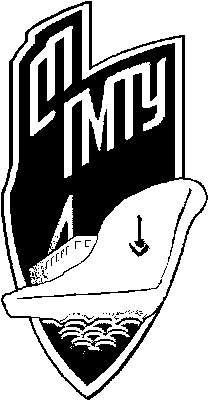
Санкт-Петербургский

Государственный Морской Технический Университет



Курсовой проект

По дисциплине: «Теория проектирования СЭУ»

Студент: Смирный Д.Ю.

4-го курса ВЗФ(ЗО)

Санкт-Петербург

-2018-

Оглавление

[РЕФЕРАТ 4](#_Toc514669100)

[ВВЕДЕНИЕ 5](#_Toc514669101)

[ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ 6](#_Toc514669102)

[1 Выбор скорости хода для нового проектирования. 8](#_Toc514669103)

[2 Расчёт ходкости судна. 10](#_Toc514669104)

[3 Буксировочное сопротивление. 10](#_Toc514669105)

[4 Определение эффективной мощности. 11](#_Toc514669106)

[5 Определение оптимального числа оборотов 12](#_Toc514669107)

[6 Выбор марки цилиндра из типоразмерного ряда 12](#_Toc514669108)

[6.1 Определение передаточного отношения редуктора 13](#_Toc514669109)

[6.2 Определение крутящего момента на входном валу 14](#_Toc514669110)

[6.3 Выбор редуктора. 14](#_Toc514669111)

[6.4 Определение длины СОД 14](#_Toc514669112)

[6.5 Определение длины агрегата СОД 15](#_Toc514669113)

[6.6 Обоснование выбора двигателя и передачи 15](#_Toc514669114)

[7 Расчет валопровода 17](#_Toc514669115)

[7.1Выбор количества валов 17](#_Toc514669116)

[8 Выбор вспомогательных механизмов и устройств СЭУ 18](#_Toc514669117)

[8.1 Выбор судовой электростанции 18](#_Toc514669118)

[9 Расчет теплоснабжения судна 20](#_Toc514669119)

[9.1 Выбор автономного и утилизационного котла. 20](#_Toc514669120)

[9.2 Расчёт общего максимального потребления теплоты по всему судну в ходовом и стояночном режимах 20](#_Toc514669121)

[10.3 Выбор утилизационного и автономного котла 23](#_Toc514669122)

[11 Выбор оборудования и систем СЭУ 26](#_Toc514669123)

[11.1 Cистема сжатого воздуха 26](#_Toc514669124)

[11.2 Система охлаждения 28](#_Toc514669125)

[11.3 Система масла 30](#_Toc514669126)

[11.4 Система топлива 34](#_Toc514669127)

[11.5 Система газовыпуска 36](#_Toc514669128)

[12 Расчет энергетических запасов 39](#_Toc514669129)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 41](#_Toc514669130)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ 42](#_Toc514669131)

# РЕФЕРАТ

Курсовой проект содержит 42 стр., 11 рис.

СУДОВАЯ ЭНЕРГЕТИЧЕКАЯ УСТАНОВКА, МОЩНОСТЬ, МАЛООБОРОТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, ЦИЛИНДР, АГРЕГАТ, РЕЖИМ, ЧАСТОТА, ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ, СРЕДНЕОБОРОТНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, РЕДУКТОР, ВАЛОПРОВОД, ВАЛ, МАШИННОКОТЕЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ, ОБОРУДОВАНИЕ, СИСТЕМА

Спроектировать судовую энергетическую установку, выбрать главный двигатель, рассмотреть системы, входящие в состав судовой энергетической установки, и подобрать оборудование систем. Определить размеры машиннокотельного отделения судна и расположить в нем подобранное оборудование судовой энергетической установки.

# ВВЕДЕНИЕ

Судовая энергетическая установка – сложная подсистема судна, которая состоит из комплекса механизмов, аппаратов и устройств, предназначенных для выработки трех основных видов энергии, необходимых на судне:

– механической энергии для движения судна;

– электрической энергии для различных судовых нужд;

– тепловой энергии в виде энергии пара для отопления помещений и обогрева различных потребителей – оборудования, рабочих тел, перевозимого груза.

За счет выработки в необходимом количестве трех видов энергии судовая энергетическая установка обеспечивает функционирование судна по прямому назначению – перевозку грузов и различной техники, работу других подсистем судна, жизнедеятельность людей на судне, оказывает влияние на безопасность и эффективность эксплуатации судна.

Для судовой энергетической установки характерна сложная структура. В ее состав в основном входит оборудование энергетических систем и трубопроводов. Между которыми существуют сложные физические, параметрические и технико-экономические связи. Для процессов, протекающих в энергетическом оборудовании, характерны значительные изменения параметров – температуры, давления, скорости, сил и моментов, напряжений и деформаций, турбулентности, шума и вибрации, теплопередачи и др. Учет особенностей этих процессов при проектировании судовой энергетической установки связан с необходимостью анализа сложного спектра номинальных и эксплуатационных, расчетных и нерасчетных, переменных и переходных режимов оборудования, энергетических систем и энергетических комплексов.

# ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

**Тип и назначение судна**: Самоходное наливное судно с 6 грузовыми танками.

**Назначение судна:** морская и смешанная (река-море) перевозка наливом сырой нефти и нефтепродуктов, в том числе бензина, без ограничения по температуре вспышки, с обеспечением перевозки груза с поддержанием температуры 60°С, а также растительных масел. Обеспечивается одновременная перевозка 2 сортов груза.

В качестве корпуса приняты характеристики корпуса танкера проекта RST36-LMPP-110.

**Архитектурно – конструктивный тип танкера:** Стальной однопалубный теплоход с двумя полноповоротными винто-рулевыми колонками, с баком и ютом, с кормовым расположением рубки и машинно-котельного отделения, с шестью грузовыми и двумя отстойными танками, с двойным дном, двойными бортами и тронком в районе грузовых танков, с вертикальным форштевнем и транцевой кормовой оконечностью, с носовым подруливающим устройством (НПУ).

**Район плавания и условия эксплуатации**

Внутренние водные пути Российской Федерации, Азовское, Каспийское, Чёрное моря, а также Финский залив Балтийского моря, с учётом навигационных ограничений, соответствующих классу  М-ПР 2.5 (лед 30) А (плавание с высотой волны h3% не более 2.5м), без совершения международных рейсов.

Расчетная температура наружного воздуха +32С при влажности 65% летом и при –20С влажность 85% зимой, воды от +27С до 0 С соответственно. Предусматривается возможность зимнего отстоя судна при температурах до –20С.

Дедвейт *Dw* = 5667 *т*

Эксплуатационная скорость *Us* = 11 *уз*

Наибольшая длина *Lmax* = 141,0 *м*

Длина между перпендикулярами *Lпп* = 137,26 *м*

количество гребных винтов = 2 шт;

Наибольшая ширина  *В* = 16,9 *м*

Расчётная осадка *Т* = 3,6 *м*

Высота борта *Н6* = 5,0 *м*

Численность экипажа/мест 14 *чел/16чел*

Автономность плавания по запасам топлива и провизии составляет 15 суток.

Остойчивость судна при всех эксплуатационных случаях нагрузки, включая случаи частичного заполнения танков, а также при погрузке/выгрузке одновременно всех танков удовлетворяет Правилам Регистра.

Для обеспечения непотопляемости корпус судна разделён на 6

водонепроницаемых отсеков.

# 1 Выбор скорости хода для нового проектирования.

В настоящее время действует ряд противоположных тенденций,

оказывающие влияние на эксплуатационную скорость танкеров.

Это:

- увеличение стоимости топлива, диктующие снижение скорости;

- увеличение цены перевозимых нефтепродуктов, требующее увеличение скорости;

- увеличение цены танкеров, делающее целесообразным ускорение

рейсооборота.

По заданию скорость судна 11 узлов.

Одной из основных задач проектирования является правильный выбор

главного двигателя. Исходными данными для этого служат: тип и назначение судна, районы плавания, режимы работы установки, условия

размещения двигателя, а так же требования Регистра.

Основными требованиями к ГД являются достаточная для обеспечения заданной скорости полного хода мощность и массогабаритные показатели.

При удовлетворении этих требований на выбор типа двигателя могут влиять:

- конструктивные особенности, обеспечивающие удобство монтажа и

обслуживания в условиях судна;

- показатели надёжности (ресурс, вероятность безотказной работы

и трудоёмкость технического обслуживания ), влияющие на стоимость ремонтов и время использования двигателя по назначению в период срока службы;

- стоимость создания и экономичность режимов, наиболее характерных

для эксплуатации судна;

- возможность работы на экономичных сортах топлива и масел;

- виброакустические характеристики судна;

- длительность реверса.

В судостроении применяются в качестве главных двигателей: дизельные, паротурбинные и комбинированные установки.

На танкерах применяется в основном дизельная установка. Для данного

проекта можно применить установки с МОД или с СОД.

Установки с СОД характеризуют: широкие возможности расположения

дизелей в МКО, высокая экономичность при работе на промежуточных

режимах, меньшие массогабариты по сравнению с МОД.

Недостатки – большое количество цилиндров, требующих обслуживания при проведении плановых осмотров и ремонтов, повышенная шумность и необходимость применения редуктора.

Установки с МОД обладают высокой экономичностью, большими агрегатными мощностями и моторесурсом, МОД могут работать на тяжёлых остаточных сортах топлив и в них применяют высокое давление

впрыска, что способствует повышению качества горения топлив даже с высоким содержанием трудно сгораемых компонентов.

Стоимость дизельного топлива для МОД дешевле топлива для СОД,

которые работают на средне вязких сортах топлив. Кроме того установки с МОД характеризуются более низким удельным расходом топлива, чем установки с СОД благодаря своим высоким термодинамическим характеристикам и незначительным затратам энергии на собственные нужды.

Из всех элементов энергетической установки наиболее важным является

ГД, от которого зависят компоновка, масса, габариты и стоимость установки.

Современные МОД имеют значительные размеры и массу, что требует их размещения в центральной части МОД в соответствии с расположением линии валопровода.

Таким образом, применение МОД обусловлено их высокой экономичностью, возможностью использования дешёвых топлив, высокой надёжностью, отсутствием передач между двигателем и валопроводом, удобством обслуживания, невысоким уровнем шума и вибраций.

С учётом вышесказанного выбираем для проектируемого судна дизельную установку с CОД.

# 2 Расчёт ходкости судна.

Под ходкостью судна понимают его способность перемещаться в воде с заданной скоростью при минимальных затратах мощности.

Выбору ГД предшествует расчёт ходкости, целью которого является

определение буксировочного сопротивления и буксировочной мощности судна для заданной скорости движения. На основе этих данных рассчитывают потребляемую мощность ГД.

Корпус судна проектируется на основе заданных основных параметрах типового корпуса судна находящегося в эксплуатации, для которого известны буксировочная мощность и буксировочное сопротивление. Эти данные пересчитываются на корпус проектируемого судна.

# 3 Буксировочное сопротивление.

*R = Rпр · ﴾Vs / Vsпр﴿* ² [*кН*]

где: *Rпр* = 400*кН* – буксировочное сопротивление судна прототипа;

*Vs* = 11 *уз.* – скорость проектируемого судна;

*Vsпр* = 15 *уз.* – скорость судна прототипа.

*R* = 400 ∙﴾11⁄ 15﴿² = 215.1 *кН*

Буксировочная мощность.

*NR = R· ﴾ Vs*· 0,514 ﴿ [*кВт*]

*NR =* 215.1*· ﴾* 11· 0,514 ﴿ =1216.2 *кВт*

Расчёт ходкости произведён для диапазона скоростей *Vs* = 12…17 узлов.

Результат расчёта буксировочной мощности и её зависимости от скорости.

Таблица № 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Скорость  *Vs*, узлы | Буксировочное сопротивление  *R* , *кН* | Буксировочная  мощность *NR* , *кВт* |
| 11 | 215.1 | 1216.2 |
| 12 | 256.0 | 1579.0 |
| 13 | 300.4 | 2007.6 |
| 14 | 348.4 | 2507.4 |
| 15 | 400.0 | 3084.0 |
| 16 | 455.1 | 3742.8 |

По результатам расчёта построен график зависимости буксировочной

мощности *NR* от скорости *Vs.*

# 4 Определение эффективной мощности.

Для определения мощности воспользоваться формулой адмиралтейских коэффициентов:

где – мощность проектируемого судна, *кВт*;

– водоизмещение проектируемого судна, *т*;

– скорость проектируемого судна, км/*ч*;

– адмиралтейский коэффициент, определяемый по формуле

где – мощность главного двигателя судна-прототипа, *кВт*;

– скорость судна-прототипа, *км/ч*;

– водоизмещение судна прототипа, *т*;

# 5 Определение оптимального числа оборотов

*nопт* =  [*об/мин*]

где: *Р* – упор винта, 

*t* – коэффициент проскальзывания винта, *t* = 0,17-0,23, принимаю *t* = 0,2

*Dвmax* – максимальный диаметр винта, *м*

По заданию для ВРК *D=1,9м*

215,1/(1-0,2)=268.9

*nопт* ==632,4 *об/мин*

# 6 Выбор марки цилиндра из типоразмерного ряда

По каталогу подобрано несколько типов двигателей, мощность которых близка потребной мощности судна (2х1200 кВт ). Выбранные двигатели сводим в таблицу 2.

Таблица 2-Выбор главного двигателя

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Фирма | Обозначения | Конструктивные особенности рабочих цилиндров двигателя | | | Классификационные  показатели | |
| Число цилиндров | Диаметр D, см | Ход поршня S, см | Частота вращения вала, n, мин.-1 | Эфф. мощность агрегат., Ne, кВт |
| 1 | Wartsila  Финляндия | 8ЧН22/24 | 8 | 22 | 24 | 825 | 1200 |
| 2 | Krupp Mak Германия | 8ЧН20/30 | 8 | 20 | 30 | 900 | 1240 |
| 3 | SKL, Германия | 12ЧН16/18 | 12 | 16 | 18 | 1800 | 1300 |
| 4 | SKL, Германия | 6ЧН22/28 | 6 | 22 | 28 | 1000 | 1320 |
| 5 | Man-B&W Германия | 8ЧН22,5/30 | 8 | 22,5 | 30 | 900 | 1280 |

*Продолжение* Таблицы 2-Выбор главного двигателя

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Удельный расход на номинале | | | Масса | Габаритные показатели | | | Уровень  Шумности | Ресурс до капитального ремонта, Rc, тыс. ч |  |
| bе,  Топливо  г/кВт.ч | | bм  Масло  г/кВт.ч | Gд, т | Lд, м | Bд, м | Hд, м | Дб | Фактический |
| 1 |  | 194 | 1,5 | 11500 | 4,31 | 1,56 | 2,5 | 100 | 111 |
| 2 |  | 185 | 1.5 | 12896 | 3,84 | 1,42 | 2,59 | 104,5 | 121 |
| 3 |  | 188 | 0,67 | 1400 | 2,5 | 1,6 | 2,0 | 106,7 | 14 |
| 4 |  | 185 | 0,7 | 12100 | 4,55 | 1,5 | 2,83 | 104,8 | 39 |
| 5 |  | 194 | 1,0 | 14000 | 4,48 | 1,63 | 2,47 | 104,5 | 30 |

## 6.1 Определение передаточного отношения редуктора

Таблица 3 – Определение передаточного числа редуктора

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Фирма | Частота вращения вала, n, мин.-1 |  |
| 1 | Wartsila | 825 | 1,3 |
| 2 | Krupp Mak, Германия | 900 | 1,42 |
| 3 | Ао «Румо» | 1800 | 2,85 |
| 4 | Wartsila-Vasa | 1000 | 1,58 |
| 5 | SLK, Германия | 900 | 1,42 |

## 6.2 Определение крутящего момента на входном валу

Таблица 4 определение крутящего момента на входном валу

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Фирма | Частота вращения вала, n, мин.-1 | Эфф. мощность агрегат., Ne, кВт | кВт/(об/мин) |
| 1 | Wartsila | 825 | 1200 | 1,45 |
| 2 | Krupp Mak, Германия | 900 | 1240 | 1,38 |
| 3 | Ао «Румо» | 1800 | 1300 | 1,38 |
| 4 | Wartsila-Vasa | 1000 | 1320 | 1,32 |
| 5 | SLK, Германия | 900 | 1280 | 1,42 |

## 6.3 Выбор редуктора.

По диаграмме рис. 3.43[1] выбираем типоразмер редуктора – 56 .

Марки ZF W650

Таблица 5

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование | Обозначение | Величина | Единицы измерения |
| 1. | Длина | L | 1,9 | м |
| 2. | Ширина | В | 2,16 | м |
| 3. | Высота | Н | 2,55 | м |
| 4. | Масса | G | 14,5 | т |

## 6.4 Определение длины СОД

Таблица 6

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Фирма |  |  |  |
| 1 | Wartsila | 4,31 | 1,56 | 5,87 |
| 2 | Krupp Mak, Германия | 3,84 | 1,42 | 5,26 |
| 3 | Ао «Румо» | 2,5 | 1,6 | 4,1 |
| 4 | Wartsila-Vasa | 4,55 | 1,5 | 6,05 |
| 5 | SLK, Германия | 4,48 | 1,63 | 6,11 |

## 6.5 Определение длины агрегата СОД

Таблица 7

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Фирма |  |  |
| 1 | Wartsila | 5,87 | 7,77 |
| 2 | Krupp Mak, Германия | 5,26 | 7,16 |
| 3 | Ао «Румо» | 4,1 | 6 |
| 4 | Wartsila-Vasa | 6,05 | 7,95 |
| 5 | SLK, Германия | 6,11 | 8,01 |

## 6.6 Обоснование выбора двигателя и передачи

Лучшему показателю присуждается наименьшая оценка.

Для каждого двигателя выполняется суммирование баллов по всем показателям.

Двигатель с наименьшей сумой баллов является оптимальным.

Таблица 8

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Фирма | Обозначение | Nе | n | be | bм | Lд | Вд | Нд | Gд | L | Rc | Сумма |
| Wartsila | 8ЧН22/24 | 1 | 1 | 3 | 4 | 3 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 22 |
| Krupp Mak | 8ЧН20/30 | 2 | 2 | 1 | 4 | 2 | 1 | 4 | 3 | 2 | 1 | 22 |
| SKL | 12ЧН16 /18 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 1 | 4 | 4 | 5 | 30 |
| SKL | 6ЧН24/28 | 5 | 3 | 1 | 2 | 5 | 2 | 5 | 2 | 3 | 3 | 31 |
| Man-B&W | 8ЧН22,5 /30 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 2 | 4 | 2 | 4 | 32 |

В результате расчёта наименьшее число баллов получил двигатель: Wartsila 8ЧН22/24 его и принимаем в качестве главного для проектируемого судна.

Параметры выбранного двигателя Wartsila 8ЧН22/24 представлены в таблице 9

Таблица 9 – Параметры двигателя Wartsila 8ЧН22/24

|  |  |
| --- | --- |
| Тип двигателя | четырехтактный, рядный, вертикальный, тронковый, нереверсивный, с газотурбинным наддувом и промежуточным охлаждением наддувочного воздуха, газоплотного использования с дистанционным управлением |
| Расположение цилиндров | рядное |
| Число цилиндров | 8 |
| Диаметр цилиндра, мм | 220 |
| Ход поршня, мм | 240 |
| Частота вращения, об/мин (об/с) | 825 (13,75) |
| Мощность,кВт | 1200 |
| Отношение S/D | 1,09 |
| Удельный расход топлива, г/кВтч | 194 |
| Удельный расход масла, г/кВтч | 1,5 |
| Масса, кг | 11500 |
| Ресурс до капитального ремонта, тыс.ч | 111 |
| Габаритные размеры, LxBxH | 4,31x1,56x2,5 |
| Уровень шумности, дБ | 100 |

Т.к. обороты двигателя выше требуемых и двигатель не реверсивный ставим реверс – редуктор. Для транспортных судов при ограниченных габаритах машинного отделения, мы отдаем предпочтение редукторной передаче. По каталогу выбираем реверс – редуктор марки ZF W650 с передаточным числом равным 1,3.



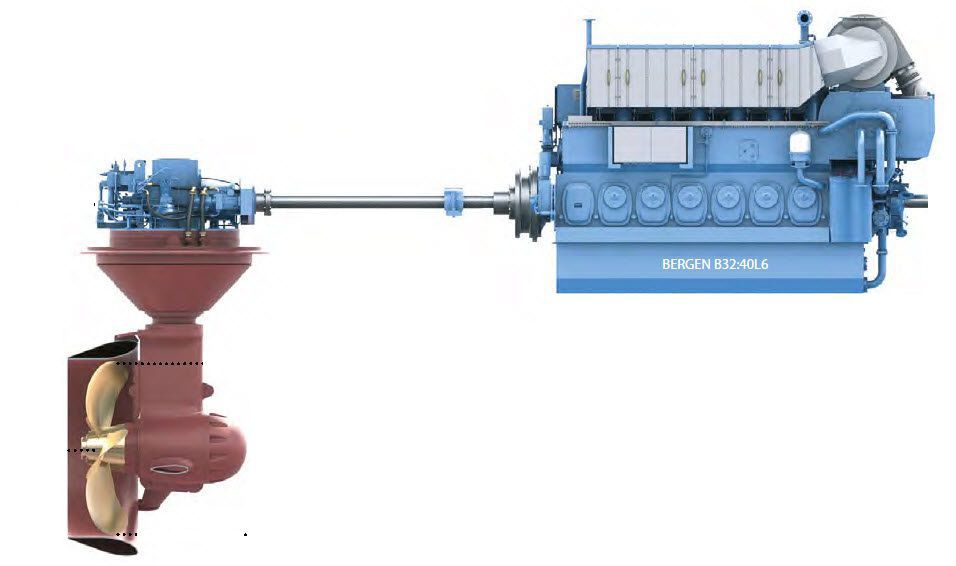
Где nдв – частота вращения двигателя

i – передаточное число редуктора.

# 7 Расчет валопровода

## 7.1Выбор количества валов

На проектируемом судне целесообразно использовать двухвальную установку, как и на судне прототипе. Применение двухвальной установки повысит управляемость и маневренность судна, в частности его управляемость на заднем ходу. В случае выхода из строя одного из движителей при установленной двухвальной установке, судно сможет совершать необходимые маневры, что значительно повышает живучесть всего судна в целом. Применение двухвальной установки также существенно снизит количество принимаемого балласта при ходе судна порожнем.



# 8 Выбор вспомогательных механизмов и устройств СЭУ

## 8.1 Выбор судовой электростанции

Выбираем род тока и величину его напряжения в соответствии с «Правилами» Регистра. Принимаем на судне переменный трехфазный ток напряжением 220 В. Род тока и его напряжение едины для всех судовых потребителей.

Судовая электростанция должна удовлетворять следующим требованиям:

- загрузка работающих генераторов должна составлять не менее 60-70% их номинальной мощности;

- число установленных генераторов должно быть минимальным и они должны быть однотипными;

- в каждом режиме (кроме аварийного) в резерве должно быть не менее одного генератора, способного заменить наибольший по мощности из работающих.

Для транспортных судов с ДВС наибольшая мощность судовой электростанции в ходовом режиме считается по формуле

а) Ходовой режим:

,

где  - постоянная величина, зависящая от типа СЭУ и судна (дизельная установка);

 - коэффициент, зависящий от типа судна (танкер);

 - суммарная эффективная мощность ГД,



б) Стояночный режим:

,

где  - постоянная величина, зависящая от типа СЭУ и судна (дизельная установка);

- коэффициент, зависящий от типа судна (танкер);

 - водоизмещение судна,

.

По мощности судовой электростанции в ходовом режиме () и в режиме стоянки () выбираем 2 дизель-генератор АД 100-Т400, для работы на ходовом режиме с характеристиками: В качестве резервного принимаем дизель-генератор АД 100-Т400.

Постоянная мощность 125 кВа / 100 кВт

Напряжение 230 / 400 В

Частота / скорость вращения 50 Гц / 1500 об/мин

Габариты электростанции на раме открытой 2800X880X1500 мм

Масса электростанции на раме открытой 1250 кг

Щит управления с контроллером HGM6120 с ЖК дисплеем

Расход топлива при 100% нагрузке 25,3 л/ч

Удельный расход топлива 218 г/кВтч

Удельный расход масла 1,63 г/кВтч

Двигатель BEARFORD R6105AZLD

Номинальная мощность 110 кВт

Объем двигателя 6,8 л.

Число и расположение цилиндров 6, рядное, вертикальное

Система впуска воздуха турбонаддув с промежуточным охлаждением

Охлаждение принудительное водовоздушное

Диаметр поршня 105 мм

Ход поршня 130 мм

Режим пуска электрический стартер 24 В

Мощность аварийного дизель-генератора принимается равной:

.

В качестве аварийного дизель-генератора, располагающегося на главной палубе, принимаем АДГ-50/1500 М4 с характеристиками:

Мощность (ном.), кВА/кВт…………………………………………………62,5/50

Напряжение, В ……………………………………………………………...400/230

Частота вращения (ном.), об/мин ………………………………………….…..1500

Число цилиндров………………………………………………………………..…4

Расход топлива при 100% нагрузке, л/ч …………………………………….…15,5

Удельгный расход масла г/кВтч………………………………………………...1,5

Размеры (ДхВхШ), мм ……………………………………….……2350х1580х1000

Масса «сухого» ДГ, кг ………………………………………………..………..1650

Срок службы с учетом переосвидетельствования, лет …………………………25

# 9 Расчет теплоснабжения судна

## 9.1 Выбор автономного и утилизационного котла.

Вспомогательные, утилизационные и комбинированные котельные установки предназначены для обеспечения теплом на стояночном и ходовом режимах вспомогательных потребителей СЭУ и общесудовых потребителей с ДУ и ГТУ - для отопления помещений, санитарно-бытовых нужд, для обеспечения работы главной энергетической установки (подогреватели топлива, масла и т.д.). Автономные котлы используют тот же сорт топлива, что и главные установки. В качестве теплоносителя используется пар, т.к. на нашем танкере имеется большое количество различных потребителей теплоты и пара (подогрев груза), поэтому целесообразно использовать паровые котлы.

## 9.2 Расчёт общего максимального потребления теплоты по всему судну в ходовом и стояночном режимах

Расчёт общего максимального потребления теплоты по всему судну в ходовом и стояночном режимах производится по формуле:

, кВт/ч

где -коэффициент одновременности для ходового режима;

- коэффициент одновременности для стояночного режима,

-коэффициент запаса

-коэффициент загрузки потребителей в ходовом режиме;

-коэффициент загрузки потребителей в стояночном режимах;

-количество теплоты для отопления помещений, кВт/ч:

В первом приближении можно произвести упрощенный расчет *Q*от*,* основанный на эмпирических зависимостях расхода теплоты на отопление помещений от основных характеристик судна. Эти зависимость для сухогрузных судов имеют следующий вид:

*Q*от*=*23,3*+*0,012*G*с *,*

где *G*с *-* грузоподъ­емность судна, т;

Gc = 2319 т,

.

Потребный поток теплоты на санитарно-бытовые нужды, кВт:

*Q*сб= *z*к(*q*вм+ *q*вп),

где *q*вм- расход теплоты на приготовление горячей мытьевой воды в еди­ницу времени на одного человека, который составляет: 0,65 кВт/чел.,

*q*вп- удельный расход теплоты на приготовление кипячёной питьевой воды 0,115 кВт/чел,

zк=14 чел, число членов команды,

.

Потребный поток теплоты на подогрев топлива, масла и другие техни­ческие нужды, кроме подогрева груза для наливных судов, кВт:

*Q*пт *=* 0,15(*Q*от *+ Q*c6)*.*

.

Потребный поток теплоты Qпн, кВт, для подогрева высоковязких нефте продуктовпродуктов в танках:



Где Qгр – поток теплоты при охлаждении нефтепродукта на судне во время рейса, кВт



Где kw, kв – коэффициенты теплопередачи от нефтепродукта к воде и окружающему воздуху, кВт/(м2К)

Для судна с двойными бортами и двойным дном принимается:

kw=0,0024 кВт/(м2К)

kв = 0,0035 кВт/(м2К)

Площади поверхностей охлаждения в м2 принимаются пропорционально грузоподъемности судна:





Где G=5667 т – грузоподъемность танкера.

tw, tв – температуры окружающей среды (соответственно воды и воздуха), как и ранее, она принимается минимальной в условиях эксплуатации данного судна, °С

tн=60°С – температура нагрева нефтепродукта

tw=10°С

tв=-15°С





|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Потребители теплоты | Максимальный поток теплоты Q, кВт | Режим работы судна | | | |
| Ходовой | | Стояночный | |
| К3 | Qox | К3 | Qoc |
| отопление | 51,13 | 0,9 | 46,017 | 0,5 | 25,565 |
| Приготовление горячей воды | 10,71 | 0,9 | 9.639 | 0,5 | 5,355 |
| Подогрев топлива, масла и пр.нужды | 9,276 | 0,9 | 8.3484 | 0,5 | 4,638 |
| Подогрев груза | 251,4 | 0,9 | 225,26 | 0,5 | 125,7 |
| итого | 322,5 |  | 289,3 |  | 161,26 |

Фактический потребный поток теплоты в ходовом режиме:

*Q*х *= k*c *k*o *∑Q*oх

где *k*c=1,1 – коэффициент запаса,

*k*o=0,85 – коэффициент одновременности,

.

Фактический потребный поток теплоты в стояночном режиме:

*Q*c *= k*c*k*o*∑Q*oc*,*

где *k*c=1,1 – коэффициент запаса,

*k*o=0,75 – коэффициент одновременности,

.

Максимальный поток теплоты выпускных газов *Q*ук, кВт, который может быть утилизирован, определяется по формуле, кВт,



Где  - доля теплоты, приходящаяся на выпускные газы;

*-*коэффициент,учитывающий потери теплоты в окружающую среду и загрузку ДВС;

 = 42700кДж/кг - низшая рабочая теплота сгорания топлива, кДж/кг;

К - минимальная температура выпускных газов ГД

 = 460 К - температура выходящих газов из котла;

 = 1,95 - коэффициент избытка воздуха ДВС( для СОД);

кг/кг - теоретическое количество воздуха, необходимое для полного сгорания 1 кг топлива;

 кДж/кг·К - удельная теплоёмкость газов;

 = 0,184 ДВС, кг/кВт·ч - удельный расход топлива ДВС

 = 2400 кВт - суммарная мощность главных двигателей.



## 10.3 Выбор утилизационного и автономного котла

Так как, *Q*ук *>**,* то мощность утилизационного котла принимается рав­ной*.*

Мощность автономного котлоагрегата должна быть достаточной для обеспечения всех нужд судна в теплоте при любом режиме работы утилизационного котла, следовательно, он должен быть выбран по максимальной вели­чине из двух определенных с помощью таблицы фактически потребных потоков энергии, т. е., или по*,* илипо *.*

Необходимая паропроизводительность котла по теплоносителю в кг/ч, определяем по формуле:



где Qk – тепловой поток котла, кВт

Δh – прирост энтальпии пара в котле кДж/кг.



где ix – энтальпия пара

iпв =272 кДж/кг - энтальпия питательной воды



где i’=561,4 кДж/кг (табл.6.3. Хряпченков А.С. «Судовые вспомогательные и утилизационные котлы» Издательство «Судостроение» 1988г.) при р = 0,3МПа=3 бар – рабочее давление котла.





- необходимая паропроизводительность в стояночном режиме

- необходимая паропроизводительность в ходовом режиме

Выбираем два паровых котла

-паровой утилизационный и автономий котел

Выбираем паровой утилизационный котёл типа КУП – 20СИ.

Характеристики котла КУП – 20.

|  |  |
| --- | --- |
| Характеристика | Значение |
| Паропроизводительность кг/ч | 650 |
| Температура воды (наибольшая) на выходе из котла, 0С | - |
| Температура газов до котла 0С | 470 |
| Расход выпускных газов Gr кг/ч | 17250 |
| Коэффициент использования теплоты выпускных газов ηуг | 0,238 |
| Полное аэродинамическое сопротивление ПК Δhп, кПа | 5 |
| Парообразующая площадь поверхности нагрева Нр , м2 | 19 |
| Удельный паросъем d, кг/(м2·ч) | 39,5 |
| Масса парового котла, кг  с водой  без воды | 1800  1700 |
| Масса ПК с сепаратором, кг  с водой  без воды | 2670  2375 |
| Температура газов за ПК, υух, °С | 358 |

Выбираем автономный паровой котел фирмы Ferroli модели Vapoprex НVP-150 с экономайзером**.**

Основные характеристики автономного котла Vapoprex НVP-150.

|  |  |
| --- | --- |
| Показатели | Значение |
| Паропроизводительность, кг/ч | 150 |
| Производительность по теплу, кВт | 105 |
| Топочная мощность, кВт | 116 |
| Общий объем котла, л | 460 |
| Водяной объем при минимальном уровне, л | 460 |
| Падение давления со стороны дымовых газов, мбар | 1,5 |
| Длинна огневого стакана горелки,мм | 300/380 |
| Габаритные размеры котла,мм:  длинна  ширина  высота | 1740  1300  1260 |
| Масса котла, кг | 1160 |

Расход топлива автономными котлами определяется по формуле

,

где *Qк = 72,65*·3600 = 261540 *кДж/ч –* теплопроизводительность;

- низшая теплота сгорания дизельного топлива.

- КПД котла

.

# 11 Выбор оборудования и систем СЭУ

## 11.1 Cистема сжатого воздуха

Система предназначена для пуска главных и вспомогательных двигателей, работы пневматических систем автоматики и управления, работы приборов звуковой сигнализации, продувки кингстонов, работы пневматического инструмента и других общесудовых и специальных нужд.

Система состоит из компрессоров (в них получают сжатый воздух), баллонов, воздухохранителей, водо- и маслоотделителей (в них очищают воздух), трубопроводов и арматуры.

В соответствии с Правилами [5] на судне устанавливается два компрессора: навесной (с приводом от ГД) и автономный с приводом от электродвигателя.

Пуск дизеля производится сжатым воздухом с давлением 2,5 ÷ 7,5 МПа (для ВОД). Запас сжатого воздуха в баллонах должен обеспечивать не менее 6 пусков. Число баллонов не менее двух с равной емкостью.

Суммарная емкость пусковых баллонов для главных двигателей определяется по формуле:

, м3,

где  - удельный расход воздуха на 1м3 объёма цилиндра двигателя; который составляет 4…9 м3/м3

, м3 - рабочий объём цилиндра двигателя;

 - диаметр цилиндра двигателя;

 - ход поршня,

,

- число цилиндров двигателя;

- число двигателей;

- число последовательных пусков; (главных реверсивных – 12, вспомогательных и главных нереверсивных – 6;)

- давление окружающей среды;

- давление в баллонах для CОД; 2,5…3 МПа

- минимальное давление при котором возможен запуск ГД для CОД, *P*min=1…1,5 МПа,

.

Принимаем два баллона для пуска главных двигателей ёмкостью по 0,055м3.

Суммарная емкость пусковых баллонов для вспомогательных двигателей находится по формуле как для главных двигателей:

Дизель-генератор АД 100-Т400.

, м3,

где  - удельный расход воздуха на 1м3 объёма цилиндра двигателя;

, м3 - рабочий объём цилиндра двигателя;

 - диаметр цилиндра двигателя;

 - ход поршня,

,

- число цилиндров двигателя;

- число двигателей;

- число последовательных пусков;

- давление окружающей среды;

- давление в баллонах для CОД;

- минимальное давление при котором возможен запуск ГД для CОД,

.

Принимаем два баллона для пуска двух вспомогательных двигателей ёмкостью по 0,011м3.

Объём тифонных баллонов определяется по формуле:

, м3,

где  - расход свободного воздуха тифоном;

 - время подачи сигнала для пополнения баллона;

- начальное давление в тифонном баллоне;

- минимальное давление в тифонном баллоне,

.

Подача воздуха на вспомогательные механизмы производится из тифонных баллонов.

Подача компрессора определяется из условия заполнения пусковых баллонов в течение 1 часа от  до рабочего давления:

,м3/ч

где  - суммарный объем пусковых баллонов главных двигателей,

.

## 11.2 Система охлаждения

Система предназначена для охлаждения двигателей и отвода теплоты от рабочих жидкостей: масла, воды и от продувочного воздуха.

Состав системы: насосы (обеспечивают циркуляцию воды в системе), охладители (для отвода теплоты в воду), расширительные цистерны (для компенсации объема и удаления воздуха из системы), терморегуляторы (поддерживают температуру воды и охлаждающей жидкости), трубопроводы.

Тип системы охлаждения - двухконтурная замкнутая.

Подача насоса пресной воды определяется по формуле:

,м3/ч,

где n = 2 – число двигателей;

 - коэффициент запаса подачи;

- доля теплоты, отводимая пресной водой;

- низшая рабочая теплота сгорания топлива;

- плотность воды;

- теплоемкость пресной воды;

- разность температур на входе и выходе из двигателя;

- удельный расход топлива ГД;

- мощность ГД,

.

Подача насоса забортной воды:

, м3/ч,

где - коэффициент запаса, учитывающий расход забортной воды на охлаждение компрессора, дейдвуда и т.д;

- доля теплоты, отводимая пресной водой;

 - доля теплоты, отводимая с маслом;

 - перепад температуры забортной воды;

 - теплоемкость забортной воды,



С целью унификации насосы пресной и забортной воды приняты с одинаковой подачей. Необходимое давление насосов должен быть не менее 0,2 МПа. Мощность, потребляемая насосом, равна:

,кВт,

где  - коэффициент запаса мощности;

- подача насоса;

- давление;

-КПД насоса,

.

Поверхность охлаждения холодильника системы охлаждения определяется по формуле:

,

где  - трубчатый с *d* < 10 мм;

 - средняя разность температур:

,0С,

где  - температура пресной воды на выходе двигателя для ВОД;

 - температура пресной воды за холодильником;

 - температура забортной воды перед водяным холодильником;

 - температура забортной воды после водяного холодильника,

.

Тогда

.

## 11.3 Система масла

Масляная система обеспечивает подачу масла к трущимся поверхностям для уменьшения их трения и для отвода тепла, выделяющегося при трении. В состав оборудования входят

расходные, циркуляционные масляные цистерны, насосы, сепараторы, цистерны отработанного масла, холодильники, фильтры, терморегуляторы и др. Тип системы смазки - с “мокрым” картером. Суммарное количество масла в системе 1960 кг, срок службы масла в главных двигателях и вспомогательных дизелях составляет 275 ч.

По назначению масляные насосы разделяются на перекачивающие, циркуляционные (нагнетательные и откачивающие) и прокачивающие. Выбор перекачивающего насоса производят исходя из необходимого времени перекачки требуемого объема масла.

**Принципиальная схема масляной системы ДЭУ**

На рисунке 12.1 показана принципиальная схема масляной системы дизельной установки. Масляный насос 9 принимает масло из цистерны 14 через фильтр 18 и попадет к холодильнику 4 через термостат 5, далее оно следует через фильтр 8 и 6 к узлам трения двигателя. Также масло проходит дополнительную очистку через центрифугу 3. Перед пуском двигателя масло предварительно прокачивается насосом 10.



Рисунок 12.1 - Принципиальная схема масляной системы ДЭУ ГД Wartsila 8ЧН22/24

Общее количество масла в картерах главных и вспомогательных двигателей

, т,

где:

ρм=850 кг/м3 - плотность масла (830…850 кг/м3 );

kм=1,1 - коэффициент мёртвого запаса;

k=2 - количество ГД;

k1=2 - количество АД 100-Т400;

V=1.Ne.10-3 - ёмкость маслосборника ГД;

V=1⋅1200.10-3=1,2 (м3);

Ne1=110 кВт - мощность АД 100-Т400;

V1 = 0,7.Ne1.10-3 (м3) - ёмкость маслосборника АД 100-Т400;

V1=0,7⋅110⋅10-3=0,077 (м3);

т.

Подача перекачивающего насоса:

Qv  (м3/с),

где:

- объем расходной масляной цистерны;

VМС = 2.3м3 - объем масла;

τ = 1 ч - время перекачки

K = 1,1- коэффициент запаса

Qv =

Подача масляного насоса



где = 850 кг/м3 - плотность масла;

 кДж/кг К - теплоемкость масла,;

- температурный перепад масла в масляном холодильнике.

.

Подача откачивающих масляных насосов принимается в 2…2,5 раза выше, чем подача нагнетательного, но при меньшем давлении (не более 0,1…0,15 МПа).

Мощность, потребляемая масляным насосом (9):

N=

H = 500 кПа - давление для CОД, (300…500 кПа)

ηн = 0,55 - КПД насоса,

Qv =  - подача насоса,

Kз = 1,2 - коэффициент запаса мощности,

.

Для очистки масла в систему включается сепаратор.

Объем сточно-циркуляционной цистерны:

Vцц = (м3),

где:

Qv = - подача циркуляционного насоса,

Z = 80 -кратность циркуляции масла для ВОД,

Kз = 1,05 - коэффициент, учитывающий мертвый запас

.

Объем цистерн сепарированного масла:

Vcм = 1,3 VМС (м3) - для одного ГД



## 11.4 Система топлива

Система предназначена для приема, хранения, перекачки, подогрева, очистки и подачи распыленного топлива в цилиндры дизеля.

Система низкого давления (для подготовки и подачи топлива к системе высокого давления). Система включает в себя насосы, фильтры, сепаратор, подогреватели, цистерны и топливопроводы.

Система высокого давления (для впрыскивания топлива в камеру сгорания). Система включает в себя топливный насос высокого давления ТНВД и форсунку, соединенные между собой топливопроводом высокого давления.

Подачу топливоперекачивающих насосов определяем по формуле:

, м3/ч,

где  - удельный расход топлива ГД;

 - суммарная мощность ГД;

 - плотность топлива ;

 - время перекачки топлива при давлении 0,3МПа,

.

 , м3/ч,

где

 м3

- коэффициент, учитывающий мёртвый запас;

- количество ГД;

- плотность топлива;

 - мощность ГД,

,

.

Целесообразно установить отдельные расходные цистерны на ГД, на вспомогательные двигатели и автономный котел.

Объём расходной цистерны для вспомогательных двигателей из условия обеспечения их работы в течение 4 часов определяется по формуле:

Дизель-генератор АД 100-Т400:

,м3,

где  - число дизель- генераторов;

- удельный расход топлива ДГ;

 - мощность ДГ,

.

Объём расходной цистерны для автономного котла из условия обеспечения их работы в течение 4 часов определяется по формуле:

, м3,

где - число автономных котлов;

- часовой расход топлива автономным котлом,

.

Производительность установленного для очистки топлива сепаратора определяется из условия очистки суточного расхода топлива за 10 часов:



## 11.5 Система газовыпуска

Система обеспечивает рациональный отвод в атмосферу выпускных газов от главных и вспомогательных дизелей, котлов и камбуза. Под рациональным отводом понимается такая организация газовыпуска, которая способствует:

- максимальному использованию энергии рабочего тела в цилиндрах и вне их;

- качественной очистке и наполнению цилиндров;

- минимальному воздействию вредных отработавших газов на среду обитания.

Состав системы:

- выпускные коллекторы, предназначенные для отвода из цилиндров отработавших газов;

- глушители шума;

- компенсаторы;

- искрогасители;

- трубопроводы с малым сопротивлением выходу отработавших газов.

Каждый главный двигатель, вспомогательный двигатель и автономный котёл оборудуются самостоятельными трубопроводами, которые выводятся на палубу в общий кожух-трубу.

Газовыпускной трубопровод изготавливается из круглых стальных бесшовных труб стандартного размера. Для удобства монтажа трубопровод делается составным из труб длинной не более 3-5 м. Трубы соединяются фланцами, между которыми для обеспечения герметизации стыков устанавливаются прокладки из материала, стойкого при высоких температурах.

Для уменьшения тепловыделений в машинное отделение трубы покрываются изоляцией, обеспечивающей температуру на их поверхностях не выше 550С.

Газовыпускные трубы присоединяются к выпускным коллекторам дизелей.

Для снижения уровня звукового давления на газовыпускных трубопроводах устанавливают глушители.

Принципиальная схема системы газовыпуска представлена на рисунке 12.1.

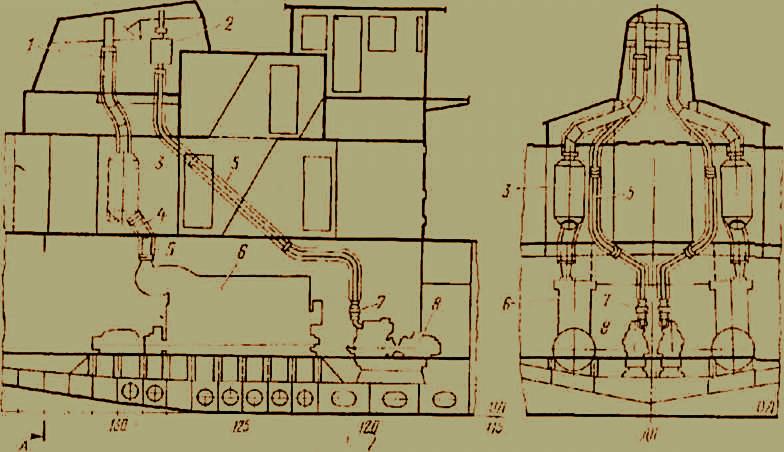


Рисунок 12.1 – Принципиальная схема системы газовыпуска танкера RST 36-LMPP-110

Газы после выпускного коллектора дизеля 6 по трубопроводу 4 поступают в утилизационный котел 3, выполняющий функции глушителя, и далее по трубопроводу 1 отводятся вверх в атмосферу.

Дизель-генератор 8 имеет самостоятельную систему газовыпуска. На его газовыпускном трубопроводе находится компенсатор 7. Перед выходом газов в атмосферу в кожух-трубе установлен глушитель 2.

Газовыпускные трубопроводы главных и вспомогательных дизелей покрыты изоляцией 5.

Площадь проходного сечения трубопровода для главных и вспомогательных двигателей определяется по формуле:

, м2,

где - коэффициент избытка воздуха при горении для СОД;

- количество воздуха, теоретически необходимое для сгорания 1 кг топлива;

-газовая постоянная продуктов сгорания;

- температура газов за двигателем;

- температура газов за дизель-генератором;

- допускаемая скорость движения газов для четырёхтактных двигателей;

- давление газа в выпускном коллекторе,

,

.

Площадь проходного сечения трубопровода для автономных котлов:

, м2,

где - коэффициент избытка воздуха при горении для котла для СОД;

- часовой расход топлива автономным котлом;

- температура газов за автономным котлом;

- допускаемая скорость движения газов для автономных котлов,

.

# 12 Расчет энергетических запасов

Массы энергетических запасов (топлива, масла и технической воды) определяется автономностью, дальностью плавания и среднеэксплуатационной рейсовой скоростью судна.

Общий запас топлива определяется по формуле:

,кг,

где , ,-количество главных, вспомогательных двигателей и автономных котлов соответственно;

- удельный расход топлива главными двигателями;

- удельный расход топлива дизель-генератором АД 100-Т400;

- мощность главных двигателей;

- мощность дизель-генератором АД 100-Т400;

- часовой расход топлива автономным котлом;

 - автономность плавания,

.

Ёмкость запасных топливных цистерн:

 м3,

где - коэффициент, учитывающий мёртвый запас;

- плотность топлива;

.

Общий запас масла определяется по формуле:

,кг,

где - удельный расход масла главными двигателями;

- удельный расход масла вспомогательными двигателями АД100 –Т400;

 (из пункта 7.3);

 - периодичность смены масла, заливаемого в картер главных и вспомогательных двигателей,

.

Ёмкость запасных масляных цистерн:

 м3,

где - плотность масла;

.

Общий запас технической воды:

,т

где – удельная масса общего запаса технической пресной воды,

.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем курсовом проекте рассчитана судовая энергетическая установка танкера, водоизмещением 5667 т

Выбраны 2 СОД марки Wartsila 8ЧН22/24, мощностью 1200(кВт) и редуктор (ZF W650).

Определены диаметр гребного винта и диаметры гребного и промежуточного валов. Рассчитаны размеры машинно-котельного отделения.

Рассмотрены топливная система, система смазки двигателя, система смазки подшипников коленчатого вала, система охлаждения, система сжатого воздуха, система утилизации теплоты.

Определены запасы топлива и масла.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Даниловский А.Г. Судовые энергетические установки. Автоматизированное проектирование. СПб, 2004 г.

2. Даниловский А.Г., Андронов Д.А., Орлов М.А. Проектирование расположений энергетических установок транспортных судов. СПб, 2004 г.