками и другими инструментами, имеющими непрочные рукоятки, ключами с разработанными губками или несоответствующих размеров.

Запрещается применять гаечные ключи в качестве контрключей для удлинения длины плеча ключей. Если для затяга требуется большое усилие, нужно пользоваться ключами с удлиненной рукояткой.

При промывке и обезжиривании деталей керосином, уайт-спиритом, бензином и другими легковоспламеняющимися жидкостями нужно строго соблюдать правила пожарной безопасности. Лица, работающие с такими веществами, должны быть проинструктированными об их свойствах и о способах безопасной работы с ними.

При механической обработке деталей и при выполнении электросварочных работ необходимо строго соблюдать правила, соответствующие безопасности труда и производственной санитарии. Т.к., при электросварочных работах производится обработка, подготовка кромок, поверхностей под сварку с помощью машинок (шлифовальных, сверлильных), необходимо соблюдать следующие требования: шлифовальные и сверлильные пневмомашинки при перерыве в работе выключать и оставлять в положении, исключающем случайные включения; работать шлифовальной машинкой с абразивным кругом при наличии защитного экрана и защитных очков; не применять наждачные круги с щербинами, трещинами и другими дефектами.

Место работы электросварщика на судне необходимо оградить щитами и ширмами. При монтаже трубопроводов необходимо следить за надежным закреплением каждого участка системы. Запрещается крепить трубопроводы и арматуру не предназначенными для этого средствами.

При окрасочных работах необходимо строго соблюдать правила техники безопасности труда и личной гигиены. Место окраски должно иметь вытяжную вентиляцию и необходимые средства пожаротушения. При окраске пульверизатором следует надевать очки закрытого типа и респиратор.

7.1.3 Безопасность труда при ремонтах и осмотрах судовых систем.

Все судовые системы представляют собой сеть трубопроводов и цистерн с обслуживающими их вспомогательными механизмами, агрегатами и контрольными приборами.

В узловом разделе проекта рассмотрен вопрос эксплуатации балластной системы судна. Как и всякая судовая система балластная система представляет собой сеть трубопроводов (основная часть магистрали), которые соединяют места приёма забортной воды с заполняющими его цистернами и места удаления воды за борт из балластных цистерн.

Приёмные патрубки забортной воды изготовлены из медно-никелевого сплава, чтобы надёжно противостоять коррозии, перепускные участки магистрали – медные, а основной трубопровод выполнены из стальных оцинкованных труб на которых установлены цинковые протекторы.

Так же на магистральном трубопроводе системы в местах возможного застоя воды установлены спускные краны для её дренажа и осушения, что выполняется при работе судна в условиях минусовой температуры.

Основными элементами, характеризующими состояние трубопроводов, являются внутренний диаметр трубы и толщина её стенки.

Состояние внутреннего диаметра (проходного сечения трубы) при его конструктивной длине и расходе забортной воды определит падение напора по длине трубопровода.

Толщина стенки и материал трубы определяют её прочность, а, следовательно, допускаемое рабочее давление.

В инструкции по эксплуатации системы указана предельная величина износа трубопровода по толщине стенки при достижении которой участок трубопровода необходимо заменить. Обычно длин стандартных заготовок для трубопроводов составляет от 4 до 6 метров.

После ремонта трубопроводы испытываются при трёх видах давления:

- под пробным кратковременным предельном давлении, которое должен выдержать трубопровод при гидравлических испытаниях водой с определенной температурой;

- под условным давлением с нормальной температурой воды. Это давление учитывает понижение механических свойств материалов труб и соединительных элементов вследствие повышения температуры забортной воды;

- под рабочим давлением за которое принято наибольшее давление, допускаемое в трубопроводе в процессе эксплуатации системы. Для балластной системы это давление составляет 0.3 Мпа.

Для уплотнения между фланцами трубопроводов устанавливают прокладки из клингирита, паронита, резины или из мягких металлов. При установке прокладок необходимо убедиться, что она не перекрывает проходное сечение трубопровода.

Забортные приёмные отверстия системы должны быть снабжены сетчатыми фильтрами, предотвращающими засорение проходных сечений донной арматуры. Эта арматура должна быть оборудована исправно работающей паровой системой обогрева и продувания с давлением не выше 0,3 Мпа.

Перед очисткой фильтров от грязи и льда необходимо убедиться, что приёмный патрубок воды перед фильтром полностью закрыт.

Для предотвращения коррозионных разрушений трубопроводов в процессе эксплуатации системы всю запорную арматуру на работающих участках необходимо полностью открывать, а на неработающей полностью закрывать.

Следить за состоянием протекторов, проверяя их не реже одного раза в месяц и заменяя по мере износа.

Балластная система подлежит детальному осмотру и проверке в действии при очередном освидетельствовании судна.

Система проходит гидравлическая испытания под пробным давлением не реже, чем через четыре года, а донная арматура – при каждом очередном освидетельствовании.

По требованию инспектора РМРС должна быть произведена разборка трубопроводов для осмотра внутренних поверхностей, а также для выполнения замеров остаточных толщин труб.

Система признается выдержавшей испытания, если не будет обнаружено трещин, разрывов, видимых остаточных деформаций, пропусков и повреждений.

7.2 Противопожарная защита

7.2.1. Мероприятия по противопожарной защите.

Надзор за выполнением пожарной безопасности на судах осуществляет ведомственная пожарная охрана, которая контролирует подготовку судовых экипажей к борьбе с пожарами, а также оказывает им практическую помощь в организации и проведении противопожарных мероприятий.

На всех судах обязательна установка не менее трёх основных систем пожаротушения. Так на проектируемое судно установлены:

- система водяного пожаротушения (тушение пожаров, связанных с горением твердых горючих веществ);
- система углекислотного пожаротушения (электрооборудование в МКО, помещение АДГ и помещение инсинератора);
- система водяного тумана (для тушения пожаров на грузовых палубах судна).

На судах повышенную пожар опасность представляют помещения с открытыми источником огня, например, сварочные, а также те - в которых хранятся легко воспламеняющиеся жидкости и материалы. К ним относятся малярные кладовые обустраиваемые чаще всего в носовой части судна и оборудуются светильниками во взрывобезопасном исполнении и вытяжной вентиляцией. Помещение должно иметь выход на главную палубу. Использование дерева для отделки этих помещений запрещено.

Канистры с жидкостями, входящими в состав судового снабжения и имеющими температуру вспышки менее 45 С, должны храниться в специальных металлических ящиках, оборудованных воздушными трубами и пламя прерывающими сетками. Под ящиками должны находиться поддоны. Заполнение канистр должно выполняться вне помещения, в которых они размещены.

Так же пожароопасным является машинно-котельное отделение в состав которого входят механические и электромеханические мастерские, форсуночная, а также топливные и масляные танки и цистерны. Каждая отстойная и расходная цистерны должны быть оборудованы мерным устройством (стеклом или специальным датчиком уровня), воздушным гуськом с запорным клапаном и термометром для контроля за температурой топлива.

Хранение топлива и масла в танках и цистернах, расположенных ниже жилых помещений запрещено, если они отделены от них специальными горизонтальными коффердамами.

Машинно-котельное отделение отгораживается от смежных помещений водонепроницаемыми переборками. В случае возникновения пожара в МКО должно быть предусмотрено не менее двух выходов на открытую палубу для эвакуации людей.

7.2.2 Система углекислотного пожаротушения.

Основное требование, предъявляемое к противопожарным системам – это высокая надёжность и готовность к немедленному использованию.

Этому требованию отвечает углекислотная система пожаротушения высокого давления, используемая на проектируемом судне типа «РО-РО» для тушения пожара в машинном отделении, помещении аварийного дизель-генератора, помещении инсинератора, малярной.

Ликвидация пожара в судовых помещениях углекислым газом (CO₂) осуществляется методом объёмного тушения, так как он, имея удельный вес в

1,5 раза больший чем воздух, спускается в низ помещения к очагу пожара, вытесняя его, что прекращает доступ кислорода воздуха к очагу горения.

Достоинство углекислого газа заключается в то, что он не электропроводен, химически не агрессивен к металлам и нефтепродуктам. Особенно эффективно его применение при тушении горящего электронного и электрического оборудования, средств связи и навигации и ценного груза.

Углекислотную систему пожаротушения запрещается использовать в служебных и жилых помещениях, расположенных в надстройке судна. Для тушения пожара в этих помещениях используют переносные углекислотные огнетушители.

Для тушения в подпоршневых полостях и картерах главных судовых дизелей и в отдельных пожаро опасных помещениях МКО (например, в форсуночных) применяются автономные углекислотные установки из небольшого числа баллонов CO₂, которые располагают в местах, приближенных к вероятным очагам пожаров.

В больших судовых помещениях, например, такие как МКО для тушения пожара используют специальную углекислотную систему, которая состоит из станции в составе групп баллонов для хранения в них углекислоты; коллекторов с невозвратными клапанами; трубопроводов, связывающих систему с охраняемыми помещениями и специальную систему АПС.

Обычно станции размещают в судовых надстройках, расположенных вдали от служебных и жилых помещений и имеющих выход на открытую палубу. Помещение станции ограничено специальными газонепроницаемыми переборками и палубой с теплоизоляцией. Станция оборудуется вытяжной вентиляцией и отопительными приборами. В помещении станции поддерживается умеренная температура, не превышающая 40С, так как при дальнейшем её увеличении возможно усиленное испарение углекислоты с последующим опасным повышением давления в баллонах с жидкой углекислотой. Объем стальных баллонов составляет 40 литров. В баллонах углекислота находится в жидком состоянии.

На проектируемом судне углекислотная система используется для тушения пожаров в машинном отделении, помещении АДГ, малярной и помещении инсинератора. Требуемое для защиты самого большого охраняемого помещения судна – МКО количество углекислоты G определится расчётом по выражению:

$$G = 1,79 \times \varphi \times V = 1,79 \times 0,4 \times 4370 = 3128 \text{ кг, где}$$

$$V_{\text{МО}} = L_{\text{МО}} \times H_{\text{МО}} \times B_{\text{Ср}} = 23 \times 10 \times 19 = 4370 \text{ м}^3$$

(где $L_{\text{МО}}$ – длина МО, $H_{\text{МО}}$ – высота МО, $B_{\text{Ср}}$ – ширина МО по средней платформе) – объем машинного отделения с учётом его обводов при кормовом расположении, $\varphi = 0,3 \div 0,45$ – безразмерный коэффициент, учитывающий заполнение МО оборудованием. Принимаем $\varphi_{\text{МО}} = 0,4$.

Количество баллонов $V_{\text{б}} = 40$ литров и весом углекислоты в одном баллоне $G_{\text{б}} = 25$ кг составит:

$$Z_{\text{б}} = G/G_{\text{б}} = 3128/25 = 125 \text{ шт.}$$

Принимаем к установке на судно в станции углекислотного пожаротушения две группы баллонов по 55 штук в каждой группе и одну группу из 15 баллонов, используемую для тушения пожара в малообъемных помещениях.

На каждом баллоне установлены быстродействующие запорные клапаны с предохранительной мембраной, которая разрушается при определенном давлении, и углекислота через предохранительный трубопровод выпускается в атмосферу.

На сборных коллекторах для контроля полного закрытия баллонов установлены манометры, реагирующие на утечку газа из каждого баллона.

Выпускные трубопроводы системы в охраняемых помещениях оканчиваются соплами или перфорированными трубами.

Включение системы в работу дистанционно или вручную выполняется из помещения самой станции или с постов управления расположенных на мостике и в ЦПУ. Ручное управление является резервным.

При поступлении углекислоты в охраняемые помещения подается сигнал светозвуковой сигнализации с использованием проходных кранов заблокированных с датчиками установленных на выпускных трубопроводах. Продолжительность сигнала должна быть не менее 20 секунд. При возникновении пожара в охраняемых помещениях они должны быть заполнены углекислотой на 30% их объема в течении 15 минут.

К недостаткам системы углекислотного пожаротушения следует отнести:

- неэффективность тушения пожара на открытых палубах, а также при тушении горючих веществ, содержащих в своем составе кислород;
- большие массо-габаритные размеры и сравнительно высокая стоимость;
- возникновение опасности для жизни людей при большой концентрации;
- невозможность пополнять утечки из баллонов в течении рейса, возникающих в летний период (особенно при плавании в тропических широтах).

7.2.3 Система водяного тумана.

Система водяного тумана на морском судне впервые была использована в 1991 году, а затем, за срок менее десяти лет, получила широкое распространение не только на грузовых, но и на пассажирских судах морского флота. Система получила признание как эффективное и безопасное средство противопожарной защиты.

Основное достоинство системы водяного тумана высокого давления (ПВТВД) состоит в том, что она безопасна для людей, а поэтому может быть активирована немедленно после обнаружения возгорания, что означает минимальный уровень повреждений в результате пожара. Кроме того, учитывая тот факт, что водяной туман не улетучивается из помещения подобно газам, не возникает необходимости наглухо закрывать помещение и отключать систему вентиляции.

После срабатывания датчиков дыма и пламени, установленных в охраняемых объектах, система ПВТВД активируется автоматически или с постов управления расположенных на ходовом мостике и в ЦПУ.

Так как в системе ПВТВД используется пресная вода, то таким образом исключается трудоёмкая уборка помещений после тушения пожара.

Система ПВТВД исключает повторное возгорание после того, как пожар был потушен, благодаря быстрому и эффективному охлаждению охраняемого объекта.

Применение системы ПВТВД не ограничивается только рабочими помещениями, а может быть использовано так же для служебных помещений, так как водяной туман воздействует на два пожарных фактора – кислород и тепло и является эффективным практически при тушении любого пожара.

Принципиальная схема системы ПВТВД представлена на плакате № .

От других систем она отличается простотой конструкции в состав которой входят типовые клапаны, задвижки, сопла и трубопроводы, что позволяет добиться значительной экономии средств за счёт снижения расходов на материалы и монтаж составляющей системы.

На проектируемом судне типа «РО-РО» система охраняет три грузовые палубы. На каждой грузовой палубе установлено по 20 форсунок с давлением 8 бар.

Пресная вода для тушения пожара забирается центробежным насосом из танка пресной воды перед которым установлен двухсекционный сетчатый фильтр. В случае выхода из строя фильтра предусмотрена обводная труба с запорными проходными клапанами. Танк оборудован датчиками верхнего и нижнего уровней пресной воды.

Центробежный насос оборудован на входе мановакууметром и манометром на его выходе для измерения соответственно разрежения всасывания и давления воды в трубопроводе системы. К панели управления насосом от ГРЩ и АДГ подведено питание током напряжения 220 В и частотой 50 Гц.

Пополнение танка происходит автоматически от гидрофора пресной воды при срабатывании датчика нижнего уровня. В системе использованы температурные и дымовые извещатели. В дымовых извещателях воздух

засасывается из помещения по трубке и подается к фотоэлементу. В температурных извещателях применяются плавкие вставки. Все тепловые датчики срабатывают при повышении температуры в помещении выше 70С, при которой вставка плавится и разрывается электрическая цепь, вызывая срабатывание сигнализации. При срабатывании детектора дыма или пламени в охраняемых помещениях в них включается светозвуковая сигнализация. Этот сигнал может быть квитирован специальной кнопкой из аварийного помещения или кнопками, расположенными на щитах управления на ходовом мостике или в ЦПУ. Главный щит системы расположен в ЦПУ МО. На ходовом мостике расположены панели щита управления для запуска системы в работу и кнопки квитирования светозвуковой сигнализации.

Распылители воды для образования водяного тумана под давлением 8 бар расположены на каждой палубе в количестве 20 штук.

7.3 Мероприятия по охране окружающей среды.

Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов 1973 года и протокол 1978 (МАРПОЛ 73\78) принята в Лондоне на конференции международной морской организации ИМО (International Maritime organization) в которой принимали участие представители 71 страны.

Конвенция содержит 20 статей, определяющих все правовые вопросы её применения, инспектирования судов, ответственности за нарушения и т.п.

В конвенции предусматриваются меры по сокращению и предотвращению загрязнения морской сред нефтепродуктами, сточными водами, мусором, другими отходами образующимися, например, от перевозимого груза, а также выбросы в атмосферу от главных и вспомогательных дизелей, котельных установок и инсинераторов.

В соответствии с требованиями конвенции МАРПОЛ 73\78 на судне установлено специальное оборудование для сбора и обработки нефтесодержащих вод. Нефтесодержащие отходы собираются в специальный танк и либо обрабатываются на судне, либо сдаются на берег в ближайшем порту. Часть особо загрязненных отходов может сжигаться в инсинераторах.

Существует много способов очистки льяльных вод в условиях судна, например, фильтрация, сепарирование, флотация и коалесценция. К современному фильтрующему оборудованию отвечающему требованию резолюции ИМО МЕРС60 можно отнести оборудование типа ОНВ-М (Россия), TCS (Германия), Heli-Sep (США), УКФ (Литва), OS (Корея) и HMS (Япония).

На проектируемой СЭУ принято к использованию хорошо зарекомендовавшие себя отечественное фильтрующее оборудование типа ОНВ-М, которое состоит из сепаратора грубой очистки нефтепродуктов и фильтра для тонкой очистки (с содержанием нефти менее 15млн -1). Оборудование снабжено контрольным устройством для измерения содержания нефти в очищенной льяльной или нефтесодержащей балластной воде. Если содержание нефти в очищенной воде превысит 15млн-1, то последует сигнал тревоги, и сепаратор автоматически переключается на кратковременную обратную промывку измерительной ячейки, со сбросом воды обратно в цистерну с не очищенной нефтесодержащей водой.

Опытным путем установлено, что на транспортном судне на одного человека приходится 50 литров сточных вод, 0.3 литра пищевых отходов и 0.002м³ мусора.

В соответствии с приложением 4 конвенции МАРПОЛ 73\78 суда должны быть оборудованы цистерной для сбора сточных вод с трубопроводом для их сброса в приёмное сооружение и подвода к установке по их обработке (очистке и обеззараживанию). Для обеспечения возможности присоединения труб приёмных сооружений к судовому трубопроводу он оснащается стандартным фланцем, рассчитанным на рабочее давление не менее 0.6 Мпа.

Насчитывают четыре типа судовых установок для очистки и обеззараживания сточных вод, которые отличаются только методом их обработки, а именно: механический, физико – химический, электрохимический и биохимический.

Механический принцип используется в судовых установках с судовым экипажем 10÷15 человек и заключается в механическом измельчении

нерастворимых веществ в дробильных аппаратах с последующей ручной чисткой фильтров. При этом качество очистки по-биологически показателям значительно ниже, чем при физико-химической или биохимической очистке. К установкам для рассмотренного метода очистки относятся установка «НСОИТ» Германия.

В установках работающим физико-химическому методу используются в различных сочетаниях физические (фильтрация, осаждение, флотация, центрифугирование) и химические процессы. Этот метод обработки используется в установках типа «Сток» (Россия), «Нептуматик» (Швеция), «МОС-75» (Австрия) и других. Преимущества этих установок состоит в их высокой производительности, быстром введении в действие и автоматизации процессов, малой зависимости от солёности и температуры стоков. К недостаткам установки относятся значительная доля шлама до 5÷10 % от объёма обработанных сточных вод и относительно невысокая степень очистки по вредным веществам (до 85%) и биологическим показателям (до 75%).

Электрохимический метод обработки используется в установках типа «ЭОС» (Россия) и основан на пропускании через сточные воды постоянного тока с помощью погруженных в них электродов. При этом в сточных водах формируется рыхлые хлопья, которые благодаря пузырькам газа (кислорода водорода) флотируют (всплывают) на поверхность воды. Обеззараживание стоков происходит за счёт электрохимического образования активного хлора, а также под действием электрического поля.

Преимуществом установок – отсутствие необходимости введения обеззараживающих веществ. Недостатки в дополнение к указанным физико-химических установок добавляются затраты электроэнергии и образование водорода, требующего вентиляции помещения.

Биохимическая обработка осуществляется по средствам активного ила, состоящего из бактерий, плесневых и дрожжевых грибов, разнообразных организмов способных окислять органические загрязнения в присутствии кислорода воздуха. Активный ил требует постоянного бабротажа воздухом.

Данный способ обработки используется в установках типа «Био - компакт» (Германия), «Трайидент» (Англия), «Юнекс Симултан» (Финляндия), «СТС Диспозер» (Япония) и др.

Преимущество этих установок - высокая степень очистки (в связи с чем разрешен сброс обработанных данным методом сточных вод даже в портовых водах); простота установок, что обуславливает их невысокую стоимость и простоту обслуживания; возможность полной автоматизации процесса очистки.

К недостаткам установок относятся то, что для ввода установки на нормальный рабочий режим при выращивании активного ила (аэробных бактерий) на судне требуется значительное время до 10÷25 суток, а при зарядке в порту очистных сооружений ввод в работу возможен в течение суток; чувствительность к попаданию в воды растворителей, жира, масла и токсичных веществ, а также к солёности и температуре стоков.

Для обеззараживания сточных вод после обработки часто используется хлорирование. При хлорировании стоков, содержащих большое количество органики, образуются диоксины, отрицательно воздействующих на окружающую среду.

Поэтому в установках должно обеспечиваться наличие на выходе остаточного хлора не более 0,5 мг\л.

В связи с этим рекомендуется применять другие методы обеззараживания, а именно: озонирование, ультрафиолетовое облучение и т.д.

На проектируемом судне используется для очистки сточных вод установка «Трайидент» (Англия.) В состав установки входит отделение аэрации, где аэробные бактерии размножаются, превращая сбрасываемые материалы сточных вод в углекислый газ и воду. После обработки бактериями проводится процесс осветления (отстаивания) сточных вод и дальнейшая обработка хлором. При прохождении через хлоратор убиваются все оставшиеся вредные бактерии.

Для оценки количества обработки сточных вод системы очистки использующие показатели:

- коли индекс, который показывает количественное содержание микроорганизмов (кишечных палочек) в 1 литре воды. Норма составляет 1000млн-1;

- БПК5 – индекс который показывает биохимическое потребление кислорода необходимого для окисления содержащихся в обрабатываемой воде органических примесей в течение пяти суток при температуре 20С без доступа воздуха и света. Норма составляет 50млн-1;

- количество остаточного активного хлора не более 5млн -1.

Твердые отходы из МО и жилых помещений обводненные и сильно загрязненные нефтеотходы, а также отходы камбуза на судах сжигаются в специальных печах – инсинераторах.

На морском транспортном флоте широко используются такие типы инсинераторов как «ATLAS» (Дания), DETEGASA (Испания), «Team Tes AS» (Норвегия), допускающие содержание воды в нефтеотходах до 50%. На проектируемом судне устанавливается печь отечественного производства СП-0. Эта печь является комбинированной и имеет производительность по твёрдым отходам 50кг, а по жидким 50 литров в час. Потребляемая мощность печи 60кВт, род тока – переменный 380В. Печь имеет дополнительную горелку работающую на дизельном топливе расход которого составляет 9кг\ч.

Комиссия по защите окружающей среды при международной морской организации (ИМО) занимается разработкой требований по ограничению вредных выбросов с отработавшими газами судовых дизелей и котлов. На сегодняшний день она вступила в силу и известна как 6 часть МАРПОЛ 73\78. Отработавшие газы содержат такие вредные вещества как окиси азота NOx, серы SOx, окиси углерода CO, углеводороды CxHy и частиц в виде золы и сажи, которые составляют около 0,3% отработавших газов.

Борьбу по минимизации выбросов в атмосферу вредных веществ ведут:

- первичными методами, воздействуя на рабочие процессы за счёт оптимизации конструкции ТНВД, фаз газораспределения, конструкции ГТН,

использования в открытых морях топлива для дизелей с содержанием серы по массе до 0,5%, а в портах и районах особого контроля выбросов – 0,1%;

- вторичными методами при очистке газов от вредных примесей в специальных устройствах (скрубберы), что технологически дороже и ведёт к усложнению конструкции судовой энергетической установки.

В силу отмеченного специалисты считают, что в ближайшие годы предпочтение остаётся на стороне первичных методов сокращения выбросов, хотя вторичные методы уверенно развиваются и становятся неотъемлемой частью современных судов.

Выводы

Заданием на выпускную квалификационную работу предусмотрена разработка судовой энергетической установки судна типа «РО-РО» дедвейтом 50000 тонн со скоростью хода 17 узлов.

В результате расчёта ходкости к установке на судно был принят серийный дизель «МАН БиВ» 7S70MC номинальной мощностью $N_e = 17702$ кВт при частоте вращения коленчатого вала $n = 88$ об/мин.

Мощность с выходного фланца главного двигателя передаётся непосредственно на винт фиксированного шага. Винт фиксированного шага по сравнению с другими движителями обладает высокой надёжностью, дешевле в изготовлении и прост в устройстве и эксплуатации и работает с высоким КПД в диапазоне 55÷65% в области спецификационных режимов.

Целесообразность выбора типа главного двигателя подтверждается тем обстоятельством, что модифицированные двигатели серий L-MC и S-MC установлены в качестве главных на 35% теплоходов, находящихся в составе мирового флота.

В результате расчёта нагрузки судовой электростанции на характерных режимах работы судна предложено укомплектовать её четырьмя дизель генераторными установками типа «Дизель A\S» выпускаемых фирмой «МАН Дизель и Турбо», в состав которых входит дизель 5L 28\32H с номинальной мощностью $N_e = 1100$ кВт при частоте вращения коленчатого вала $n = 720$ об/мин.

Аварийный автоматизированный дизель генератор с дизелем 4L 10\13 мощностью $N_e = 200$ кВт при $n = 1500$ об/мин установлен в специальном помещении на главной палубе судна.

В узлом вопросе проекта рассмотрен вопрос эксплуатации системы обработки балластных вод. В это плане разработана схема балластной системы судна и выбрана установка обработки балластных вод с использованием электролиза и химических реагентов, которая полностью удовлетворяет требованиям Кодекса BWMS D-2.

Автоматизация СЭУ судна в соответствии с нормами РМРС выполнены на знак AUT1, что позволяет эксплуатировать её безвахтенно как на ходу, так и на стоянке судна.

В основу управления главным двигателем использована система ДАУ «AutoChief C20» фирмы «Kongsberg Maritime C20 Marine Automation system», которая управляется из ходовой рубки и из центрального поста управления.

Автоматизированная система MCS2200 «Monitoring and control system» фирмы «SAM Electronics», выполненная на микропроцессорной технике используется для контроля, управления и сигнализации судовыми вспомогательными установками и механизмами непосредственно из ЦПУ. Информация выводится на панели в каюты механиков, обслуживающих СЭУ.

В разделе судоремонта выполнен анализ подготовки судовых технических средств для проведения очередных и ежегодных освидетельствования СЭУ РМРС и подробно вопрос технического обслуживания, дефектации и ремонта центробежных насосов балластной системы.

Значительное место в проекте уделено вопросу безопасности жизнедеятельности судна. В этом разделе рассмотрены общие требования по ТБ, а морских судах и безопасные приёмы работ при выполнении ремонтных операций, а также мероприятиями предупреждающим загрязнения окружающей среды нефтесодержащими и сточными водами окислами выпускных газов.

В плане пожарной безопасности предложено для тушения пожара в МКО, помещении АДГ, инсинераторной использовать систему углекислотного пожаротушения, так как углекислый газ не электропроводен, химически не агрессивен к металлам и нефтепродуктам и особенно эффективен при тушении горящего электронного и электрического оборудования.

Грузовые палубы на проектируемом судне защищены системой водяного тумана высокого давления. Основные достоинства системы состоит в том, что она безопасна для людей, а поэтому может быть активизирована немедленно после обнаружения пожара, что способствует минимальному уровню

повреждений в результате пожара. Благодаря использованию в системе пресной воды исключаются трудоёмкие процессы уборки помещений после срабатывания системы.

Список использованной литературы:

1. Официальный сайт производителя MAN, <https://www.man-es.com/> 2022г.:
2. А. С. Пунда, Н. А. Веселков, С. А.Пальтов – Расчет рабочих процессов судовых дизелей: Учебное пособие. – М.: ГМА им. адм. С. О. Макарова, 2011.
3. Никитин А.М., Черепнин В.А. «Система технического обслуживания судов. Подготовка судовых технических средств у освидетельствования РМРС». Издательство ГУМРФ им. С.О. Макарова, 2013, 10с.
4. И. В. Возницкий, А. С. Пунда – Судовые двигатели внутреннего сгорания / Том II, 2-е издание, переработанное и дополненное. – М.: МОРКНИГА, 2010.
5. Жадобин Н.Е., Крылов А.П., Малышев В.А. Элементы и функциональные устройства судовой автоматики. С-Пб. Элмор. 440 с.
6. Головин Ю.К. Судовые электрические приводы М. Транспорт 1991. 328 с.
7. Волошин В.П. Охрана морской среды. Л. Судостроение. 1987. 208 с.
8. Кацман Ф.М., Милькин Г.Т., Методические указания по расчету сопротивления воды движению судна и буксировочной мощности. Л. ЛВИМУ.1989.
9. Харин В.М., Декин Б.Г., Занько О.Н., Писклов В.Т. Судовые вспомогательные механизмы и системы. М. Транспорт. 1992. 319 с.
- 10.Официальный сайт ИМО, www.imo.org 2022г.
- 11.Правила РМРС Правила классификации и постройки морских судов, часть XV «Автоматизация» НД:2-020101-124 от 08.04.2022 – 90с
- 12.Правила классификации и постройки морских судов, часть IV. Противопожарная защита. НД №2 -020101-087 СПб: РМРС,2016г.
- 13.Норре-Marine – Система дистанционного управления клапанами балластной системы, <https://www.hoppe-marine.com> 2022 г.
- 14.Alfa-Laval - Характеристики системы очистки балластных вод «PureBallast 3 CompactFlex» – <https://www.alfalaval.ru> 2022 г.
15. Techcross - Характеристики системы очистки балластных вод - <http://techcross.com/> 2022г