Г. В. Гоголев, В.А. Очеретяный

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Учебное пособие

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

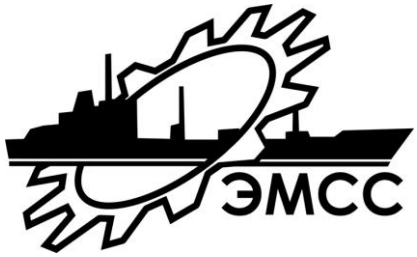
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МОРСКОЙ ИНСТИТУТ

Г.В. Гоголев, В.А. Очеретяный

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Учебное пособие
для студентов очной и заочной форм обучения
специальностей
26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок»,
26.05.02 «Проектирование, изготовление и ремонт энергетических установок
и систем автоматизации кораблей и судов»



Севастополь
СевГУ
2024

УДК 621.431.74(075.8)
ББК 39.455.5я73
Г58

Р е ц е н з е н т ы :
В.В. Ениватов – канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой
судовых энергетических установок
ФГБОУ ВО "Керченский государственный морской технологический университет"
Е.А. Трофимов – механик I разряда ДВС

Гоголев, Г. В.

Г58 Проектирование и эксплуатация судовых двигателей внутреннего сгорания : учебное пособие [к выполнению курсового проекта по дисциплине «Судовые двигатели внутреннего сгорания» и разделов выпускной квалификационной работы] для студентов очной и заочной форм обучения специальностей 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок», 26.05.02 «Проектирование, изготовление и ремонт энергетических установок и систем автоматизации кораблей и судов» / Г. В. Гоголев, В. А. Очеретяный ; Севастопольский государственный университет, Морской институт. – Севастополь : СевГУ, 2024. – 102 с. – Текст : электронный.

В пособии рассматривается последовательность работы обучающегося при выполнении расчета рабочего процесса судового двигателя внутреннего сгорания, его динамического расчета, поверочном расчете коленчатого вала на прочность, расчете подшипника скольжения. Даны рекомендации и изложены требования к выполнению обучающимися эксплуатационного раздела курсового проекта. Данное пособие является основным руководством обучающегося при выполнении расчетного раздела дипломного проекта, тема которого связана с судовой дизельной энергетической установкой.

Пособие предназначено для студентов очной и заочной форм обучения Морского института Севастопольского государственного университета специальностей 26.05.06 "Эксплуатация судовых энергетических установок", 26.05.02 "Проектирование, изготовление и ремонт энергетических установок и систем автоматизации кораблей и судов".

Выполнение практической работы направлено на изучение следующих профессионально-специализированных компетенций (Конвенция ПДНВ):

ПСК-6 – Основные принципы конструкции и работы механических систем, включая судовой дизель (Эксплуатация главных установок и вспомогательных механизмов и связанных с ними систем управления).

УДК 621.431.74(075.8)
ББК 39.455.5я73

Рассмотрено и рекомендовано на заседании кафедры «Энергоустановки морских судов и сооружений» Севастопольского государственного университета в качестве учебного пособия к проведению практических занятий по дисциплине «Судовые двигатели внутреннего сгорания», протокол № 6 от 02 февраля 2024 г.

© Гоголев Г.В., Очеретяный В.А., 2024
© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2024

СОДЕРЖАНИЕ

	Содержание	3
	Основные условные обозначения	4
	Введение. Содержание и оформление курсового проекта	5
1	Описание конструкции дизеля, его характеристик и системы управления	7
2	Оптимизационные расчеты дизеля и его элементов на ЭВМ	18
	2.1 Расчет рабочего процесса дизеля.	20
	2.2 Динамический расчет дизеля	27
	2.3 Прочностной расчет коленчатого вала	39
	2.4 Выбор режимов работы подшипника скольжения	52
3	Эксплуатация двигателя	59
	3.1 Техническое использование двигателя	59
	3.2 Анализ влияния эксплуатационных факторов на работу дизеля	61
	3.3 Характерные неисправности и неполадки в работе дизеля, их причины и способы устранения	64
	Библиографический список	67
	Приложение А. Технические характеристики ДВС	71
	Приложение Б. Варианты заданий для выполнения эксплуатационного раздела курсового проекта	101
	Приложение В. Образец Титульного листа курсового проекта	102

ОСНОВНЫЕ УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

g_e – удельный расход топлива, кг/(кВт*ч);

$N_{e\,\text{цил}}$ – цилиндровая эффективная мощность, кВт;

n – частота вращения, об/мин;

P_e – среднее эффективное давление, МПа;

P_z – максимальное давление сгорания, МПа;

P_c – давление конца сжатия, МПа;

P_k – давление воздуха после компрессора, МПа;

P_s – давление наддувочного воздуха, МПа;

P_i – среднее индикаторное давление, МПа;

N_i – индикаторная мощность, кВт;

$G_\text{Т}$ – расход топлива, кг/ч;

$t_\Г$ – температура выпускных газов, °С;

ε – геометрическая степень сжатия;

$\Delta P/\Delta\varphi$ – средняя скорость нарастания давления газов, МПа/ °пкв;

ВДГ – вспомогательный дизель-генератор;

ГТН – газотурбонагнетатель;

ГД – главный двигатель;

МО – машинная отделение;

ТНВД – топливный насос высокого давления;

ЦПГ – цилиндропоршневая группа;

ВКР – выпускная квалификационная работа.

ВВЕДЕНИЕ.
СОДЕРЖАНИЕ И ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Целью данного учебного пособия является оказание помощи обучающемуся при реализации следующих задач:

– выполнении курсового проекта по дисциплине «Судовые двигатели внутреннего сгорания»;

– выполнении соответствующего раздела при подготовке ВКР.

Учебное пособие представляет собой 2-е одноименное издание, переработанное и дополненное.

Учебное пособие содержит описание последовательности действий обучающегося при выполнении расчетов ДВС; задания и рекомендации при подготовке раздела, посвященного вопросам эксплуатации дизеля; перечень рекомендуемого программного обеспечения и учебной литературы, справочную информацию о характеристиках судовых дизелей; приложения.

Для реализации задач, стоящих перед обучающимся, рекомендованы источники информации – [1-39].

Курсовой проект включает в себя текстовую (пояснительная записка) и графическую части.

Пояснительная записка содержит следующие разделы:

1 – описание конструкции ДВС - прототипа (1-2 листа);

2 – расчетная часть, выполненная с применением ЭВМ:

2.1 комментарии к расчетам (2 листа)

2.2 расчет рабочего процесса (3 листа);

2.3 динамический расчет (8 листов);

2.4 поверочный расчет коленчатого вала на прочность (7 листов);

2.5 расчет коренного (шатунного) подшипника скольжения (2 листа);

3 – эксплуатационная часть (18 листов):

3.1. Изложение процедур, связанных с действиями вахтенного механика при техническом использовании СДВС;

3.2. Анализ влияния эксплуатационных факторов на работу двигателя;

3.3. Характерные неисправности и неполадки в работе дизеля, их причины и способы устранения.

Возможно изменение содержания того или иного раздела по согласованию с преподавателем.

Расчетная часть курсового проекта предполагает работу студента с ЭВМ, которая, в результате, предусматривает распечатку исходных данных и результатов расчета в табличном и графическом видах.

Эксплуатационная часть проекта является творческим продуктом слушателя, полученным на основании анализа нормативных документов и своего личного опыта.

Графическая часть предполагает выполнение чертежа дизеля (поперечный разрез), подготовленного с помощью ЭВМ.

1. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ДИЗЕЛЯ, ЕГО ХАРАКТЕРИСТИК И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

В Приложении А представлены основные данные по двигателям, предлагаемым для исследования в курсовом проекте: тип двигателя (модель); тактность ДВС; количество цилиндров; диаметр цилиндра, мм; ход поршня, мм; средняя скорость поршня, м/с; частота вращения коленчатого вала ДВС, об/мин; мощность цилиндра, кВт; мощность двигателя, кВт; среднее эффективное давление, МПа; удельный расход топлива, г/(кВт·ч).

На основании руководств по эксплуатации, рассматриваемого и исследуемого СДВС, источников из сети Интернет, литературных источников [1-7,10-15,20-25,27-39] в этом подразделе необходимо кратко изложить конструктивные особенности и основные характеристики двигателя. Необходимо привести таблицы измеряемых значений и пределов срабатывания АПС и защиты первого и второго уровня, которые есть в описаниях и руководствах по эксплуатации. Например, для широко распространенных двигателей MAN B&W Diesel 50-98 MC рекомендуемые фирмой пределы сигналов и измеряемые величины даны в источнике [3,10]. Конструктивные особенности двигателей с электронным управлением MAN B&W Diesel 50-108 ME и Wärtsilä RT-flex изложены в [6,10,11,14,23,36-39].

Для управления двигателями широко используются комбинированные электронно-пневматические микропроцессорные системы управления различных фирм (WECS-9520, ДАУ Autochief-III, AutoChief® C20, UNIC, EMS Platinum-ME (Lyngsø Marine), ASEA, Nabtesco, Norcontrol, и др.). Более подробно эти системы управления рассмотрены в [3,10,11,22,23,29].

Система ДАУ – это комплекс устройств, обеспечивающих работу всех механизмов, обслуживающих главный двигатель, пуск, реверсирование, остановку, изменение оборотов и текущий контроль над работой дизеля.

Необходимо изложить основные функции системы ДАУ, так как она во многом обеспечивает эффективную и безаварийную эксплуатацию дизельной установки.

Например, система ДАУ AUTOCHIEF-III используется для дистанционного автоматического управления ГД «MAN Diesel & Turbo» типов K/L/S – 46-98. Схема этой системы и функции описываются в источниках [3,10,11,23].

Современные системы управления двигателями с электронным управлением WECS-9520, EMS Platinum-ME (Lyngsø Marine), «SaCoS», DICARE, UNIC C2 подробно рассмотрены в [3,10,11,22,23].

Пример выполнения раздела 1:

Технические характеристики, особенности конструкции и системы управления двигателем «MAN Diesel & Turbo» типов 5S50MC.

Основные характеристики даны в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Технические характеристики дизеля

№	Характеристика	Значение
1	Количество, шт	1
2	Марка	MAN-B&W 5S50MC
3	Количество цилиндров, шт	5
4	Число тактов	2
5	Тип	дизель, простого действия
6	Конструкция	Крейцкопфный
7	Продувка	прямоточно-клапанная
8	Турбокомпрессор	TCA 66
9	Тип наддува	постоянного давления
10	Давление наддува, МПа	0,27
11	Диаметр цилиндра, мм	500
12	Ход поршня, мм	1910
13	Максимальная длительная мощность, кВт	7150
14	Давление сгорания, МПа	12,5
15	Давление в конце сжатия, МПа	9,0
16	Среднее эффективное давление, МПа	1,8
17	Номинальная частота вращения, $мин^{-1}$	127
18	Минимальная частота вращения, $мин^{-1}$	30,5

19	Удельный расход топлива, г/(кВт х ч). При использовании стандартного дизтоплива.	171
20	Порядок работы цилиндров	1-5-2-3-4
21	Регулятор	DGU 8800 (или Lyngso Marine EGS 2000)
22	Габариты (Д х Ш х В), мм	6226 х 2950 х 8481
23	Масса, т	195

Конструктивные особенности дизеля

Двигатели MAN B&W серии 5S50MC являются двухтактными малооборотными экономичными двигателями (S – сверхдлинноходовая модель). Они удобны в обслуживании и имеют длительный срок эксплуатации без серьезного ремонта.

Фундаментная рама сварная в форме коробки, с вылитыми цельными балками идущими поперек, размеры рамы обеспечивают большое сопротивление на скручивание и жесткость конструкции. Конструкция из соединенных ресивера продувочного воздуха и рубашки блоков цилиндра, вылитые из чугуна, обеспечивают хорошее охлаждение.

Износ втулок цилиндров происходит равномерно, из-за равномерного распределение температур по втулке цилиндра, обеспечивая экономичный расход цилиндрового масла. Крышка цилиндра цельнолитая, колпачкового типа, имеет несколько специальных каналов охлаждения для снижения температуры. Крышка оснащена несколькими отверстиями для 4 клапанов выпускного и предохранительного, пускового, индикаторного, и одно под форсунку. Крышка цилиндра крепиться к цилиндру восемью связями с гайками, которые затягиваются гидравлическими домкратами.

Топливные насосы золотникового типа со смешанным регулированием подачи. Система выпуска использует для открытия гидравлическую систему открытие и систему лопаточного типа для проворачивания клапана, для равномерного износа и тем самым увеличивая работу клапана без вмешательства в его работу проточку и притирку. Седла клапанов имеют охлаждаемые каналы. Поршни охлаждаются маслом. Распределительный вал имеет отдельную систему смазки.

Система ДАУ ГД обеспечивает пуск, остановку, реверсирование, управление топливоподачей, изменение режима работы, регулирование параметров (частоты вращения, угла опережения, подачи топлива), переключение видов управления, текущий контроль за работой ГД, индикацию, аварийно-предупредительную сигнализацию и многоуровневую защиту.

Объем выполняемых функций следующий:

- быстрое переключение (не более 10 секунд) и возможность управления ГД из ЦПУ, с мостика или резервного пульта управления на двигателе;
- обеспечение заданной последовательности и длительности операций по управлению движением.
- программированный вывод ГД на заданный режим по основной (маневровой), замедленной или аварийной (ускоренной) программе управления;
- предпусковое проворачивание двигателя;
- блокировка возможности пуска при включенном валоповоротном устройстве;
- блокировка подачи пускового воздуха в цилиндры при работе двигателя на топливе;
- блокировка топливоподачи при реверсе, если фактическое направление вращения коленчатого вала не совпадает с заданным;
- установка пускового задания по частоте вращения;
- установка пускового ограничения топливоподачи (максимально допустимой в период пуска);
- отсечка (прекращение подачи) пускового воздуха при достижении пусковой частоты вращения (по сигналу от датчика частоты вращения);
- отсечка пускового воздуха по истечении установленного времени длительности при затяжном пуске, т.е. когда не достигнута пусковая частота вращения (по сигналу от реле времени пуска);
- повторные автоматические попытки пуска в случае самопроизвольной остановки двигателя после отсечки пускового воздуха при достижении пус-

ковой частоты вращения. Предусматриваются три попытки пуска. Сигнал на повторные попытки поступает от реле отсчета попыток пуска;

- при отключении пускового воздуха одновременное переключение с пускового на режим, заданный с мостика;
- запрет работы двигателя в критической зоне. Если заданный режим попал в критическую зону частот вращения, то двигатель выводится на режим на границе этой зоны и удерживается на нем до тех пор, пока задание не будет изменено;
- защита ГД путем снижения оборотов или аварийной остановки при достижении предельных значений параметров по давлению смазочного масла, частоте вращения, температуре упорного подшипника и т.п.;
- возможность изменения рабочих режимов двигателя в зависимости от изменения внешних условий;
- аварийная остановка двигателя по команде, передаваемой по независимому от системы ДАУ каналу из рулевой рубки на исполнительные механизмы, воздействующие на рейки ТНВД;
- контроль исправности системы управления.
- Двигатель защищен от самопроизвольной остановки двигателя при работе на режиме «самого малого хода». Защита обеспечивается устройствами, осуществляющими ограничение по минимальной задаваемой частоте вращения и минимальной топливоподаче;
- автоматическое включение резервного (аварийного) питания. В случае нарушения питания режим работы сохраняется в течение не менее 5 минут, т.е. система обладает консерватизмом.

При работе по аварийной программе, как правило, предусматривается:

- контрпуск при повышенном числе оборотов;
- пуск с повышенной подачей топлива;
- выход на режим по ускоренной программе;
- задание максимальной нагрузки с допущением кратковременной перегрузки;

– аварийная остановка.

Система управления по виду используемой энергии для выполнения соответствующих операций, являются комбинированной, включает в себя механические, пневматические, электрические элементы и устройства.

Двигатель управляется при использовании системы Autochief-III (фирма NORCONTROL AUTOMATION A/S) путем воздействия на пневматическую пуско-реверсивную систему - и регулятор DGU 8800. Она более подробно описана в источнике [23]. Эта система электронно-пневматическая и разработана фирмой NORCONTROL AUTOMATION A/S.

Пуско-реверсивная система разделена на отдельные подсистемы: видов управления; управление пуском; распределительных органов; остановкой двигателя.

В состав системы ДАУ Autochief-III входят также подсистемы:

– система защиты двигателя независимая функционально и по пневмопитанию;

– система VIT, обеспечивающая оптимальную регулировку угла опережения подачи топлива;

– электронный регулятор частоты вращения DGU-8800.

Пуск, реверс и остановка двигателя осуществляется с мостика единой управляющей рукояткой, совмещенной с телеграфом**.** С мостика электрический управляющий сигнал подается в электронную логическую часть системы. Там он обрабатывается в соответствии с заложенными программами и характеристиками и далее подается на исполнительные пневматические клапаны и электронный регулятор частоты вращения. Электронный регулятор обеспечивает заданный скоростной режим двигателя. Принципиальная схема пуско-реверсивной системы изображена на рисунке 1.1.

Вид управления (с ЦПУ или с мостика) устанавливается соответствующим переключателем и отражается на табло.

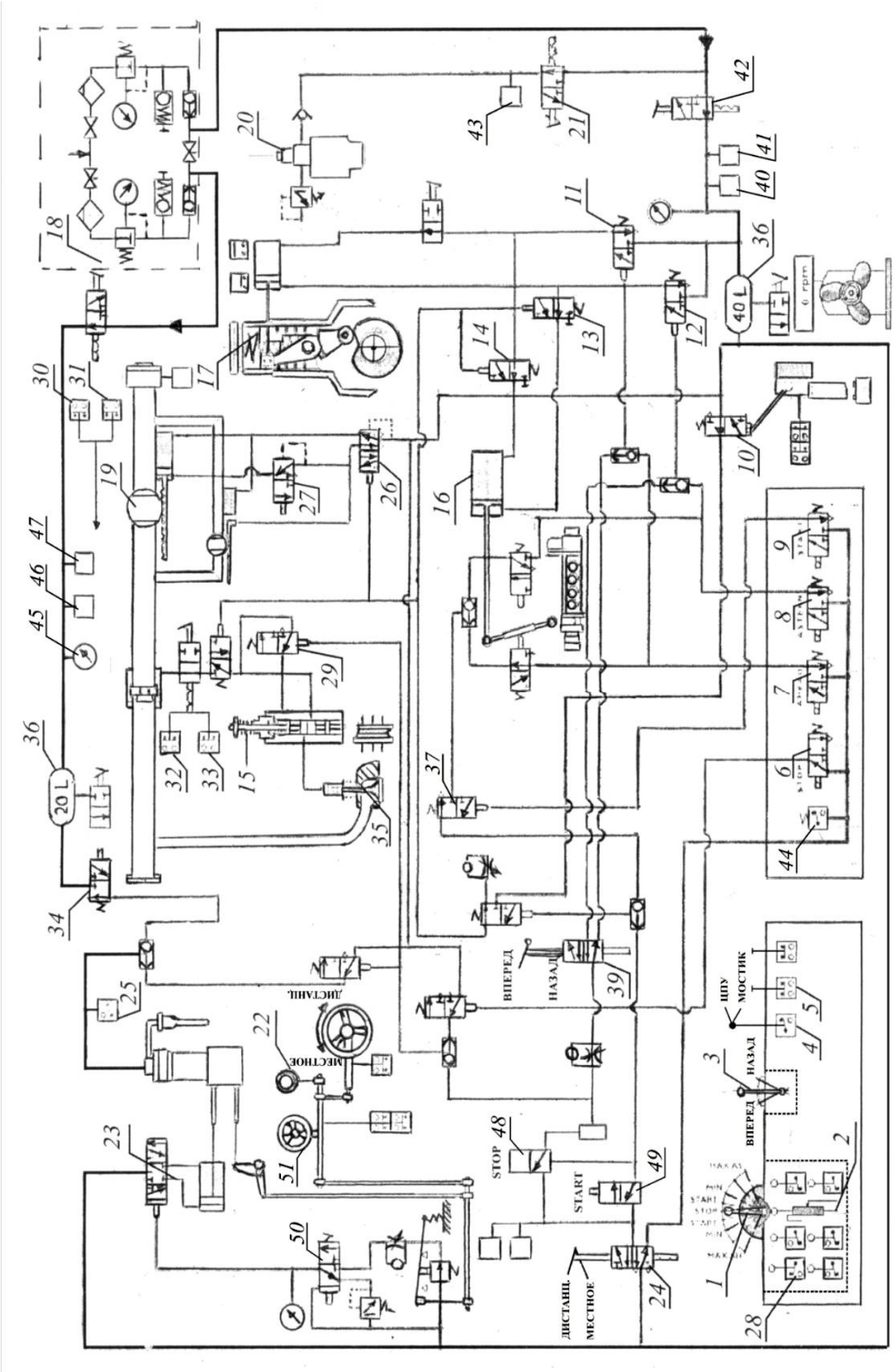


Рисунок 1.1 – Принципиальная схема пускореверсивной системы ДАУ AUTOCHIEF III [11].

На рисунке цифрами отмечены следующие элементы: 1 – маневровая ручка; 2 – потенциометр задания сигнала регулятору; 3 – телеграф; 4 – клапан переключения управления (мостик – ЦПУ); 5 – выключатель, отменяющий ограничения регулятора частоты вращения; 6 – клапан, формирующий управляющий сигнал «Стоп»; 7 – клапан, формирующий сигнал «Вперед»; 8 – клапан, формирующий управляющий сигнал «Назад»; 9 – клапан, формирующий управляющий сигнал «Пуск»; 10 – двухпозиционный клапан, который блокирует пусковой сигнал при введенном в зацеплении ВПУ; 11, 12 – двухпозиционные трехходовые клапаны для подачи воздуха в пневмоцилиндр механизма реверса; 13, 14 – двухпозиционные трехходовые клапаны для управления реверсом воздухораспределителя; 15 – воздухораспределитель; 16 – сервомотор реверса воздухораспределителя; 17 – механизм реверсирования; 18 – блок редуцирования; 19 – главный пусковой клапан; 20 – выпускной клапан; 21 – клапан подачи управляющего воздуха к выпускным клапанам; 22 – регулятор частоты вращения; 23 – VIT-актуатор; 24 – клапан переключения видов управления ДУ-ДАУ; 25 – Реле давления управляющего воздуха; 26 – клапан управления главным пусковым клапаном и клапаном медленного проворачивания; 27 – соленоидный клапан, блокирующий открытие ГПК при наличии проворачивания; 28 – клапан управления пуском; 29 – клапан двухпозиционный; 30, 31 – датчики положений ГПК, формирующие сигнал индикации на пульт управления; 32, 33 – датчики индикации на пульте подачи или отсутствия подачи управляющего воздуха на воздухораспределитель; 34 – двухпозиционный двухходовой клапан с электроуправлением, устанавливающий нулевую подачу ТНВД при поступлении сигнала «Аварийная остановка»; 35 – пусковой клапан; 36 – аккумуляторы; 37 – клапан, подающий управляющий воздух к клапану 38 при команде «Пуск»; 38 – клапан, подающий воздух на клапаны 26 и 27, управляющие открытием ГПК; 39 – клапан аварийного управления реверсом двигателя с местного поста управления; 40 – прессостат; 41 – реле аварийного сигнала при снижении давления управляющего воздуха; 42 – двухпозиционный клапан управляющего воздуха с ручным управлением; 43 – реле давления; 44 – реле давления, формирующее сигнал в систему ДАУ и систему защиты о наличии дистанционного управления; 45 – манометр; 46 – реле подачи сигнала об отключении

пневмопитания системы защиты; 47 – реле подачи сигнала при понижении давления управляющего воздуха ниже 0,55 МПа; 48, 49 – двухпозиционные трехходовые клапаны ручного управления; 50 – управляющий клапан актуатора при команде «Стоп» или «Назад»; 51 – штурвал ручного управления; 52 – штурвал положения механизма управления; 53 – невозвратный дроссельный клапан.

Защита первого уровня путем снижения нагрузки может осуществляться в следующих случаях:

- снижение давления смазочного масла на входе в рамовые и упорный подшипники;
- снижение смазки распредвала;
- прерывание потока охлаждающего масла на выходе из поршней;
- высокая температура охлаждающего масла на выходе из поршней;
- высокая температура сегментов упорного подшипника;
- низкое давление охлаждающей воды ГД;
- высокая температура пресной воды на выходе из цилиндра;
- высокая температура надувочного воздуха;
- высокая температура газов на выходе из цилиндров;
- высокая температура масла на входе в распредвал;
- высокая температура в подпоршневой полости;
- высокая плотность масляного тумана в картере;
- высокие температуры подшипников распредвала;
- высокая осевая вибрация;
- большая разница температур выхлопных газов

По ряду параметров защиту первого уровня можно при необходимости отключить.

При необходимости перехода на аварийное управление с местного поста управления переводят из положения REMOTE в положение STOP, затем поворачивают защелку освобождающую штурвал ручного управления, блокирующий рычаг ставят в аварийное положение EMERGENCY *51*, отсоединяя рейку ТНВД от регулятора. Необходимо также перевести рукоятку управления специальным пневмокла-

паном на местном посту в аварийное положение. При этом магистраль подачи управляющего воздуха в системы управления с мостиком и из ЦПУ будут сообщены с атмосферой. Срабатывают соответствующие реле и управляющий воздух подается в систему аварийного управления.

Индикация на многомодульных пультах управления систем ДАУ в рулевой рубке и ЦПУ отражает рабочее состояние и соответствие основных эксплуатационных параметров заданному режиму работы.

Пульт управления системы ДАУ в ЦПУ обеспечивает обработку входной информации и выдачу сигналов на исполнительные органы, сигнальное табло, зуммер, обеспечивает обмен информацией между ЦПУ и мостиком.

На лицевой панели пульта расположены лампы-кнопки: остановка по защите, аварийная работа, аварийная остановка, неисправности системы, отказ пуска, превышение оборотов, вывод из режима, замедление, управление из МО, управление из рулевой рубки, ввод в режим, ручное задание частоты вращения, проверка ламп, квитирование зуммера.

На пульте расположены светодиоды для индикации команд «Вперед», «Назад», цифровой дисплей оборотов ГД, дисплей мнемосхемы со светодиодами для каждого сигнала.

Информационное табло на пульте ЦПУ помогает оператору идентифицировать отказы.

Индикаторная панель на пульте ЦПУ используется при управлении двигателем из ЦПУ. Подсвеченные сигнальные лампы информируют о следующих состояниях ГД:

- управление из ЦПУ (или с рулевой рубки); блокировка главного пускового клапана;
- аварийное управление; отключение (включение) главного пускового клапана;
- работа на топливе в режиме «Вперед» или «Назад»;
- ВПУ включено (или отключено);
- медленное проворачивание ГД;

- отключение ограничений регулятора частоты вращения;

- работа вспомогательных воздуходувок;

- неисправность вспомогательной воздуходувки.

Имеется переключатель режимов Автомат – Стоп – Ручной ВН, а также кнопки, указывающие на управление ГД с мостика (AT SEA) в режиме безвахтенного обслуживания, на управление двигателем с мостика при маневрировании (STAND BAY) и на вывод двигателя из действия, когда механизмы, обслуживающие ГД и пусковой воздух отключены.

2. ОПТИМИЗАЦИОННЫЕ РАСЧЕТЫ ДИЗЕЛЯ И ЕГО ЭЛЕМЕНТОВ НА ЭВМ

Расчеты выполняются с помощью ЭВМ [16–19]. Программное обеспечение реализована в стандартном пакете Microsoft Excel с применением макросов, написанных в VBA [26]. Их реализация основывается на знаниях, полученных обучающимися при изучении дисциплин "Судовые двигатели внутреннего сгорания", "Судовые вспомогательные механизмы, системы и устройства", "Теплопередача и термодинамика" и выполнении расчетно-графического задания по расчету рабочего процесса дизеля [9].

Ниже представлен пример-шаблон комментариев к расчетным разделам курсового проекта (желтым цветом отмечены позиции, заполняемые обучающимся по своим исходным данным и результатам расчетов.

В разделе с применением вычислительной техники выполнены оптимизационные расчеты ДВС _____ с использованием программного обеспечения, разработанного на кафедре ЭМСС [___, ___]. Цель расчета рабочего процесса – определение оптимальных параметров работы ДВС, при которых он обеспечивает заданную мощность Ne = _____ кВт.

Целевой функцией является расход топлива. Минимальный расход топлива ограничивается требованием обеспечения нормальных параметров работы ДВС – давлением сгорания, температурой сжатия, средним эффективным давлением и др.

Подбор исходных данных (более 50 параметров) осуществлен на основании технических данных завода изготовителя на данный дизель и рекомендаций [___, ___]. Исходные данные представлены в таблице ___. С помощью вычислительной программы был выполнен многовариантный расчет ДВС с итерацией по коэффициенту избытка воздуха α (на интервале ___...___ с шагом 0,1) и степени повышения давления λ (на интервале ___...___ с шагом 0,05). Было получено ___ вариантов расчета. В ходе анализа результатов расчета методом экспертных оценок за оптимальный был принят вариант ___, в котором минимальный расход топлива b_e составил _____ кг/(кВт·ч) при обеспечении нормальных параметров цикла p_Z = _____ МПа;

абсолютном давлении надувочного воздуха p_k = _____ МПа и др. В таблице ___ приведены варианты _____ результатов расчета, которые содержат оптимальное решение при α = _____ и λ = _____. Развернутая таблица результатов расчета для выбранного варианта представлена в таблице _____. На рисунке _____ представлена индикаторная диаграмма, построенная ЭВМ для выбранного варианта работы ДВС.

Цель динамического расчета – определение сил, действующих в кривошипно-шатунном механизме. Исходными данными для динамического расчета являются: назначенный порядок работы цилиндров (_____); ориентировочные массы вращающихся ($m_{ВРАЩ}$ = _____кг); и поступательно-движущихся элементов КШМ ($m_{ПОСТ}$ =_____ кг); результаты расчета рабочего процесса ДВС и др. (таблица _____). С помощью программного обеспечения [_____] в ходе расчета были определены силы, действующие в кривошипно-шатунном механизме: движущая, нормальная, радиальная, касательная (в т.ч. суммарные касательные силы на выходном конце коленчатого вала). Здесь же были построены диаграммы: развернутая индикаторная диаграмма, диаграмма сила на кривошипах и диаграмма касательных сил на одном кривошипе и суммарных касательных сил. Результаты расчета представлены в таблицах ___ - _____ и графически продемонстрированы на рисунках _____– _____. Форма и поведение кривых на графика подтверждают правильно выполненный тепловой и динамические расчеты дизеля _____.

В ходе расчета были также получены силы, действующие на коренную шейку коленчатого вала: радиальные; касательные; срезывающие. Эти силы необходимы для выполнения поверочного расчета коленчатого вала на прочность.

Цель расчета прочности коленчатого вала – рассчитать коэффициенты запаса прочности в галтелях шеек для заданного режима работы ГД. Расчет выполнен в соответствии с [_____]. Коленчатый вал, конструктивные параметры которого были определены по чертежу двигателя - прототипа и назначены по рекомендациям [_____], был нагружен силами, полученными в результате динамического расчета. Результаты расчета показали, что искомые коэффициенты находятся в требуемом диапазоне значений: Q_H = _____ > 1,15; Q_G = _____ > 1,15. Требования к расчету представлены на листе ___. Исходные данные представлены в таблице ___, резуль-

таты в таблице _____. На страницах _____ пояснительной записки представлена последовательность расчета коленчатого вала.

2.1 Расчет рабочего процесса

Цель расчета - определение оптимальных параметров работы ДВС, при которых он обеспечивает заданную эффективную мощность. Целевой функцией является расход топлива. Минимальный расход топлива ограничивается требованием обеспечения нормальных параметров работы ДВС – давлением сгорания, температурой сжатия и др.

Используемое программное обеспечение – "Disel.xls" [16].

Программа содержит 34 листа, их которых 5 – диалоговых. Навигация между листами стандартная, посредством мыши или тачпада. На рисунке 1 отражены три основных диалоговых листа: "Лист диалога", "Расчет рабочего процесса" и "Динамический расчет".

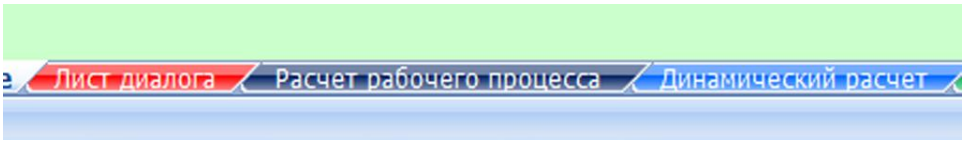


Рисунок 1 – Элемент основного меню расчетной программы

Основная часть "Листа диалога" представлена на рисунке 2.

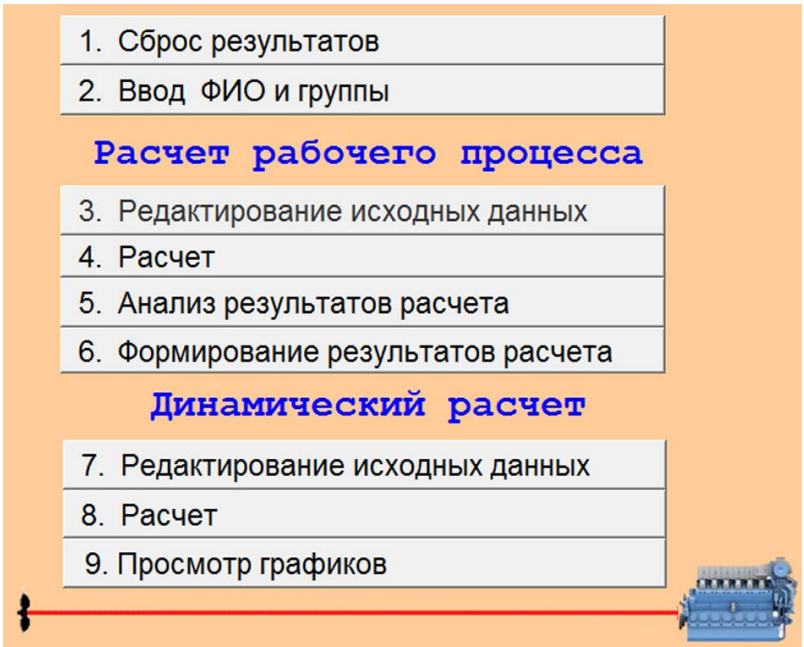


Рисунок 2 – Вид панели управления расчетом на ”Листе диалога”

"Лист диалога" или это панель управления расчетом – совокупность виртуальных кнопок **1**…**9**.

Кнопка **1** – удаляет результаты расчетов предыдущего пользователя, позволяет избежать ошибок по невнимательности.

Кнопка **2** – позволяет ввести данные по пользователю.

Следующая группа кнопок **3** , **4**, **5** , **6** помогает выполнить расчет рабочего процесса дизеля.

Кнопка **3** – отправляет на лист “Расчет рабочего процесса" – рисунок 3.

11		Параметры по давлению			
	а	Давление окружающей среды	P_o	МПа	0,1033
	б	Потери напора в охладителе наддувочного воздуха	δ_{ox}	МПа	0,002
	в	Максимально допустимое давление цикла	P_z		19,5
	г	Давление за турбиной			,105
	д	Давления наддува (начальное значение)			0,19
12		Параметры топлива			
	а	Марка топлива (ISO 8217)			380
	б	Плотность	ρ_{15}	кг/куб.м	991
	в	Содержание серы	S	% масс	0,50
	г	Содержание воды	W	% объем	0,00
	д	Зольность	A	% масс	0,10
	е	Низшая теплота сгорания	$Q_н$	кДж/кг	40998
13		Степень сжатия	ε	-	15
14		Доля потерянного ходя поршня	ψ		0
15		Степень повышения давления (начальное значение)			1,3
16		Молярный вес воздуха			28,97
17		Тип продувки	-	-	0

Принимать целым и превышающим данный параметр в прототипе вашего ДВС; или для
МОД - 6,0 - 15,5 МПа;
СОД - 8,5 - 18,0 МПа;
ВОД - 9,0 - 20,0 МПа

Среди результатов расчета принимать в пределах для
МОД - 1,15…1,35;
СОД - 1,3…1,5;
ВОД - 1,4…1,6

Выбор топлива

Расчет

Рисунок 3 – Вид части листа
ввода исходных данных для расчета рабочего процесса

Основная задача пользователя – назначение исходных данных для расчета ДВС. Подбор, оценка исходных данных (54 параметров) осуществляется на основании технических данных завода изготовителя на данный дизель и рекомендаций, отраженных в Приложении А.

Выбор параметров комментируется рекомендациями в ячейках с красным треугольником в верхнем правом углу ячейки (это примечания). Доступ к просмотру примечания осуществляется наведением курсора мышки на ячейку, содержащей примечание. На рисунке 3 курсор мышки был наведен на ячейку с параметром

"Степень повышения давления (начальное значение)". Необходимо учитывать размерность вводимых параметров.

Назначение марки топлива, используемого в ДВС, обеспечивается нажатием кнопки «Выбор топлива» (рисунок 4).

	Параметры топлива			-	
а	Марка топлива (ISO 8217)	-	-	RMG 380	Выбор топлива
б	Плотность	ρ_{15}	кг/куб.м	991	
в	Содержание серы	S	% масс	0,50	
г	Содержание воды	W	% объем	0,10	
д	Зольность	A	% масс	0,10	
е	Низшая теплота сгорания	$Q_н$	кДж/кг	40954	

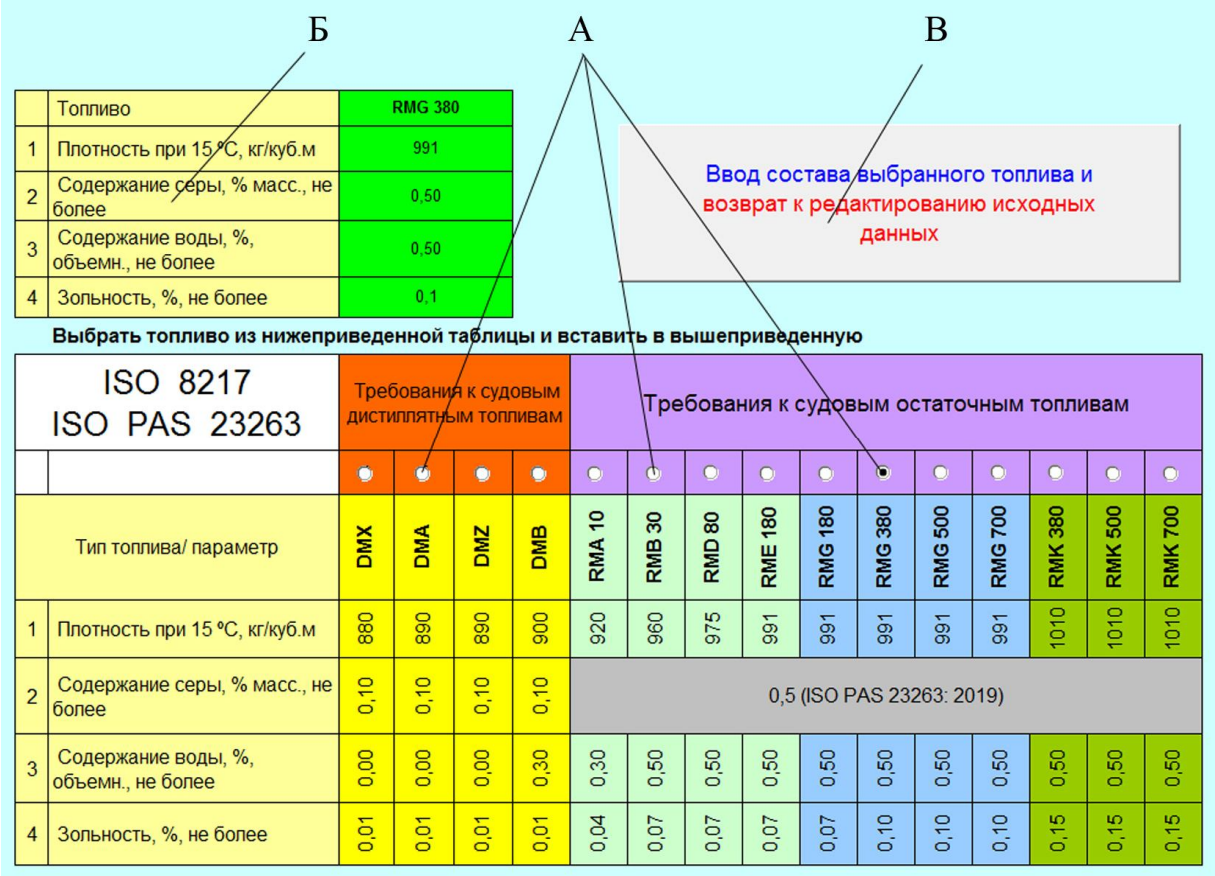
Рисунок 4 – Блок вводимых параметров по составу

Выбор типа топлива обеспечивается включением соответствующей ячейки «А», соответствующей конкретному типу топлива (рисунок 5). После назначения марки топлива в левой части таблицы «Б» формируется элементарный состав вводимого топлива.

В таблице «Б» формируются характеристики бункеровочного топлива. Можно отредактировать элементарный состав топлива с учетом его сепарации. По окончании назначения марки топлива и его состава необходимо нажатием кнопки «В» вернуться в листу лист “Ввод исходных данных” (рисунок 3).

После ввода исходных данных для расчета рабочего процесса необходимо нажать кнопку "Расчет" (рисунок 3) или вернуться на “Лист диалога” (рисунок 2) и нажать кнопку **4** - “Расчет”.

При появлении диалогового окошка с введением номера расчета введите 1 или 2. Цифра 1 вводится при типовом расчете дизеля. Если при выполнении задачи необходимы сравнительные расчеты, например, на различном топливе, мощности и т.д., выполняется два расчета, отличающиеся исходными данными и имеющими свои номера расчетов 1 и 2.



	Топливо	RMG 380
1	Плотность при 15 °С, кг/куб.м	991
2	Содержание серы, % масс., не более	0,50
3	Содержание воды, %, объемн., не более	0,50
4	Зольность, %, не более	0,1

Выбрать топливо из нижеприведенной таблицы и вставить в вышеприведенную

ISO 8217 ISO PAS 23263		Требования к судовым дистиллятным топливам				Требования к судовым остаточным топливам										
		○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○	○
Тип топлива/ параметр		DMX	DMA	DMZ	DMB	RMA 10	RMB 30	RMD 80	RME 180	RMG 180	RMG 380	RMG 500	RMG 700	RMK 380	RMK 500	RMK 700
1	Плотность при 15 °С, кг/куб.м	880	890	890	900	920	960	975	991	991	991	991	991	1010	1010	1010
2	Содержание серы, % масс., не более	0,10	0,10	0,10	0,10	0,5 (ISO PAS 23263: 2019)										
3	Содержание воды, %, объемн., не более	0,00	0,00	0,00	0,30	0,30	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
4	Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,07	0,07	0,07	0,07	0,10	0,10	0,10	0,15	0,15	0,15

Рисунок 5 – Назначение типа и состава топлива

Если будет выведена информация о некорректно введенном каком-либо параметре, необходимо нажать кнопку “ОК”, затем кнопку **3**, далее требуется отредактировать исходные данные и снова выполнить расчет программы. Если количество результатов (вариантов расчета) недостаточно для выполнения анализа, или результаты расчетов не удовлетворительны, необходимо также нажать кнопку **3** и откорректировать исходные данные.

Для анализа результатов расчета необходимо нажать кнопку **5**, которая откроет лист с результатами расчета рабочего процесса (рисунок 6). На экране отражается только часть результатов расчета, доступ к остальным можно получить стандартными средствами навигации по странице электронного документа. Целью расчета является определение параметров рабочего процесса дизеля для выхода на заданную мощность. Результаты формируются при вариации коэффициента избытка воздуха и степени повышения давления.

Необходимо выбрать вариант (один), наиболее рациональный (по расходу топлива, максимальному давлению цикла, наддуву, температуре выхлопных газов за турбиной и т.д.).

2	Номер	1. Коэффициент избытка воздуха - α (-)	2. Степень повышения давления - λ (-)	3. Эффективная мощность установки - *Ne* (кВт)	4. Индикаторная мощность - *Ni* (кВт)	5. Индикаторный КПД (%)	6. Эффективный КПД (%)	7. Индикаторный расход топлива - b (кг/кВт*ч)	8. Эффективный расход топлива - b (кг/кВт*ч)	9. Давление наддува *Pk* (Мпа)	10. Давление воздуха в коллекторе - *Ps* (Мпа)	11. Давление воздуха в начале сжатия - *Pa* (Мпа)
3	1	1,90	1,10	7772	8013	48,24	46,79	0,1842	0,1899	0,253	0,249	0,237
4	2	1,90	1,15	7761	8001	48,71	47,25	0,1824	0,1880	0,250	0,247	0,234
5	3	1,90	1,20	7830	8072	49,14	47,67	0,1808	0,1864	0,250	0,247	0,234

Рисунок 6 – Вид листа “Результаты (табл)” с результатами расчета рабочего процесса дизеля

В результате анализа результатов расчета, необходимо выделить выбранный вариант (они расположены в строках) на листе. Для этого необходимо левой кнопкой мышки необходимо щелкнуть на номере строчки (рисунок 7).



Рисунок 7 – Выделение основного варианта расчета

Далее необходимо вернуться на “Лист диалога” и нажать кнопку **6**, в результате чего будет сформировано 2 листа расчета рабочего процесса: лист исходных данных - Бланк ИД-1 и лист результатов расчета - Бланк рез. РРП.

Просмотр этих листов в соответствии с рисунком 1.

Расчет рабочего процесса выполнен.

В таблице 1 представлен лист для печати, содержащий таблицу подготовленных учащимся блока исходных данных.

В таблице 2 представлен лист с результатами расчета рабочего процесса.

Необходимо понимать принятые и полученные в результате расчета значения параметров, их величину и размерность.

Таблица 1 - Исходные данные для расчета рабочего процесса (пример)

Исходные данные для расчета рабочего процесса судового ДВС

СевГУ - Морской институт - Кафедра ЭМСС

Подготовил, группа Иванов И.И. УУ/с-20-1-

№		Параметр	Обозн.	Разм.	Значение	
1		Тип двигателя	МАК 6 М 32 С		1	2
2		Мощность двигателя	N	кВт	3080	-
3		Частота вращения коленчатого вала	n	об/мин	600	-
4		Ход поршня	s	м	0,480	-
5		Диаметр цилиндра	D	м	0,320	-
6		Тактность	n	-	4	-
7		Тип наддува	-	-	1	-
8		Число цилиндров	z	штук	6	-
9		Параметры по температуре			-	-
	а	Температура окружающей среды	To	К	300	-
	б	Допускаемая температура сгорания	$Tdop$	К	2000	-
	в	Подогрев заряда от стенок цилиндра	δt	К	12	-
	г	Первое приближение температуры сгорания	$Tz(1)$	К	1900	-
	д	Температура остаточных газов	Tr	К	700	-
	е	Перепад температуры в охладителе наддувочного воздуха	$\delta x max$	К	120	-
10		Коэффициент избытка воздуха			-	-
	а	минимальное значение	αmin	-	1,8	-
	б	максимальное значение	αmax	-	2,3	-
11		Параметры по давлению			-	-
	а	Давление окружающей среды	Po	МПа	0,1033	-
	б	Потери напора в охладителе наддувочного воздуха	δpx	МПа	0,002	-
	в	Максимально допустимое давление цикла	$Pz max$	МПа	19,5	-
	г	Давление за турбиной	Pos	МПа	0,105	-
	д	Давления наддува (начальное значение)	$Pk(1)$	МПа	0,19	-
12		Параметры топлива			-	-
	а	Марка топлива (ISO 8217)	-	-	DMX	-
	б	Плотность топлива	ρ	кг/куб.м	880	-
	в	Содержание серы	Sp	% масс	0,1	-
	г	Содержание воды	Wp	% об	0	-
	д	Зольность	A	% масс	0,01	-
	е	Низшая теплота сгорания	$Qн$	кДж/кг	42364,21	-
	ж	Содержание углерода/водорода	Cp/Hp	% / %	85,5/13	-
13		Степень сжатия	ε	-	15	-
14		Доля потерянного хода поршня	ψ	-	0	-
15		Степень повышения давления (начальное значение)	λ	-	1,3	-
16		Тип продувки	sk	-	0	-
17		Механический КПД двигателя	η	%	94	-
18		Механический КПД редуктора	$\eta дв$	%	100	-
19		КПД турбины	$\eta т$	%	84	-
20		КПД компрессора	$\eta к$	%	83	-
21		Коэффициент использования тепла в точке "Z"	ξz	-	0,92	-
22		Полный коэффициент использования тепла	ξ	-	0,98	-
23		Коэффициент округления индикаторной диаграммы	ϕz	-	0,97	-
24		Коэффициент продувки	φ	-	1,3	-
25		Коэффициент остаточных газов	γ	-	0,03	-
26		Показатель политропы сжатия воздуха в компрессоре	kb	кДж/(кг*К)	1,4	-
27		Показатель политропы расширения газов в турбине	kg	кДж/(кг*К)	1,35	-
28		Первое прибл. показателя политропы сжатия возд. в цил.	$n1(1)$	-	1,3	-
29		Первое прибл. показателя политропы расш. газов в цил.	$n2(1)$	-	1,2	-

Таблица 2 - Результаты расчета рабочего процесса (пример)

Результаты расчета рабочего процесса судового ДВС

СевГУ - Морской институт - Кафедра ЭМСС

Подготовил, группа Иванов И.И. ЭУ/с-20-1-о

№	Параметр	Обозн.	Разм.	Значение	
				1	2
1	Коэффициент избытка воздуха	α	-	1,9	-
2	Степень повышения давления	λ	-	1,4	-
3	Эффективная мощность установки	*Ne*	кВт	3069,2	-
4	Индикаторная мощность	*Ni*	кВт	3265,1	-
5	Индикаторный КПД	ηi	%	50,20	-
6	Эффективный КПД	ηe	%	47,19	-
7	Индикаторный расход топлива	*bi*	кг/кВт*ч	0,1693	-
8	Эффективный расход топлива	*be*	кг/кВт*ч	0,1801	-
9	Давление наддува	*Pk*	МПа	0,3554	-
10	Давление воздуха в коллекторе	*Ps*	МПа	0,3534	-
11	Давление воздуха в начале сжатия	*Pa*	МПа	0,3357	-
12	Давление воздуха в конце сжатия	*Pc*	МПа	13,7280	-
13	Максимальное давление цикла	*Pzmax*	МПа	19,2192	-
14	Давление в конце расширения	*Pb*	МПа	1,1730	-
15	Давление газов перед турбиной	*Pt*	МПа	0,2940	-
16	Среднее индикаторное давление	*Pi*	МПа	2,8616	-
17	Среднее эффективное давление	*Pe*	МПа	2,6899	-
18	Температура воздуха за компрессором	*Tk*	К	427,0	-
19	Охлаждение воздуха в теплообменнике	*δTx*	К	117,0	-
20	Температура воздуха в коллекторе	*Ts*	К	310	-
21	Температура воздуха в начале сжатия	*Ta*	К	333	-
22	Температура воздуха в конце сжатия	*Tc*	К	908	-
23	Максимальная температура цикла	*Tz*	К	1998	-
24	Температура конца расширения	*Tb*	К	1129	-
25	Температура газов перед турбиной	*Tg*	К	789	-
26	Температура смеси перед турбиной	*Tcm*	К	687	-
27	Температура газов за турбиной	*Tзт*	К	526	-
28	Мощность турбины	*Nt*	кВт	832,2	-
29	Мощность компрессора	*Nk*	кВт	833,4	-
30	Механический КПД установки	ηm	%	47,19	-
31	Показатель политропы сжатия	*n1*	-	1,3704	-
32	Показатель политропы расширения	*n2*	-	1,2557	-
33	Относительная мощность турбины	*δt*	-	0,2549	-
34	Относительная мощность компрессора	*δk*	-	0,2552	-
35	Степень последующего расширения	*δ*	-	9,257	-
36	Степень предварительного расширения	ρ	-	1,620	-
37	Адиабатная работа расширения газов в турбине	*Lt*	кДж/кг	177,69	-
38	Адиабатная работа сжатия воздуха в компрессоре	*Lk*	кДж/кг	127,57	-
39	Расход воздуха через двигатель	*Gb*	кг/с	5,422	-
40	Расход газов через турбину	*Gg*	кг/с	5,576	-
41	Коэффициент наполнения	ηm	-	0,920	-

2.2 Динамический расчет дизеля

Цель расчета - определение сил, действующих со стороны цилиндро-поршневой группы на элементы кривошипно-шатунного в различных положениях коленчатого вала. Расчет выполняется на основании параметров рабочего цикла рассчитываемого дизеля (расчета рабочего процесса). Полученные результаты представлены в табличном и графическом видах.

Расчет выполняется в том же программном продукте, в котором выполнялся расчет рабочего процесса [16].

На рисунке 2 отражена группа кнопок **7**, **8**, **9** , которые обеспечивают выполнение динамического расчета.

Нажатие кнопки **7** обеспечивает переход к листу ввода исходных данных для динамического расчета (рисунок 8).



5		Частота вращения коленчатого вала	n	об/мин	600	
6		Рядность	-	-	1	
7		Доля потерянного хода поршня	ψ	-	0	
8		Постоянная КШМ	λ	-	0,5	
9		Масса поступательно движущихся частей	mп	кг	322	321,70
10		Масса вращающихся частей	mв	кг	804	804,25
11		Степень сжатия	ε	-	15	
12		Угол развала блоков	γ	град.	0	
13		Угол заклинки коленчатого вала	δ	град.	60	
14		Давление в начале сжатия	Pa	МПа	0,336	
15		Давление в конце сжатия	Pc	МПа	13,728	
16		Максимальное давление сгорания	Pz	МПа	19,219	
17		Давление в конце расширения	Pb	МПа	1,173	
18		Давление в выпускном коллекторе	Ps	МПа	0,294	
19		Давление под поршнем	Pck	МПа	0,103	
20		Средний показатель политропы сжатия	n1	-	1,370	
21		Средний показатель политропы расширения	n2	-	1,256	
22		Степень предварительного расширения	ρ	-	1,620	
23		Мощность турбины	Nt	кВт	832,2	
24		Мощность компрессора	Nk	кВт	833	
25		КПД редуктора комбинированного ДВС	ηрд	%	100	
26		Шаг изменения угла поворота КВ	δφ	град.	20	
27		Порядок работы цилиндров				
	1	Первым работает			1	
	2	Вторым работает			5	
	3	Третьим работает			3	
	4	Четвертым работает			6	
	5	Пятым работает			2	
	6	Шестым работает			4	

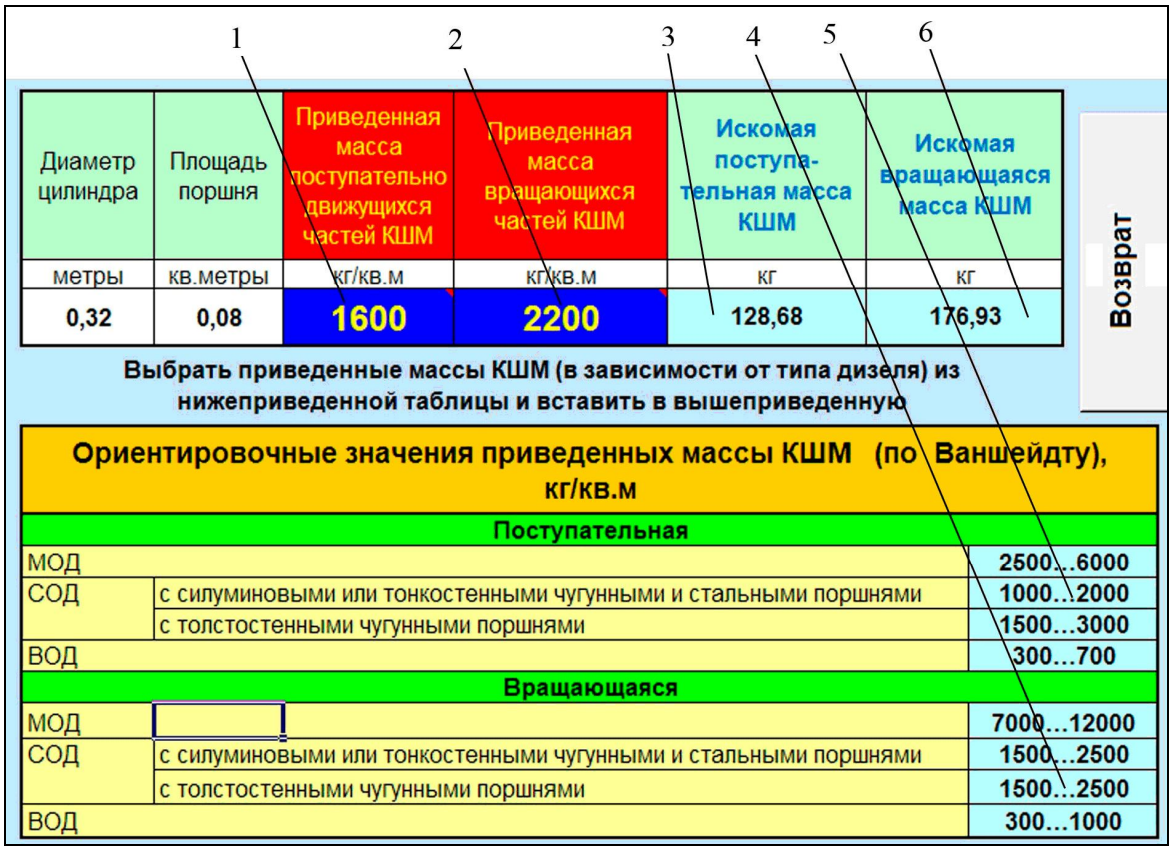
Рисунок 8 - Лист диалога ввода исходных данных для динамического расчета

Здесь необходимо отредактировать: рядность; постоянную КШМ (λ), этот параметр можно определить по изображению поперечного сечения рассчитываемого дизеля, где легко определить отношение длины кривошипа к длине шатуна (т.е. – λ), при этом оценка масштаба рисунка не требуется; массы (поступательно движущихся и вращающихся частей КШМ); угол развала блоков (γ); угол заклинки коленчатого вала (δ); давление под поршнем ($p_{ск}$); порядок работы цилиндров.

Остальные параметры переносятся из результатов расчета рабочего процесса и исходных данных автоматически.

При отсутствии данных по массам поступательно движущихся и вращающихся масс можно воспользоваться рекомендациями [4] или нажать кнопку 1 “Оценка масс” в соответствии с рисунком 8.

При этом вы перейдете на лист “Массы КШМ” (рисунок 9).



Диаметр цилиндра	Площадь поршня	Приведенная масса поступательно движущихся частей КШМ	Приведенная масса вращающихся частей КШМ	Искомая поступательная масса КШМ	Искомая вращающаяся масса КШМ
метры	кв.метры	кг/кв.м	кг/кв.м	кг	кг
0,32	0,08	1600	2200	128,68	176,93

Выбрать приведенные массы КШМ (в зависимости от типа дизеля) из нижеприведенной таблицы и вставить в вышеприведенную

Ориентировочные значения приведенных массы КШМ (по Ваншейдту), кг/кв.м		
Поступательная		
МОД		2500…6000
СОД	с силуминовыми или тонкостенными чугунными и стальными поршнями	1000…2000
	с толстостенными чугунными поршнями	1500…3000
ВОД		300…700
Вращающаяся		
МОД		7000…12000
СОД	с силуминовыми или тонкостенными чугунными и стальными поршнями	1500…2500
	с толстостенными чугунными поршнями	1500…2500
ВОД		300…1000

Рисунок 9 – К оценочному расчету вращающихся и поступательно движущихся масс КШМ

Из таблицы с ориентировочными значениями приведенных масс, в зависимости от типа дизеля необходимо верно выбрать приведенные массы из ячеек 4 и 5. Назначенные значения ввести соответственно в ячейки 1 и 2. В ячейках 3 и 6 сфор-

мируются ориентировочные значения масс. Нажать кнопку “Возврат”.

Далее в ячейки 1 (рисунок 8) необходимо ввести округленные значения масс по их значениям из ячеек 2.

Для назначения порядка работы также можно воспользоваться справкой посредством кнопки “Выбор порядка работы цилиндров”, нажатие которой приведет к листу “Порядок работы цил.” (рисунок 10).

На листе “Порядок работы цил.” из прилагаемой таблицы необходимо выбрать порядок работы цилиндров 1 (рисунок 10) и ввести в таблицу 3. Нажать кнопку 2.



Рисунок 10 – К назначению порядка работы цилиндров

При этом принято: вращение вала - по часовой стрелке, если смотреть на вал со стороны свободного конца; порядок нумерации цилиндров - от свободного конца до конца вала, где происходит отбор мощности.

В случае расчета “V”-образного двигателя следует особое внимание уделить порядку работы цилиндров. Это связано с тем, что нумерация цилиндров на практике отдельная для цилиндров левого и правого ряда, тогда как в настоящей программе она сквозная.

В качестве примера перевода порядка работы рассмотрим 6-ти цилиндровый четырехтактный двигатель с рекомендуемым порядком работы : 1л-2п-3л-1п-2л-3п (угол между кривошипами - 60 градусов).

В формуле буквой “л” обозначен левый ряд цилиндров, буквой “п” - правый.

Схематически это можно изобразить следующим образом (рисунок 11). Тогда,

применительно к порядку работы цилиндров, реализованному в программе, формула будет такая - 1-5-3-4-2-6.

После ввода данных необходимо нажать кнопку "Расчет" (рисунок 8) или перейти на “Лист диалога” и нажать кнопку 8 .

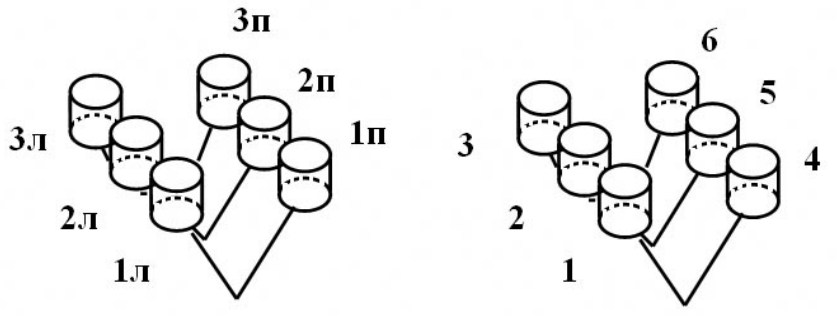


Рисунок 11 – К формированию порядка V–образного дизеля

После сообщения «Расчет окончен» можно просмотреть и проанализировать корректность полученных результатов.

Результаты расчета динамики размещены в следующих листах:

1. табличные:

– исходные данные динамического расчета - Бланк ИД-2;

– силы в кривошипно-шатунном механизме - Бланк-Силы в КШМ;

– таблица набегающих касательных сил - Бланк НКС.

2. графические:

для четырехтактных дизелей:

– индикаторная диаграмма - 4-х Индикаторная диаграмма;

– развернутая индикаторная диаграмма - 4-х Инд. диагр. разв.;

– силы на кривошипах - 4-х Силы на кривошипах;

– суммарные касательные силы - 4-х Суммарные Fкас;

– векторная диаграмма - 4-х Векторная диаграмма;

– диаграмма износа - 4-х Диаграмма износа.

для двухтактных дизелей:

– индикаторная диаграмма - 2-х Индикаторная диаграмма;

– развернутая индикаторная диаграмма - 2-х Инд. диаграмма разв.;

– силы на кривошипах - 2-х Силы на кривошипах;

– суммарные касательные силы - 2-х Суммарные Fкас;

– векторная диаграмма - 2-х Векторная диаграмма;

– диаграмма износа - 2-х Диаграмма износа.

В таблице 3 представлены исходные данные для динамического расчета.

В таблице 4 представлены величины сил в кривошипно-шатунном механизме. В этой таблице представлены численные значения давления газов в цилиндре в зависимости от угла поворота коленчатого вала, и соответствующие этому давлению сила давления газов, сила инерции, движущая сила; и силы, на которые векторно раскладывается движущая сила: нормальная, радиальная и касательная.

В таблице 5 представлены значения набегающих касательных сил, которые суммируются от первой цилиндро-поршневой группы до последней.

На рисунке 12 представлена полученная в результате расчета стандартная индикаторная диаграмма некоторого четырехтактного дизеля.

На рисунке 13 представлена развернутая индикаторная диаграмма некоторого четырехтактного дизеля.

На рисунке 14 представлена полученная в результате расчета диаграмма сила на кривошипах в зависимости от угла поворота коленчатого вала: сила давления газов, сила инерции, движущая сила; движущая сила, нормальная, радиальная некоторого четырехтактного дизеля.

На рисунке 15 представлена полученная в результате расчета диаграмма суммарных касательных сил и касательных сил в одном кривошипно-шатунном механизме некоторого четырехтактного дизеля.

На рисунке 16 представлена полученная в результате расчета векторная диаграмма некоторого четырехтактного дизеля.

На рисунке 17 представлена диаграмма износа четырехтактного дизеля.

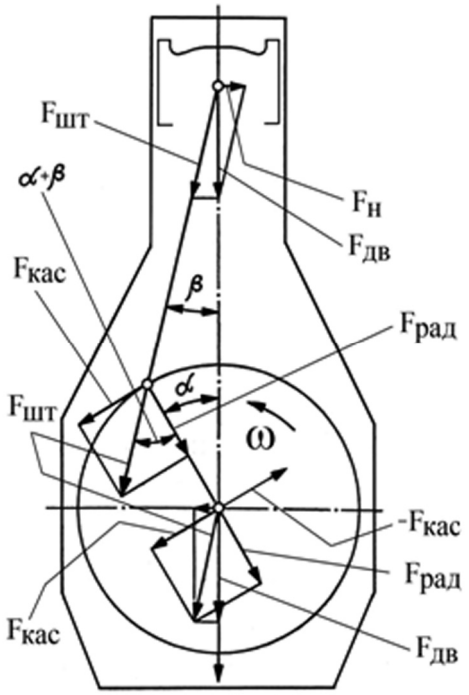
Таблица 3 – Исходные данные для динамического расчета (пример)

Исходные данные для динамического расчета судового ДВС

СевГУ - Морской институт - Кафедра ЭМСС

Подготовил, группа Иванов И.И. У/с-20-1-о

№	Параметр	Обозн.	Разм.	Значение	
1	Тип двигателя	МАК 6 М 32 С		1	2
2	Число цилиндров	z	штук	6	-
3	Тактность	ν	-	4	-
4	Диаметр цилиндра	D	м	0,320	-
5	Радиус кривошипа	r	м	0,240	-
6	Частота вращения коленчатого вала	n	об/мин	600	-
7	Постоянная КШМ	λ	-	0,5	-
8	Масса поступательно движущихся частей	mn	кг	200	-
9	Масса вращающихся частей	$mв$	кг	200	-
10	Степень сжатия	ε	-	15	-
11	Угол развала блоков	γ	град.	0	-
12	Угол заклинки коленчатого вала	δ	град.	60	-
13	Давление в начале сжатия	Pa	МПа	0,3357	-
14	Давление в конце сжатия	Pc	МПа	13,7280	-
15	Максимальное давление сгорания	Pz	МПа	19,2192	-
16	Давление в конце расширения	Pb	МПа	1,1730	-
17	Давление в выпускном коллекторе	Ps	МПа	0,2940	-
18	Давление под поршнем	Pck	МПа	0,1030	-
19	Средний показатель политропы сжатия	$n1$	-	1,3704	-
20	Средний показатель политропы расширения	$n2$	-	1,2557	-
21	Степень предварительного расширения	ρ	-	1,62	-
22	Мощность турбины	Nt	кВт	832,2	-
23	Мощность компрессора	Nk	кВт	833,4	-
24	КПД редуктора комбинированного ДВС	n	%	100	-
25	Рядность	-		1	-
26	Доля потерянного хода поршня	ψ	-	0	-
27	Шаг изменения угла поворота КВ	$\delta\phi$	град.	20	20
28	Порядок работы цилиндров				
	1 - 5 - 3 - 6 - 2 - 4				



Fдв – движущая сила; Fшт – сила, направленная вдоль оси шатуна; Fн – нормальная сила; ; Fкас – касательная сила; Fрад – радиальная сила;

К анализу сил, действующих в звеньях центрального кривошипно-шатунного механизма тронкового ДВС

Таблица 4 – Силы в КШМ

Результаты динамического расчета судового ДВС

Силы в кривошипно-шатунном механизме

СевГУ - Морской институт - Кафедра ЭМСС

Подготовил, группа : Иванов И.И. ЭУ/с-20-1-о

№	Угол	Давление газов в цилиндре	Сила давления газов	Силы инерции	Движущая сила	Нормальная сила	Радиальная сила	Касательная сила
	α	$P_ц$, Мпа	$F_г$, кН	$F_{ин}$, кН	$F_{дв}$, кН	$F_{нор}$, кН	$F_{рад}$, кН	$F_{кас}$, кН
1	0	0,315	17,04	-284,24	-267,21	0,00	-267,21	0,00
2	20	0,336	18,71	-254,29	-235,58	-40,89	-207,39	-119,00
3	40	0,336	18,71	-169,30	-150,59	-51,11	-82,50	-135,95
4	60	0,336	18,71	-48,26	-29,54	-14,19	-2,48	-32,68
5	80	0,336	18,71	68,34	87,05	49,25	-33,38	94,28
6	100	0,336	18,71	134,15	152,86	86,48	-111,71	135,52
7	120	0,336	18,71	141,24	159,96	76,84	-146,52	100,11
8	140	0,336	18,71	121,02	139,74	47,43	-137,53	53,49
9	160	0,336	18,71	101,84	120,56	20,92	-120,44	21,57
10	180	0,336	18,71	94,75	113,46	0,00	-113,46	0,00
11	200	0,342	19,26	101,84	121,10	-21,02	-120,99	-21,67
12	220	0,365	21,09	121,02	142,11	-48,23	-139,87	-54,40
13	240	0,414	24,98	141,24	166,22	-79,85	-152,26	-104,03
14	260	0,512	32,86	134,15	167,01	-94,48	-122,05	-148,06
15	280	0,720	49,59	68,34	117,92	-66,71	-45,22	-127,72
16	300	1,211	89,13	-48,26	40,87	-19,64	3,43	-45,22
17	320	2,587	199,74	-169,30	30,44	-10,33	16,68	-27,48
18	340	7,038	557,72	-254,29	303,42	-52,66	267,11	-153,26
19	360	16,474	1316,60	-284,24	1032,36	0,00	1032,36	0,00
20	380	19,101	1527,91	-254,29	1273,62	221,06	1121,20	643,33
21	400	7,633	605,64	-169,30	436,34	148,09	239,06	393,92
22	420	3,809	298,04	-48,26	249,79	119,99	20,98	276,32
23	440	2,363	181,80	68,34	250,13	141,51	-95,93	270,91
24	460	1,729	130,76	134,15	264,91	149,87	-193,60	234,86
25	480	1,423	106,16	141,24	247,40	118,85	-226,63	154,83
26	500	1,270	93,83	121,02	214,85	72,92	-211,46	82,24
27	520	1,197	87,97	101,84	189,82	32,95	-189,64	33,96
28	540	0,734	50,71	94,75	145,46	0,00	-145,46	0,00
29	560	0,294	15,36	101,84	117,21	-20,34	-117,10	-20,97
30	580	0,294	15,36	121,02	136,39	-46,29	-134,23	-52,21
31	600	0,294	15,36	141,24	156,60	-75,23	-143,45	-98,01
32	620	0,294	15,36	134,15	149,51	-84,59	-109,26	-132,55
33	640	0,294	15,36	68,34	83,70	-47,35	-32,10	-90,65
34	660	0,294	15,36	-48,26	-32,89	15,80	-2,76	36,39
35	680	0,294	15,36	-169,30	-153,94	52,25	-84,34	138,97
36	700	0,294	15,36	-254,29	-238,93	41,47	-210,34	120,69

Таблица 5 – набегающие касательные силы

Результаты динамического расчета судового ДВС

Силы набегающие касательные, кН

СевГУ - Морской институт - Кафедра ЭМСС

Подготовил, группа : Иванов И.И. ЭУ/с-20-1-о

Кривошип															
1		2		3		4		5		6		7		8	
угол поворота КВ	Касательные силы	угол поворота КВ	Касательные силы	угол поворота КВ	Касательные силы	угол поворота КВ	Касательные силы	угол поворота КВ	Касательные силы	угол поворота КВ	Касательные силы	угол поворота КВ	Касательные силы	угол поворота КВ	Касательные силы
0	-7,9	240	-111,9	480	42,9	120	143,0	600	45,0	360	45,0	0	0,0	0	0,0
20	-126,9	260	-274,9	500	-192,7	140	-139,2	620	-271,8	380	371,6	0	0,0	0	0,0
40	-143,8	280	-271,5	520	-237,6	160	-216,0	640	-306,7	400	87,3	0	0,0	0	0,0
60	-40,6	300	-85,8	540	-85,8	180	-85,8	660	-49,4	420	226,9	0	0,0	0	0,0
80	86,4	320	58,9	560	38,0	200	16,3	680	155,3	440	426,2	0	0,0	0	0,0
100	127,6	340	-25,6	580	-77,8	220	-132,2	700	-11,5	460	223,3	0	0,0	0	0,0
120	92,2	360	92,2	600	-5,8	240	-109,8	0	-109,8	480	45,0	0	0,0	0	0,0
140	45,6	380	688,9	620	556,4	260	408,3	20	289,3	500	371,6	0	0,0	0	0,0
160	13,7	400	407,6	640	317,0	280	189,2	40	53,3	520	87,3	0	0,0	0	0,0
180	-7,9	420	268,4	660	304,8	300	259,6	60	226,9	540	226,9	0	0,0	0	0,0
200	-29,5	440	241,4	680	380,3	320	352,9	80	447,1	560	426,2	0	0,0	0	0,0
220	-62,3	460	172,6	700	293,3	340	140,0	100	275,5	580	223,3	0	0,0	0	0,0
240	-111,9	480	42,9	0	42,9	360	42,9	120	143,0	600	45,0	0	0,0	0	0,0
260	-155,9	500	-73,7	20	-192,7	380	450,6	140	504,1	620	371,6	0	0,0	0	0,0
280	-135,6	520	-101,6	40	-237,6	400	156,3	160	177,9	640	87,3	0	0,0	0	0,0
300	-53,1	540	-53,1	60	-85,8	420	190,5	180	190,5	660	226,9	0	0,0	0	0,0
320	-35,4	560	-56,3	80	38,0	440	308,9	200	287,2	680	426,2	0	0,0	0	0,0
340	-161,1	580	-213,3	100	-77,8	460	157,0	220	102,6	700	223,3	0	0,0	0	0,0
360	-7,9	600	-105,9	120	-5,8	480	149,1	240	45,0	0	45,0	0	0,0	0	0,0
380	635,5	620	502,9	140	556,4	500	638,6	260	490,6	20	371,6	0	0,0	0	0,0
400	386,0	640	295,4	160	317,0	520	350,9	280	223,2	40	87,3	0	0,0	0	0,0
420	268,4	660	304,8	180	304,8	540	304,8	300	259,6	60	226,9	0	0,0	0	0,0
440	263,0	680	402,0	200	380,3	560	359,4	320	331,9	80	426,2	0	0,0	0	0,0
460	227,0	700	347,7	220	293,3	580	241,1	340	87,8	100	223,3	0	0,0	0	0,0
480	147,0	0	147,0	240	42,9	600	-55,1	360	-55,1	120	45,0	0	0,0	0	0,0
500	74,4	20	-44,6	260	-192,7	620	-325,2	380	318,1	140	371,6	0	0,0	0	0,0
520	26,1	40	-109,9	280	-237,6	640	-328,2	400	65,7	160	87,3	0	0,0	0	0,0
540	-7,9	60	-40,6	300	-85,8	660	-49,4	420	226,9	180	226,9	0	0,0	0	0,0
560	-28,8	80	65,4	320	38,0	680	176,9	440	447,8	200	426,2	0	0,0	0	0,0
580	-60,1	100	75,4	340	-77,8	700	42,9	460	277,7	220	223,3	0	0,0	0	0,0
600	-105,9	120	-5,8	360	-5,8	0	-5,8	480	149,1	240	45,0	0	0,0	0	0,0
620	-140,4	140	-86,9	380	556,4	20	437,4	500	519,6	260	371,6	0	0,0	0	0,0
640	-98,5	160	-77,0	400	317,0	40	181,0	520	215,0	280	87,3	0	0,0	0	0,0
660	28,5	180	28,5	420	304,8	60	272,1	540	272,1	300	226,9	0	0,0	0	0,0
680	131,1	200	109,4	440	380,3	80	474,6	560	453,6	320	426,2	0	0,0	0	0,0
700	112,8	220	58,4	460	293,3	100	428,8	580	376,6	340	223,3	0	0,0	0	0,0

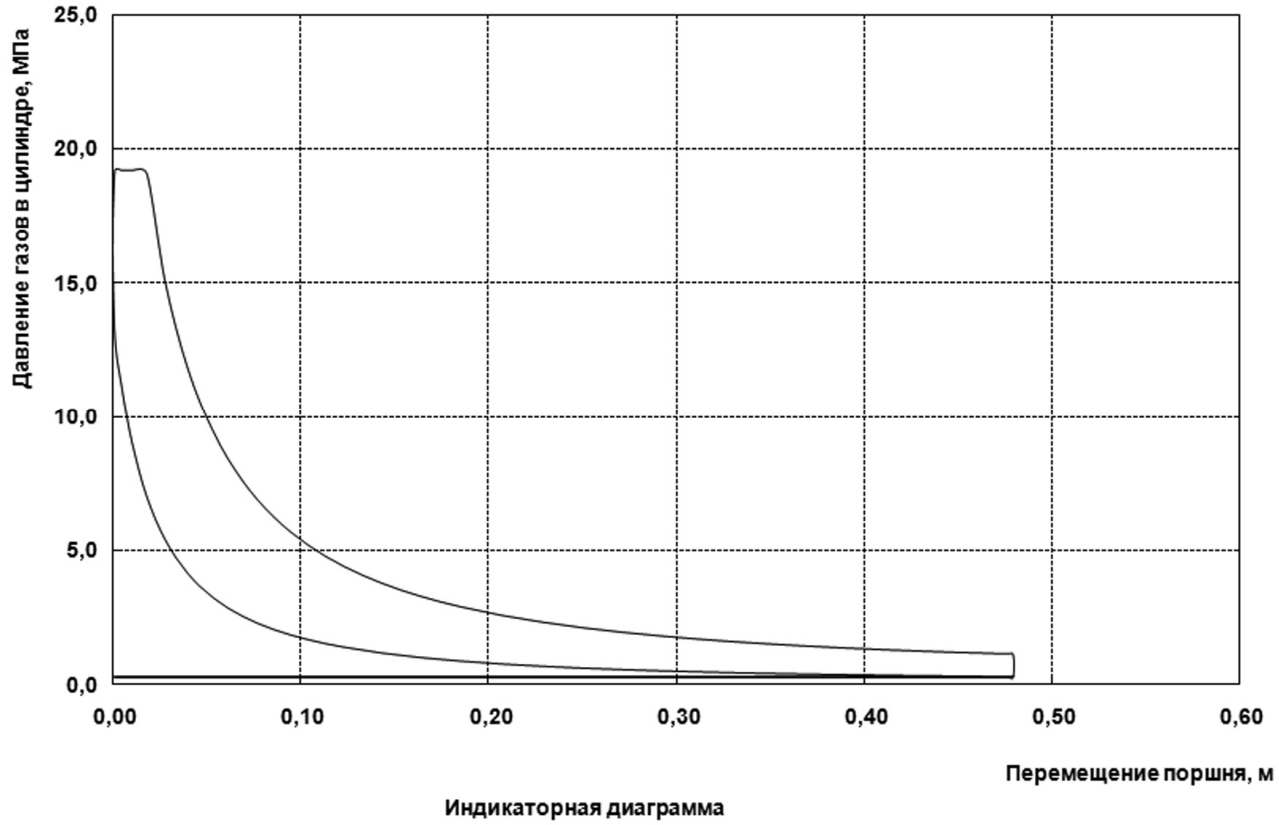


Рисунок 12 – Стандартная индикаторная диаграмма (пример)

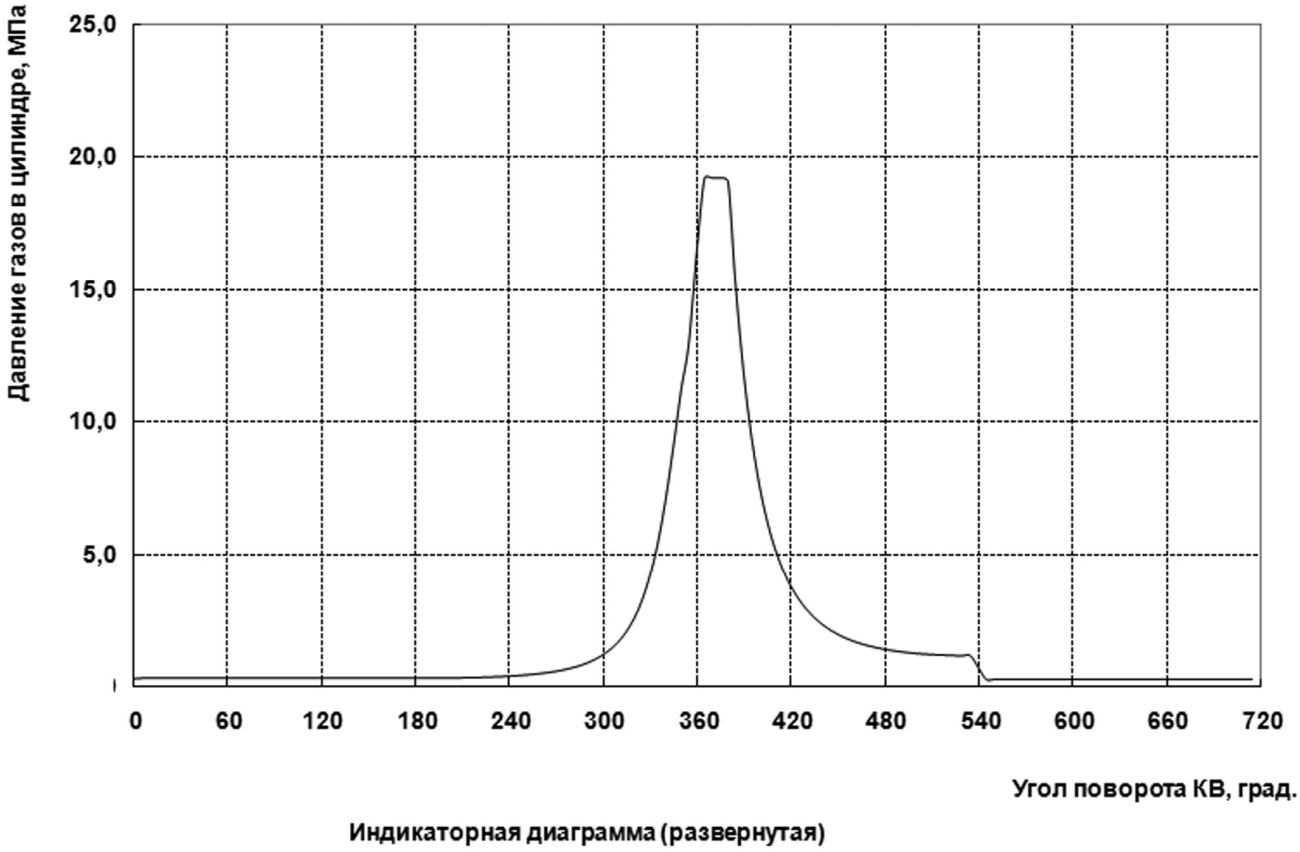


Рисунок 13 – Развернутая индикаторная диаграмма (пример)

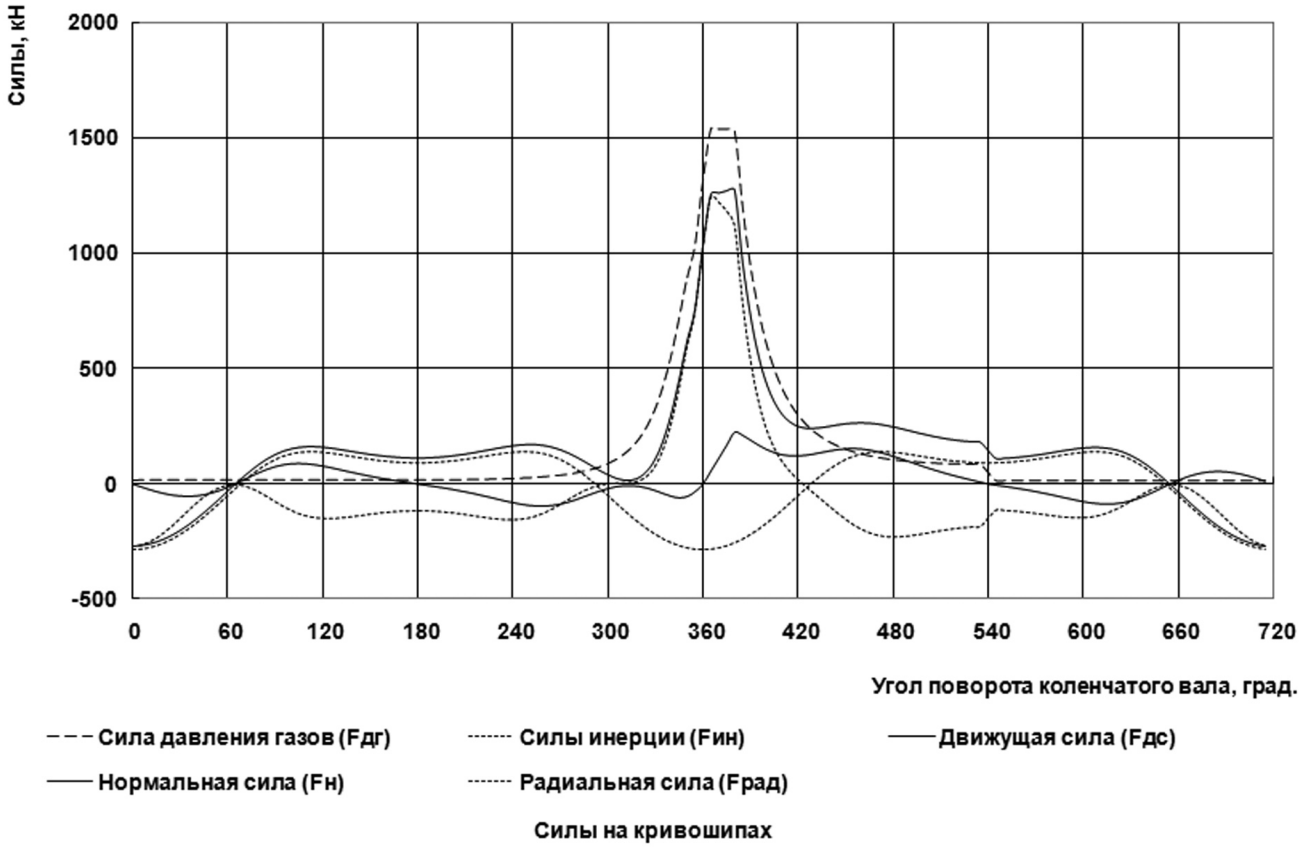


Рисунок 14 – Силы на кривошипах (пример)

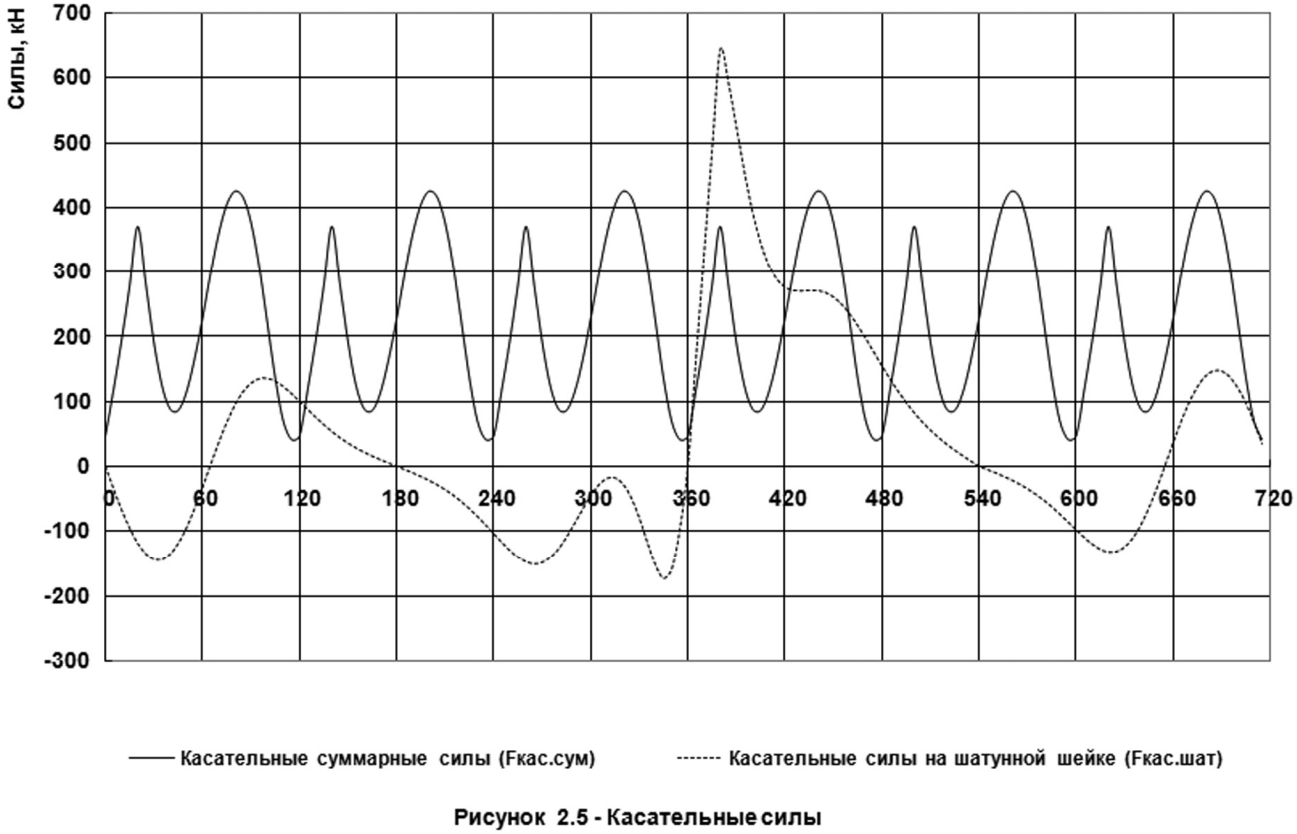


Рисунок 15 – Касательные силы (пример)

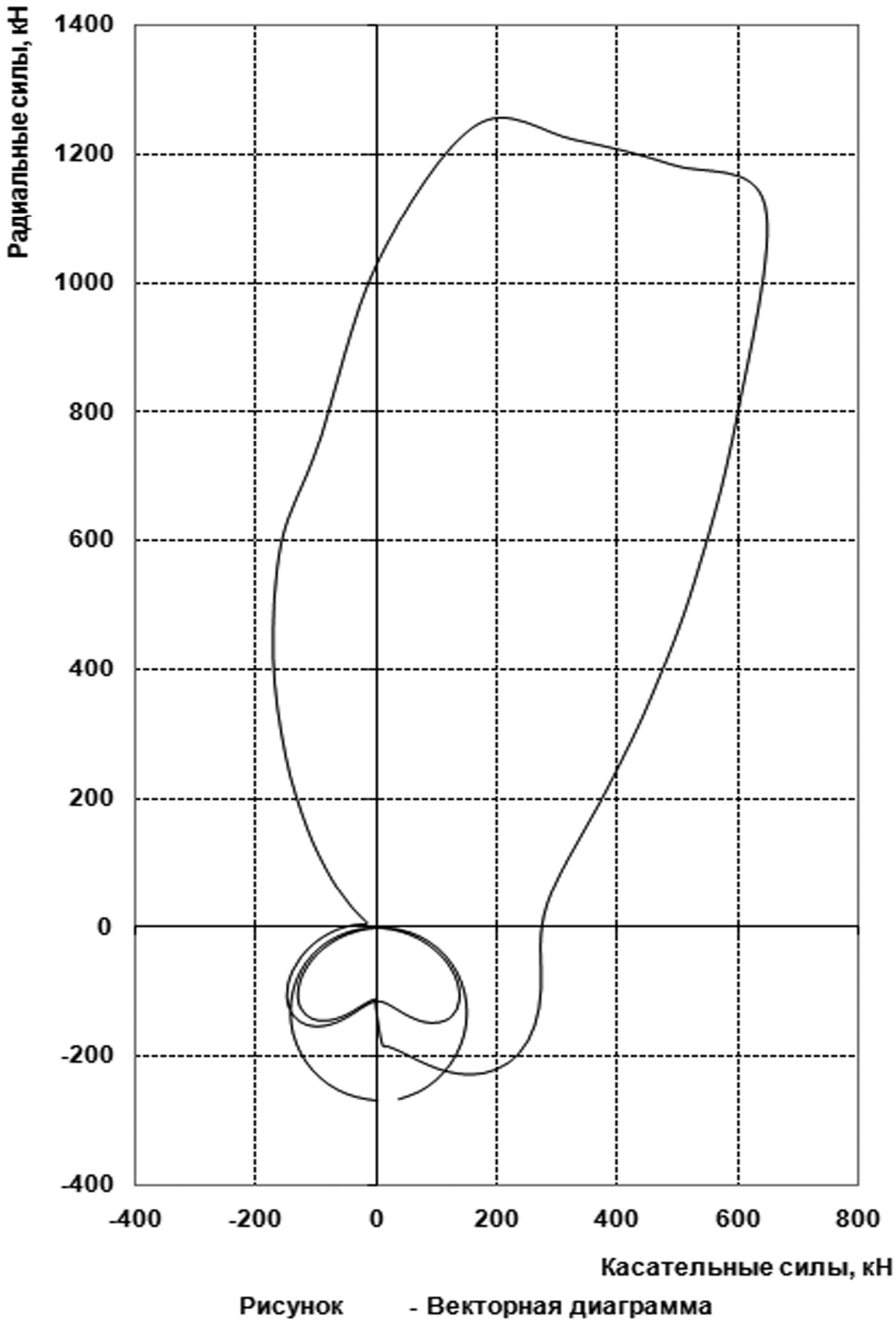


Рисунок 16 - Векторная диаграмма

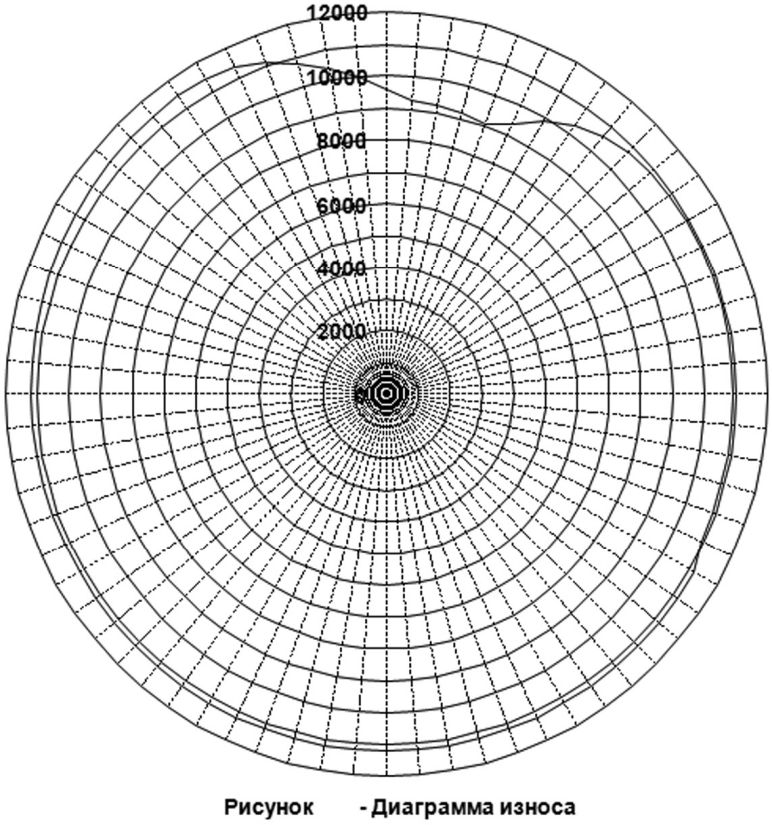


Рисунок 17 – Диаграмма износа

В таблице 6 изложен перечень необходимых листов для, которые распечатываются из файла "Dizel.xls". В таблице представлены требования для курсового проектирования и дипломного проектирования.

Таблица 6 – Перечень выводимых на печать листов

№	Курсовой проект	№	ВКР
1	2	3	4
Расчет рабочего процесса			
1	«Бланк ИД-1»	1	«Бланк ИД-1»
2	«Бланк рез. РРП.»	2	«Бланк рез. РРП.»
Динамический расчет дизеля			
3	«Бланк ИД-2»	3	«Бланк ИД-2»
4	«Бланк Силы в КШМ»	4	«Бланк Силы в КШМ»
5	«Бланк НКС»	5	«Бланк НКС»
6	Индикаторная диаграмма	6	Индикаторная диаграмма
7	Развернутая индикаторная диаграмма	7	Развернутая индикаторная диаграмма
8	Векторная диаграмма	8	Силы на кривошипах
9	Диаграмма износа	9	Касательные суммарные
10	Силы на кривошипах		
11	Касательные суммарные		

Все листы сформированы для печати на листах бумаги формата А4.

При необходимости формирования сравнительных таблиц результатов расчета рабочего процесса (например, для выполнения сравнительного анализа) нужно загрузить файл "Анализ теплового расчета ДВС.xls" [19]. Открыть этот файл нужно, не закрывая расчета по дизелю. Далее нажать кнопку «Получить результаты», в результате чего этот файл отобразит результаты теплового расчета дизеля в табулированном виде. Вариантами расчета рабочего процесса, из которых вы выбрали только один. Пролистайте его и найдите лист с выбранным вариантом (это нетрудно сделать, например, по коэффициенту избытка воздуха и степени повышения давления) и распечатайте его (при необходимости), или сохраните этот файл под новым именем и запишите на носитель.

В таблице 7 представлены результаты расчета рабочего процесса (с 23 по 33 вариант), которые содержат оптимальный вариант, принятый за результат расчета.

2.3 Прочностной расчет коленчатого вала

В основу прочностного расчета коленчатого вала судового дизеля положен метод Морского Регистра судоходства Росси.

В настоящем разделе отражены действия пользователя ЭВМ при выполнении вышеуказанного расчета с помощью программного обеспечения “Прочностной расчет коленчатого вала.xls” [17]).

Выполнение расчета предполагает выполнение последовательных этапов:

– подбора конструктивных параметров коленчатого вала;

– назначение материала вала и метода его изготовления;

– ввод комплекса сил, действующих на шатунную шейку (полученных по результатам расчета теплового и динамического расчетов;

– собственно расчета последнего на прочность и анализ результатов.

Таблица 7 - Результаты расчета рабочего процесса ДВС

Результаты расчета рабочего процесса судового ДВС

СевГУ - Морской институт - Кафедра ЭМСС

Варианты 23…33

№	Обозн.	Разм.	Результаты										
	Вариант		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
1	α	-	2	2	2	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
2	λ	-	1,5	1,55	1,6	1,05	1,1	1,15	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4
3	*Ne*	КВт	23393	23338	23339	23353	23371	23387	23340	23347	23346	23350	23354
4	*Ni*	КВт	23871	23814	23816	23830	23848	23864	23817	23824	23822	23827	23831
5	ηi	%	49,698	49,89	50,063	47,285	47,836	48,345	48,816	49,253	49,152	49,437	49,693
6	ηe	%	48,704	48,893	49,061	46,339	46,879	47,378	47,839	48,268	48,169	48,448	48,7
7	*bi*	кг/кВтч	0,179	0,1783	0,1777	0,1881	0,1859	0,184	0,1822	0,1806	0,1809	0,1799	0,179
8	*be*		0,1826	0,1819	0,1813	0,1919	0,1897	0,1877	0,1859	0,1843	0,1846	0,1836	0,1826
9	*Pk*	Мпа	0,26	0,2584	0,2576	0,2863	0,2833	0,2805	0,2772	0,2749	0,2754	0,2739	0,2725
10	*Ps*		0,2585	0,2569	0,2561	0,2848	0,2818	0,279	0,2757	0,2734	0,2739	0,2724	0,271
11	*Pa*		0,2456	0,2441	0,2433	0,2706	0,2677	0,265	0,262	0,2597	0,2602	0,2588	0,2575
12	*Pc*		10,076	10,014	9,9797	11,102	10,982	10,874	10,748	10,655	10,676	10,617	10,564
13	*Pzmax*		15,114	15,521	15,968	11,657	12,08	12,505	12,897	13,319	13,879	14,333	14,79
14	*Pb*		0,815	0,8073	0,8021	0,9098	0,8949	0,8816	0,8675	0,8566	0,8481	0,8395	0,8319
15	*Pt*		0,2442	0,2429	0,2423	0,2724	0,2698	0,2674	0,2631	0,261	0,2646	0,2635	0,2625
16	*Pi*		1,982	1,9773	1,9774	1,9786	1,98	1,9814	1,9775	1,9781	1,9779	1,9783	1,9787
17	*Pe*		1,9423	1,9377	1,9379	1,939	1,9404	1,9418	1,9379	1,9385	1,9384	1,9388	1,9391
18	*Tk*	К	390,55	389,86	389,48	401,44	400,21	399,09	397,76	396,79	397,01	396,38	395,82
19	δTx		80,548	79,857	79,482	91,444	90,209	89,086	87,764	86,791	87,014	86,385	85,821
20	*Ts*		310	310	310	310	310	310	310	310	310	310	310
21	*Ta*		325,61	325,61	325,61	325,61	325,61	325,61	325,61	325,61	325,61	325,61	325,61
22	*Tc*		890,55	890,55	890,55	890,6	890,6	890,6	890,6	890,6	890,6	890,6	890,6
23	*Tz*		1925,9	1934,6	1943,3	1811,4	1822,1	1832,8	1843,6	1854,3	1854,1	1863	1871,9
24	*Tb*		1049,8	1046,3	1043,2	1065,2	1059,2	1053,8	1049	1044,8	1032,5	1027,8	1023,5
25	*Tg*		768,11	766,38	764,85	779,18	776,15	773,44	769,93	767,77	763,33	761,04	758,94
26	*Tcm*		607,63	606,49	605,49	614,61	612,62	610,83	608,51	607,09	604,16	602,65	601,27
27	*Tзт*		487,77	487,54	487,03	480,18	479,82	479,52	478,95	478,82	475,6	474,92	474,28
28	*Nt*	кВт	5707,4	5628,6	5586	7078,4	6916,7	6771,7	6565	6444,1	6510,3	6432	6362,5
29	*Nk*		5728,3	5649,3	5606,7	7070,3	6908,9	6764,2	6596,5	6474,9	6502,7	6424,5	6355
30	ηm	%	48,704	48,893	49,061	46,339	46,879	47,378	47,839	48,268	48,169	48,448	48,7
31	*n1*	-	1,3715	1,3715	1,3715	1,3716	1,3716	1,3716	1,3716	1,3716	1,3716	1,3716	1,3716
32	*n2*	-	1,2614	1,2616	1,2618	1,262	1,2625	1,2628	1,2632	1,2635	1,2641	1,2644	1,2646
33	δt	-	0,2391	0,2364	0,2346	0,297	0,29	0,2838	0,2756	0,2705	0,2733	0,27	0,267
34	δk	-	0,24	0,2372	0,2354	0,2967	0,2897	0,2834	0,277	0,2718	0,273	0,2696	0,2667
35	δ	-	10,109	10,399	10,686	7,5341	7,8464	8,1551	8,4601	8,7617	9,1128	9,4182	9,7208
36	ρ	-	1,4839	1,4425	1,4037	1,9909	1,9117	1,8393	1,773	1,712	1,646	1,5927	1,5431
37	*Lt*	кДж/кг	131,75	130,74	130,19	148,47	146,66	145,01	142,24	140,83	141,99	141,07	140,25
38	*Lk*		90,955	90,261	89,884	101,9	100,66	99,531	98,204	97,227	97,451	96,819	96,252
39	*Gb*	кг/с	51,643	51,323	51,149	56,895	56,282	55,728	55,081	54,608	54,717	54,412	54,14
40	*Gg*	кг/с	52,83	52,502	52,324	58,14	57,513	56,947	56,286	55,803	55,914	55,603	55,325
41	ηm	-	0,9218	0,9218	0,9218	0,9218	0,9218	0,9218	0,9218	0,9218	0,9218	0,9218	0,9218

Цель прочностного расчета – определение коэффициентов запаса для галтелей шатунной (Q_H) и коренной шейки (Q_G), которые должны удовлетворять условию: $Q_H \geq 1{,}15\ Q_G \geq 1{,}15$ [3, 17].

Этот файл содержит 17 листов, наименование которых можно увидеть на нижней стороне страницы. Это следующие группы листов:

– «Титульный лист», «Ведение», «Марки материалов» – информационные листы;

– «Лист диалога», «Расчет геометрии», «Ввод исходных данных» – диалоговые листы;

– «Расчет 4-х ткт», «Таблица 4-х ткт», «Расчет 2-х ткт», «Таблица 2-х ткт» – базы данных, имеющие связи с программой «Дизель. xls»;

– «Рисунок», «Печать ИД», «1», «2», «3», «4», «Печать рез» – для печати.

При загрузке программного обеспечения необходимо зайти на «Лист диалога». Это лист управления расчетом. Здесь вводятся данные по слушателю и основные характеристики дизеля (марку и тип дизеля, тактность, мощность, диаметр цилиндра и радиус кривошипа).

Кнопка «Назначение конструктивных параметров коленчатого вала» – отправляет пользователя на страницу расчета геометрии коленчатого вала (лист «Расчет геометрии).

На листе «Расчет геометрии необходимо назначить конструктивные параметры коленчатого вала. Эти параметры можно взять из чертежа коленчатого вала или назначить из предлагаемых диапазонов (рисунок 18).

Процесс ввода геометрических параметров – ответственный этап расчета. Необходимо хорошо изучить рассчитываемый дизель, его технические характеристики, параметры коленчатого вала.

Необходимо пользоваться технической литературой [4-7, 17].

Выбор многих параметров комментируется в примечаниях в ячейках с красным треугольником в верхнем правом углу ячейки (рисунок 19). По окончании назначения геометрии коленчатого вала нажать кнопку «Ввод геометрии коленчатого ва-

ла» – это позволяет ввести данные для выполнения расчета и отправляет вас на страницу «Ввод исходных данных».

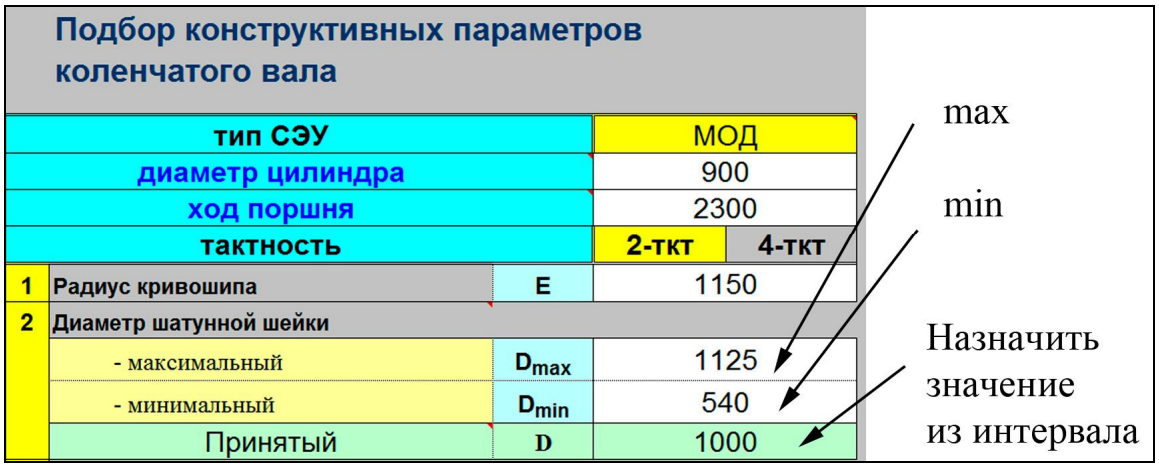


Рисунок 18 – Назначение конструктивных характеристик коленчатого вала

На этом листе необходимо назначить материал коленчатого вала, его временное сопротивление и силы на кривошипах, полученные по результатам расчета динамического расчета и др.

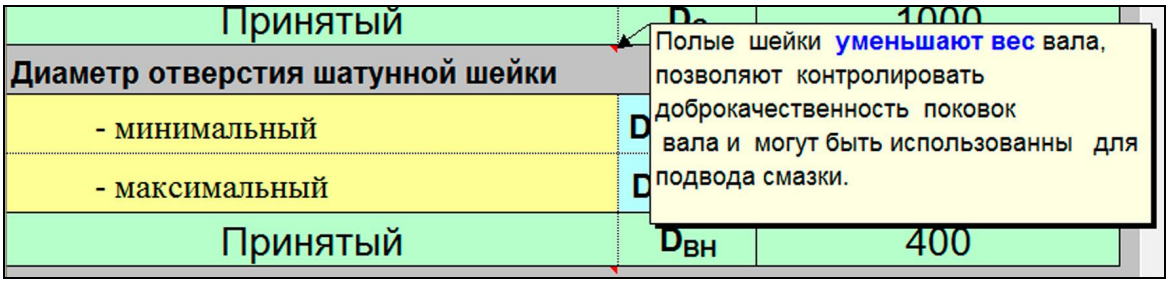


Рисунок 19 – Доступ к справочной информации по вводимым параметрам

Для назначения материала и временного сопротивления коленчатого вала необходимо нажать кнопку "Выбор материала коленчатого вала" (рисунок 20). Эта команда отправит на соответствующий лист (рисунок 21). Из предлагаемой таблицы выбирается марка материала и его временное сопротивление и записывается в соответствующие ячейки (рисунок 21). Далее нажатие кнопки "Возврат в расчет" вы переходите на лист "Ввод исходных данных".

Скомпонованный коленчатый вал необходимо нагрузить силами, действующими на него. Эта информация имеется в результате динамического расчета дизеля. Для ввода комплекса этих сил на кривошипах сил необходимо при открытом файле

"Dizel" нужно нажать соответствующую кнопку – «2-ткт дизель» или «4-ткт дизель» (рисунок 20).

13	Подвнутренние галтели шатунной шейки	T_G	мм	27
14	Ширина щеки	B	мм	900
15	Толщина щеки	W	мм	200
16	Перекрытие шеек	S	мм	-700
17	Временное сопротивление материала коленчатого вала	R_m	МПа	640
18	Материал коленчатого вала	50		
	Из результатов динамического расчета			
19	Максимальная радиальная сила	FR_{max}	кН	3877
20	Минимальная радиальная сила	FR_{min}	кН	-371
21	Максимальная срезывающая сила	Q_{max}	кН	2291
22	Минимальная срезывающая сила	Q_{min}	кН	-883
23	Максимальная касательная сила	T_{max}	кН	3815
24	Минимальная касательная сила	T_{min}	кН	57
25	Дополнительное изгибающие напряжение	σ_{add}	МПа	10
26	Назначение номинального переменного напряжения	K_e	-	1
27	Коэффициент учитывающий способ изготовления КВ	K	-	1

Выбор материала коленча

Расчет

Нажать нужное для копирования комплекса сил

2 - ткт дизель

4 - ткт дизель

Рисунок 20 – Ввод сил на кривошипах на листе «Ввод исходных данных»

Марки материалов коленчатых валов часто применяемые при изготовлении коленчатых валов судовых двигателей внутреннего сгорания

Конструктивные легированные стали									
Материал	40Х	40ХН	45ХН	35ХМ	18Х2Н4ВА	25Х2Н4ВА	38Х2Ю	38Х2МЮА	40ХНВА
Rm, МПа	1000	1000	1050	950	1150	1100	900	1000	1100

Качественные углеродистые стали														
Материал	25	30	35	40	45	50	55	20Г	25Г	30Г	35Г	40Г	45Г	50Г
Rm, МПа	460	500	540	580	610	640	660	460	500	550	570	600	630	660

Высокопрочный чугун						
Материал	ВЧ45-0	ВЧ50-1,5	ВЧ60-2	ВЧ45-5	ВЧ40-10	ВЧ42-12	ВЧ38-17
Rm, МПа	450	500	600	450	400	420	380

50	Принятый материал
640	Временное сопротивление

Возврат в расчет

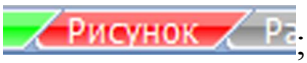
Рисунок 21 – Назначение материала коленчатого вала и его прочностных характеристик

По окончании ввода данных в листе «Ввод исходных данных» необходимо нажать кнопку «Расчет».

При появлении диалогового окошка с введением номера расчета следует ввести «1».

В результате расчета необходимо внимательно просматривать сообщения, выводимые на экран монитора.

В случае, если расчет будет неверен (коэффициенты запаса прочности в галтелях шатунных шеек не удовлетворяют требованиям Регистра), тогда необходимо уточнить геометрические параметры коленчатого вала.

Для получения расчета коленчатого вала необходимо распечатать следующие листы из программного продукта: рисунок - 

; печать ИД; "1"; "2"; "3"; "4"; "Печать рез" - 

.

На рисунке 22 представлены бланк для печати с исходными данными по конструкции коленчатого и по нагрузкам вала (пример).

На рисунке 23 представлена графическая информация о конструкции типичного кривошипа судового дизеля.

На листах 45-51 представлен алгоритм проверки прочности коленчатого вала.

На листе 38 представлен бланк для печати результатов расчет на прочность коленчатого вала, в котором в позиции 18 указываются численные значения коэффициентов запаса прочности в галтелях.

Исходные данные для прочностного расчета коленчатого вала

СевГУ - Морской институт - Кафедра ЭМСС 25.01.2024 20:36

Подготовил, группа Мамон А.А. ЭУ/с-19-1о

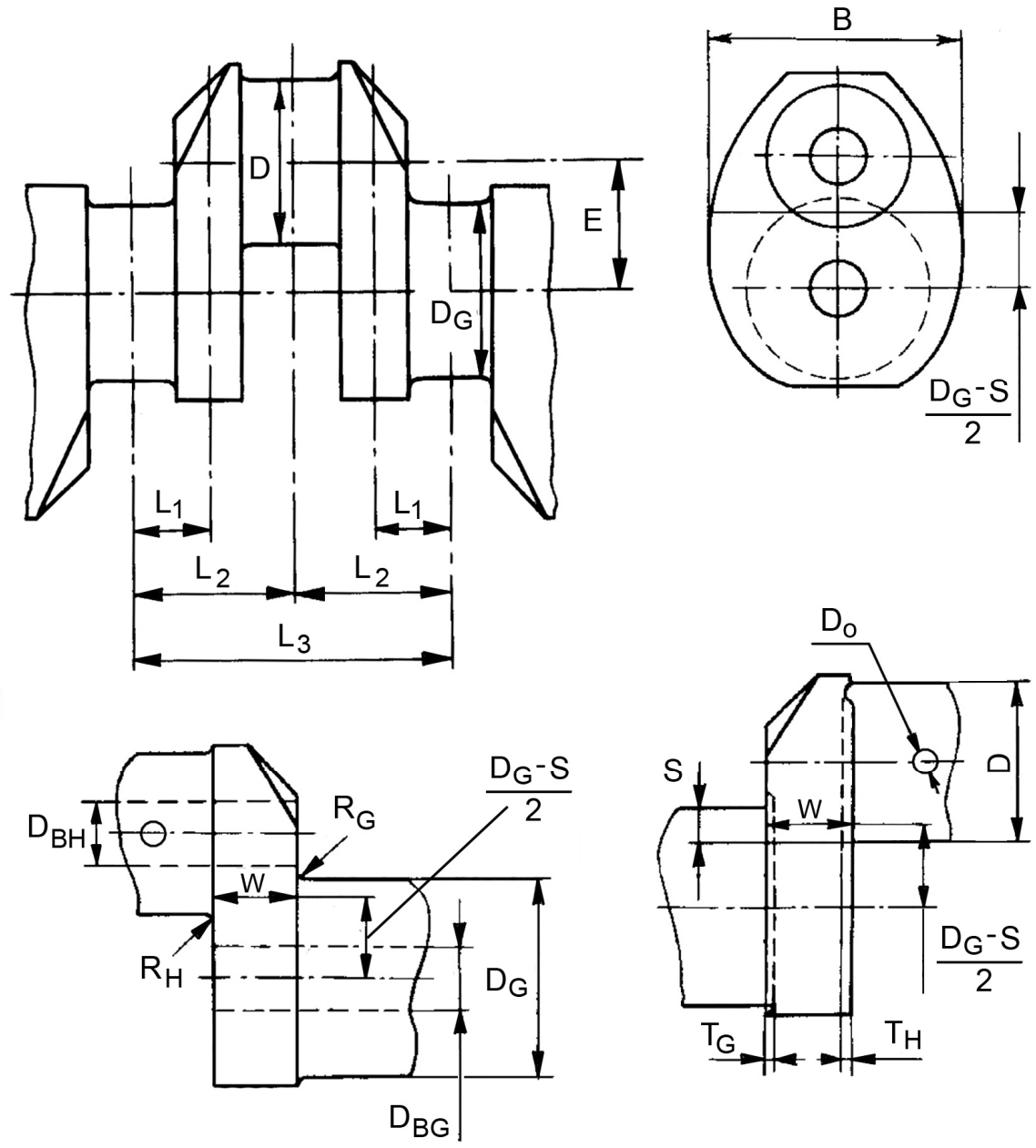
Таблица - Результаты расчета геометрии коленчатого вала ДВС

№	Параметр	Обозн.	Разм.	Значение	
				1	2
1	Марка двигателя	6S60-MC-C4			
2	Радиус кривошипа	E	мм	1200	
3	Диаметр шатунной шейки	D	мм	500	
4	Диаметр коренной шейки шейки	D_G	мм	500	
5	Расстрояние от серидины щеки до середины шейки	L_1	мм	200	
6	Расстояние от середины шатуна до середины шейки	L_2	мм	400	
7	Расстояние между серединами коренных шеек	L_3	мм	800	
8	Диаметр отверстия в шатунной шейке	D_{BH}	мм	300	
9	Диаметр отверстия в коренной шейке	D_{BG}	мм	50	
10	Радиус галтели шатунной шейки	R_H	мм	40	
11	Радиус галтели коренной шейки	R_G	мм	40	
12	Подвнутренние галтели коренной шейки	T_H	мм	27	
13	Подвнутренние галтели шатунной шейки	T_G	мм	27	
14	Ширина щеки	B	мм	200	
15	Толщина щеки	W	мм	900	
16	Перекрытие шеек	S	мм	-700	
17	Временное сопротивление материала коленчатого вала	R_m	МПа	640	
18	Марка материала коленчатого вала	-	-	50	

Таблица - Результаты расчета динамики ДВС

№	Параметр	Обозн.	Разм.	Значение	
				1	2
1	Максимальная радиальная сила	FR_{max}	кН	3877,00	
2	Минимальная радиальная сила	FR_{min}	кН	-371,00	
3	Максимальная срезывающая сила	Q_{max}	кН	2291,00	
4	Минимальная срезывающая сила	Q_{min}	кН	-883,00	
5	Максимальная касательная сила	T_{max}	кН	3815,00	
6	Минимальная касательная сила	T_{min}	кН	57,00	
7	Дополнительного изгибающее напряжение	σ_{add}	МПа	10	
8	Номинального переменного напряжения	K_e	-	1	
9	Коэффициента, учитывающего способ изготовления КВ	K	-	1	

Рисунок 22 – Лист с таблицами исходных данных



D - диаметр шатунной шейки; E - радиус кривошипа; DG - диаметр коренной шейки; L1 - расстояние от середины щеки до середины коренной шейки; L2 - расстояние от середины шатунной шейки до середины коренной шейки; L3 - расстояние между серединами коренных шеек (расстояние между осями цилиндровых втулок); DBH - диаметр отверстия в шатунной шейке; DBG - диаметр отверстия в коренной шейке; RH - радиус галтели (скругления) шатунной шейки; RG - радиус галтели (скругления) коренной шейки; TG - подвнутренние галтели коренной шейки; Тн - подвнутренние галтели шатунной шейки; S - перекрытие шеек; W - толщина щеки; B - ширина щеки; DO – диаметр маслопроводящего отверстия.

Рисунок 23 – Кривошип рядного двигателя

Моменты действующие на коленчатый вал

Максимальный изгибающий момент, кН м

$$M_{Bmax} = F_{Rmax} \cdot L_1 = 775400$$

Минимальный изгибающий момент, кН·м

$$M_{Bmin} = F_{Rmin} \cdot L_1 = -74200$$

Максимальный крутящий момент, кН·м

$$M_{Tmax} = T_{max} \cdot E = 4578000$$

Минимальный крутящий момент, кН·м

$$M_{Tmin} = T_{min} \cdot E = 68400$$

Переменные напряжения, возникающие в результате воздействия изгибающих моментов и срезывающих сил

Номинальные переменные изгибающие и срезывающие напряжения

Номинальный переменный изгибающий момент, Н·м

$$M_{BN} = \frac{[M_{Bmax} - M_{Bmin}]}{2} = 424800$$

Полярный момент сопротивления площади поперечного сечения щеки, $м^3 \cdot 10^{-9}$

$$W_{eq} = B\frac{[W]^2}{6} = 6000000$$

Номинальное переменное напряжение изгиба, МПа

$$\sigma_{BN} = \frac{M_{BN} \cdot 10^3 \cdot K_e}{W_{eq}} = 70{,}800$$

Номинальная переменная срезывающая сила, Н

$$\sigma_N = \frac{[Q_{max} - Q_{min}] \cdot 10^3}{2} = 1587000$$

Площадь попереченого сечения щеки , $м^2 \cdot 10^{-6}$

$$F = B \cdot W = 180000$$

Номинальное переменное срезывающее напряжение, МПа

$$\sigma_{QN} = \frac{Q_N K_e}{F} = 8{,}817$$

Переменные изгибающие напряжения в галтелях

Расчет относительных величин:

$$d_G = \frac{D_{BG}}{D_G} = 0{,}100 \qquad t_G = \frac{T_G}{D_G} = 0{,}054 \qquad r_G = \frac{R_G}{D_G} = 0{,}080$$

$$d_H = \frac{D_{BH}}{D} = 0{,}600 \qquad t_H = \frac{T_H}{D} = 0{,}054 \qquad r_H = \frac{R_H}{D} = 0{,}080$$

$$s = \frac{S}{D} = -1{,}400 \qquad ws = \frac{W}{D} = 0{,}400 \qquad b = \frac{B}{D} = 1{,}800$$

Галтель шатунной шейки

Коэффициент концентрации напряжений изгиба

$$\alpha_B = 2.6914 F_{sw} F_w F_b F_r F_{dG} F_{dH} F_t = 1{,}218$$

где: $F_{SW1} = -4.1883 + 29.2004ws - 77.5925ws^2 + 91.9454ws^3 - 40.0416ws^4 = -0{,}063$

$F_{SW2} = (1-s)\cdot(9.5440 - 58.3480ws + 159.3415ws^2 - 192.5846ws^3 + 85.2916ws^4) = 3{,}738$

$F_{SW3} = (1-s)^2 \cdot (-3.8399 + 25.0444ws - 70.5571ws^2 + 87.0328ws^3 - 39.1832ws^4) = -3{,}135$

$F_{SW} = F_{SW1} + F_{SW2} + F_{SW3} = 0{,}540$

$F_W = 2.1790ws^{0.7272} = 1{,}119$

$F_b = 0.6840 - 0.0077b + 0.1473b^2 = 1{,}147$

$F_r = 0.2081 \cdot r_H^{-0.5231} = 0{,}780$

$F_{dG} = 0.9993 + 0.27d_G - 1.0211d_G^2 + 0.5306d_G^3 = 1{,}017$

$F_{dH} = 0.9978 + 0.3145d_H - 1.5241d_H^2 + 2.4147d_H^3 = 1{,}159$

$F_t = 1 + (t_H + t_G)\cdot(1.8 + 3.2s) = 0{,}71056$

Коэффициент концентрации напряжений кручения

$$\alpha_t = 0.8 Ft_{rs} Ft_b Ft_w = 1{,}358$$

где: $Ft_{rs} = r_H^{(-0.322 + 0.1015\cdot(1-s))} = 1{,}219$

$Ft_b = 7.8955 - 10.654b + 5.3482b^2 - 0.857b^3 = 1{,}048$

$Ft_w = ws^{-0.145} = 1{,}142$

Переменное изгибающие напряжении в галтели , МПа

$$\sigma_{BH} = (\alpha_B \cdot \sigma_{BN}) = 86{,}2282$$

Галтель коренной шейки

Коэффициент концентрации напряжений изгиба

$$\beta_B = 2.7146 Fb_{sw} Fb_w Fb_b Fb_r Fb_{dG} Fb_{dH} Fb_t = -1{,}902$$

где: $Fb_{sw1} = -1.7625 + 2.9821ws - 1.5276ws^2 = -0{,}814$

$Fb_{sw2} = (1-s)\cdot(5.1169 - 5.8089ws + 3.1391ws^2) = 7,909$

$Fb_{sw3} = (1-s)^2\cdot(-2.1567 + 2.3297ws - 1.2952ws^2) = -8,249$

$Fb_{sw} = Fb_{sw1} + Fb_{sw2} + Fb_{sw3} = -1,153$

$Fb_w = 2.2422ws^{0.7548} = 1,123$

$Fb_b = 0.5616 + 0.1197b + 0.1176b^2 = 1,158$

$Fb_r = 0.1908r_G^{-0.5568} = 0,779$

$Fb_{dG} = 1.0012 - 0.6441d_G + 1.2265d_G^2 = 0,949$

$Fb_{dH} = 1.0012 - 0.1903d_H + 0.0073d_H^2 = 0,890$

$Fb_t = 1 + (t_H + t_G)\cdot(1.8 + 3.2s) = 0,711$

Коэффициент концентрации напряжения среза

$$\beta_Q = 3.0128Fq_s Fq_w Fq_b Fq_r Fq_{dH} Fq_t = -11,329$$

где: $Fq_s = 0.4368 + 2.130(1-s) - 1.5212(1-s)^2 = -3,134$

$Fq_w = \frac{ws}{(0.0637 + 0.9369ws)} = 0,912$

$Fq_b = -0.5 + b = 2,300$

$Fq_r = 0.5331r_G^{-0.2038} = 0,892$

$Fq_{dH} = 0.9937 - 1.1949d_H + 1.7373d_H^2 = 0,902$

$Fq_t = 1 + (t_H + t_G)\cdot(1.8 + 3.2s) = 0,711$

Коэффициент концентрации напряжения кручения

$$\beta_t = 0.8Ft_{rsG} Ft_b Ft_w = 1,358$$

где: $Ft_{rsG} = r_G^{(-0.322 + 0.1015\cdot(1-s))} = 1,219$

$Ft_b = 7.8955 - 10.654b + 5.3482b^2 - 0.857b^3 = 1,048$

$Ft_w = ws^{-0.145} = 1,142$

Переменное изгибающее напряжение в галтели , МПа

$$\sigma_{BG} = \beta_B \sigma_{BN} + \beta_Q \sigma_{QN} = -234,528$$

Номинальные переменные напряжения кручения

Номинальный переменного крутящий момент, Н м

$$M_t = \frac{(M_{Tmax} - M_{Tmin})}{2} = 2254800$$

Полярный момент сопротивления площади поперечного сечения шатунной шейки, $м^3 \cdot 10^{-9}$

$$Wp_H = \left(\frac{\pi}{16}\right)\frac{(D^4 - D_{BH}^4)}{D} = 21362812$$

Номинальное переменные напряжения кручения шатунная шейки, МПа

$$\tau_{NH} = \frac{M_t}{Wp_H} = 0{,}106$$

Полярный момент сопротивления площади поперечного сечения коренной шейки, $м^3 \cdot 10^{-9}$

$$Wp_G = \left(\frac{\pi}{16}\right)\frac{\left(D_G^4 - D_{BG}^4\right)}{D_G} = 24541217{,}508$$

Номинальные переменные напряжения кручения кореной шейка, МПа

$$\tau_{NG} = \frac{M_t}{Wp_G} = 0{,}092$$

Переменное напряжение кручения в галтели шатунной шейки, МПа

$$\tau_H = \alpha_t \cdot \tau_{NH} = 0{,}143$$

Переменное напряжение кручения в галтели корееной шейки, МПа

$$\tau_G = \beta_t \cdot \tau_{NG} = 0{,}125$$

Эквивалентные переменные напряжения

Напряжения в галтели шатунной шейки, МПа

$$\sigma_{VH} = \sqrt{\left(\sigma_{BH} + \sigma_{add}\right)^2 + 3 \cdot \left(\tau_H\right)^2} = 96{,}229$$

Напряжения в галтели коренной шейки, МПа

$$\sigma_{VG} = \sqrt{\left(\sigma_{BG} + \sigma_{add}\right)^2 + 3 \cdot \left(\tau_G\right)^2} = 244{,}528$$

Предел выносливости шеек коленчатого вала

Предел выносливости штунной шейки, МПа

$$\sigma_{DWH} = K \cdot \left(0.42R_m + 39.3\right) \cdot \left(0.264 + 1{,}073D^{-0.2} + \frac{785 - R_m}{4900} + \frac{196}{R_m} \cdot \sqrt{\frac{1}{R_H}}\right) = 200{,}763$$

Предел выносливости коренной шейки, МПа

$$\sigma_{DWG} = K \cdot \left(0.42R_m + 39.3\right) \cdot \left(0.264 + 1{,}073D_G^{-0.2} + \frac{785 - R_m}{4900} + \frac{196}{R_m} \cdot \sqrt{\frac{1}{R_G}}\right) = 200{,}763$$

Коэффициенты запаса галтелей

Коэффициент запаса галтели шатунной шейки

$$Q_H = \frac{\sigma_{DWH}}{\sigma_{VH}} = 2{,}086$$

Коэффициент запаса галтели коренной шейки

$$Q_G = \frac{\sigma_{DWG}}{\sigma_{VG}} = 0{,}821$$

Результаты расчета коленчатого вала на прочность

СГУ - Морской институт - Кафедра ЭМСС 25.01.2024 20:36

Подготовил, группа Мамон А.А. ЭУ/с-19-1о

Таблица - Результаты расчета коленчатого вала на прочность

№	Параметр	Обозн.	Разм.	Значение	
				1	2
1	Максимальный изгибающий момент	M_{Bmax}	кН·м	775400	
2	Минимальный изгибающий момент	M_{Bmin}	кН·м	-74200	
3	Максимальный крутящий момент	M_{Tmax}	кН·м	4578000	
4	Минимальный крутящий момент	M_{Tmin}	кН·м	68400	
5	Номинальный переменный изгибающий момент	M_{BN}	Н·м	424800	
6	Полярный момент сопротивления площади поперечного сечения щеки	W_{eq}	$м^3 \cdot 10^{-9}$	6000000	
7	Номинальное переменное напряжение изгиба	σ_{BN}	МПа	70,800	
8	Номинальная переменная срезывающая сила	σ_N	Н	1587000	
9	Площадь попереченого сечения щеки		$м^2 \cdot 10^{-6}$	180000	
10	Номинальное переменное срезывающее напряжение	σ_{QN}	МПа	8,8166667	
11	Переменное изгибающее напряжения в галтели	-	-		
	шатунной шейки	σ_{BH}	МПа	86,228	
	коренной шейки	σ_{BG}	МПа	-234,528	
12	Номинальный переменный крутящий момент	M_t	Н·м	2254800	
13	Полярный момент сопротивления площади поперечного сечения	-	-		
	шатунной шейки	W_{PH}	$м^3 \cdot 10^{-9}$	21362812	
	коренной шейки	W_{PG}	$м^3 \cdot 10^{-9}$	24541218	
14	Номинальное переменные напряжения кручения	-	-		
	шатунной шейки	τ_{NH}	МПа	0,106	
	коренной шейки	τ_{NG}	МПа	0,092	
15	Переменные напряжения кручения в галтелях	-	-		
	шатунной шейки	τ_H	МПа	0,143	
	коренной шейки	τ_G	МПа	0,125	
16	Напряжения в галтели	-	-		
	шатунной шейки	σ_{VH}	МПа	96,229	
	коренной шейки	σ_{VG}	МПа	244,528	
17	Предел выносливости	-	-		
	шатунной шейки	σ_{DWH}	МПа	200,763	
	коренной шейки	σ_{DWG}	МПа	200,763	
18	Коэффициент запаса галтели	-	-		
	шатунной шейки	Q_H	-	2,086	
	коренной шейки	Q_G	-	0,821	

2.4 Расчет подшипника скольжения

При жидкостной смазке поверхности вала и подшипника разделены сплошной масляной пленкой; непосредственное трение между сопрягаемыми поверхностями отсутствует. Коэффициент трения при жидкостной смазке незначителен (0,005…0,0005), потери на трение и тепловыделение невелики. Износа поверхностей при этом не происходит. Поэтому жидкостная смазка является наиболее благоприятной для работы подшипника.

Вал, установленный в подшипнике (рисунок 24) с зазором (Δ), под действием нагрузки (Р) занимает эксцентричное положение. Вращаясь, вал увлекает собой масло. Первый слой масла, смачивающий вал, увлекается вследствие адсорбции масла металлической поверхностью вала, последующие слои – вследствие внутреннего трения в слое масла. Вал, таким образом, действует как насос, нагнетающий масло в клиновидную щель.

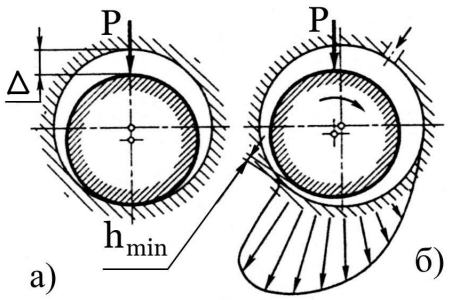


Рисунок 24 – Схема подшипника скольжения
а – вал неподвижен; б – подшипник в работе

Поступая в суживающийся по направлению вращения вала зазор, масло стремится растечься в окружном и осевом направлениях (к торцам подшипника). Этому препятствуют силы вязкости, в результате чего в масляном слое возникает давление, возрастающее к точке наибольшего сближения вала и подшипника.

Часть масла вытекает через торцы подшипника и в направлении, обратном движению вала; оставшаяся же часть должна пройти через самое узкое место зазора. Силы давления, развивающиеся в масляном слое, приподнимают вал и одновременно сдвигают его в сторону направления вращения. Состояние равновесия достигается тогда, когда проходное сечение в самом узком месте щели (h_{min}) оказывается достаточным для пропуска масла, оставшегося после торцевого истечения.

Обеспечение жидкостной смазки при данных внешних условиях работы подшипника характеризует несущую способность последнего.

В настоящем расчете [18] выполняется анализ несущей способности коренных подшипников коленчатого вала ДВС, основным показателем которой является минимальная толщина слоя масла h_{min} между валом и подшипником. Цель расчета – назначение режима работы подшипника, обеспечивающих выполнение условия по коэффициенту запаса подшипника по толщине масляного слоя [4, 18]:

$$S_{доп} = \frac{h_{\min}}{h_{кр} + h_p} \geq [S] = 2...4, \qquad (1)$$

где $h_{кр}$ – величина, учитывающая высоты микронеровностей, перекос, деформацию и отклонение профиля сопрягаемых поверхностей (назначать 3–4 мкм);

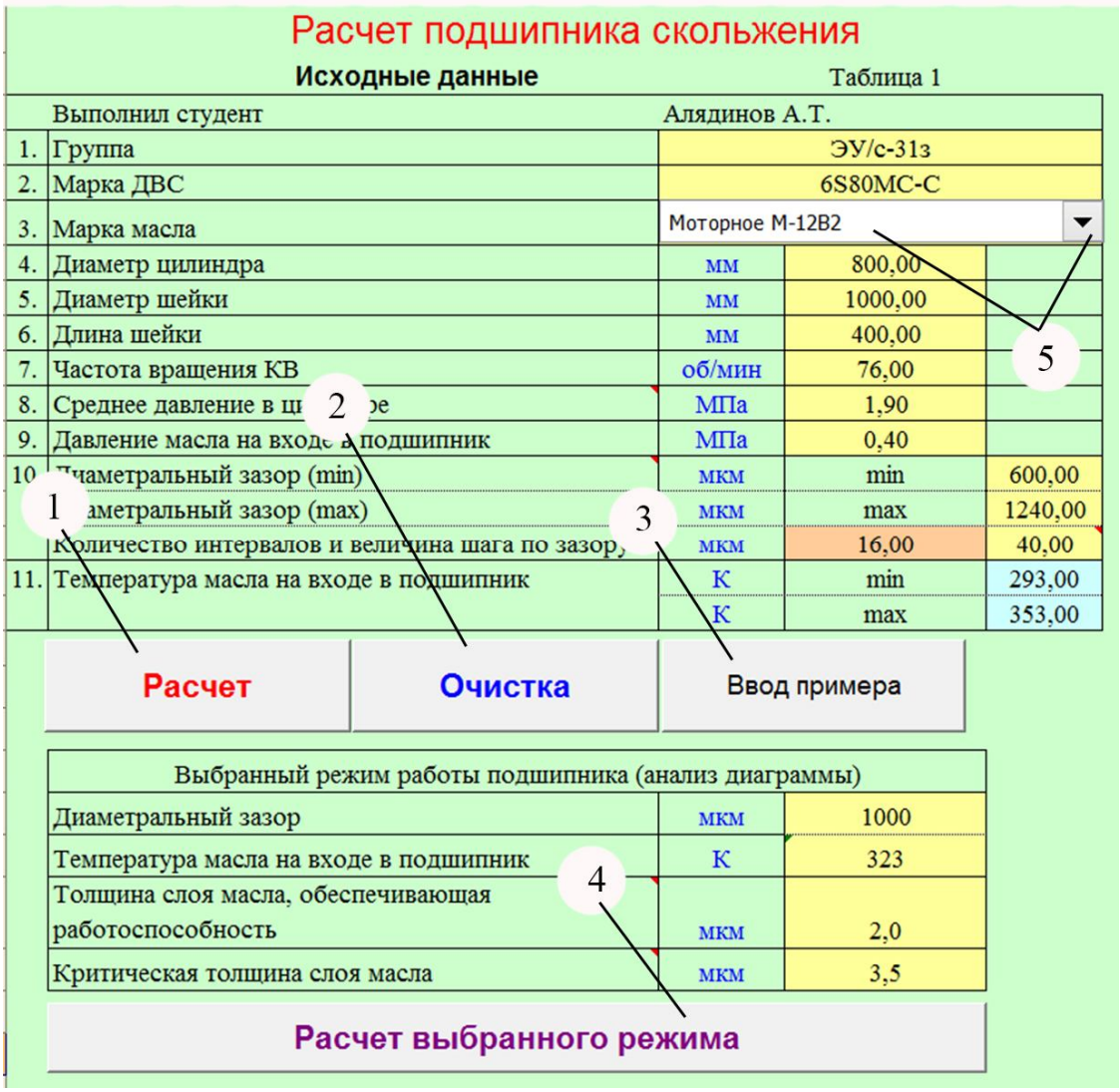
h_p – величина, обеспечивающая работоспособность подшипника (принимать 2 мкм).

Для выполнения расчета необходимо загрузить файл «Расчет подшипника скольжения.xls» [18]. После разгрузки файла на экране монитора появиться панель управления расчетом (рисунок 25).

В соответствии с рисунком 25 необходимо ввести в ячейки следующие исходные данные: данные пользователя (ФИО, группу); диаметр шейки ($d_ш$), мм; длина шейки $L_ш$, мм; диаметр цилиндра ($D_ц$), мм; среднее давление на шейку ($p_ц$), МПа; марку масла (используя выпадающий список при нажатии на кнопку 5; частоту вращения вала (n), об/мин; давление масла на входе в подшипник ($p_м$), МПа; монтажный зазор – диапазон (Δ_{min} и Δ_{max}), мкм; температура масла на входе в подшипник (T_0), К.

Конструктивные параметры коленчатого вала принимаются на основании выполненных динамических расчетов дизеля и прочностного расчета коленчатого вала [4-7, 17]. Следуем внимательно вводить диапазон диаметрального зазора и температуры масла на входе в подшипник.

Для получения корректных и удобных для анализа результатов необходимо, чтобы количество интервалов расчета (расчетных точек) по зазору было 16. Это обеспечивается максимальным (минимальным) зазором и величиной шага.



Кнопки: 1 – выполнения расчета; 2 – очистки результатов расчета предыдущего пользователя; 3 – ввода примера; 4 – выполнения расчета выбранного режима работы; 5 – выбора типа масла
Рисунок 25 – Панель управления расчетом

Температурный интервал, на котором исследуется работа подшипника, должен составлять 60 К.

Далее нажатием левой кнопкой мыши по кнопке 1 выполняется расчет. Результаты расчета анализируются по полученному графику (на листе «Диаграмма»). Учитывая (1), выполняется расчет одного режима работы подшипника, принятого за номинальный (кнопка 4). В случае получения неудовлетворительных результатов, необходимо удалить результаты предыдущего расчета (кнопка *2*) и повторить расче-

ты при других исходных параметрах. Имеется пример расчета конкретного подшипника (кнопка *3*).

Результатами расчета являются: протокол расчета и исходными данными и график, отражающий поле режимов работы подшипника.

Для каждого режима работы подшипника (температуры масла на входе и радиального зазора) расчет выполняется путем совместного решения уравнений расхода и теплового баланса методом последовательного приближения.

При расчете вязкости учтена зависимость последней от давления в масляном слое.

В ходе выполнения расчета будет получен график, отражающий поле рабочих режимов подшипника в исследуемых интервалах температуры и диаметрального зазора. График расположен на листе «Диаграмма». Необходимо назначить область допустимых параметров работы подшипника и выбрать режим работы. Пример полученных результатов расчета представлен в Приложении С. На рисунке 26 представлен элемент диаграммы с результатами обработки (для наглядности на рисунке видна только часть графика).

Первое. Необходимо ограничить работу подшипника в области высоких температур масляного слоя. Допускаемая температура масла выбирается на основании изучения документации по обслуживанию ДВС. Например, это 70 ^{o}C(343 К). Граница справа получена.

Второе. Необходимо ограничить работу подшипника в области недопустимых значений масляного клина.

Для чего используем результаты расчета допускаемой толщины масляного клина по формуле (1). Например, принято: критическая толщина масляного слоя $h_{кр}$ = 3,5 мкм; толщина масла, обеспечивающего работоспособность $h_{р}$ = 2 мкм; запас подшипника по толщине масляного слоя $S_{доп}$ = 2…4; тогда h_{min} = (2+3,5)·2…4 = 11…22 мкм. Нижняя и верхняя граница получены (на рисунке указана только нижняя граница).

Третье. Необходимо назначить температуру масла на входе в подшипник, обеспечиваемую вспомогательным оборудованием ДВС. Искомая температура мас-

ла принимается на основании изучения документации по обслуживанию ДВС. Например это T_0 = 323 К (50 ^oC). Получена граница слева.

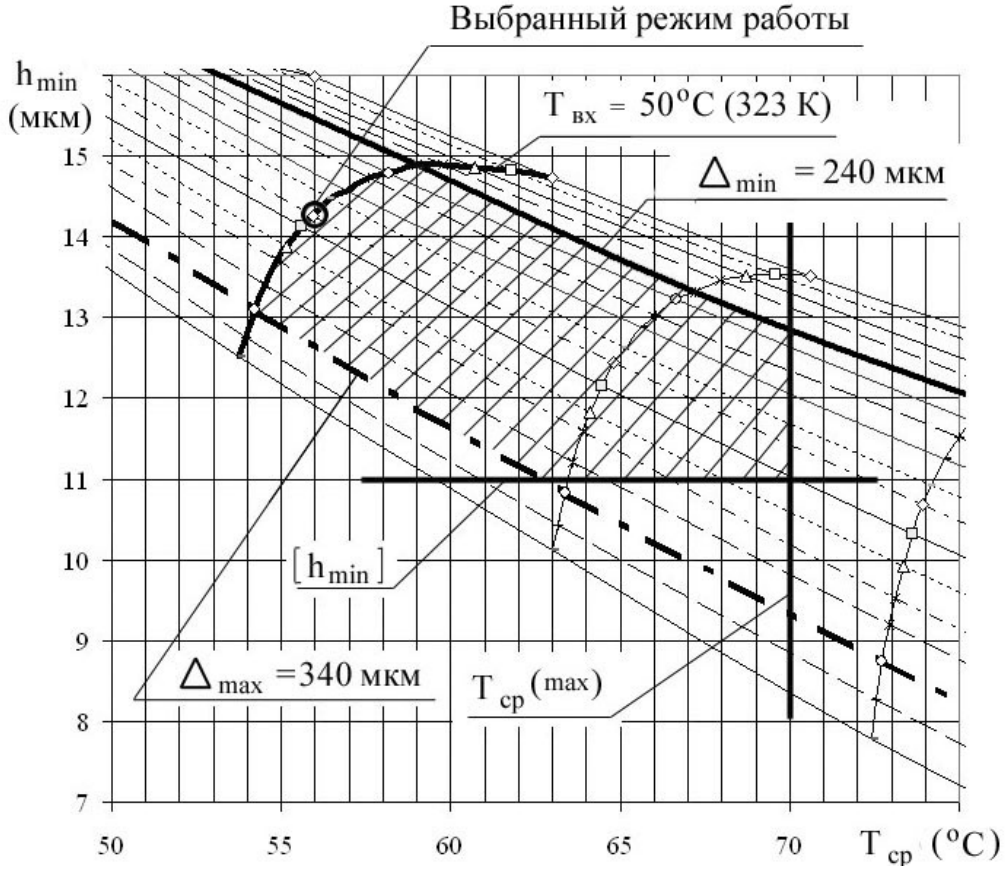


Рисунок 26 – Построение рабочей области подшипника скольжения

Четвертое. Для получения замкнутого контура принимаем диапазон изменения диаметрального зазора коренного подшипника исследуемого ДВС. Этот диапазон должен входит в интервал по зазору в исходных данных. Искомые минимальный и максимальный диаметральный зазоры принимаются на основании изучения документации по обслуживанию ДВС. Например, это Δ_{min} = 240 мкм и Δ_{max} = 340 мкм. Область работы подшипника получена (на рисунке 3 отмечена штриховкой).

В построенной области назначается точка, характеризующая режим работы подшипника, принятый за номинальный. В примере это режим работы соответствующий температуре масла на входе T_0 = 323 К (50 ^oC) и диаметральному зазору Δ = 300 мкм.

Данные для выбранной точки заносятся в нижнюю часть таблицы (рисунок 26) и выполняется расчет подшипника на выбранном режиме. Результатами расчетов являются распечатки листов «Печать» (рисунок 27) и «Рисунок» (рисунок 28).

Расчет режимов работы коренного подшипника коленчатого вала

Таблица 1. - Исходные данные

	Выполнил студент		Очеретяный В.А.	
	Группа		ЭУ/с-20-1о	
	Марка ДВС		6ЧН42/34	
	Марка масла		Моторное М-10Г2	
№	Наименование параметра	Обозн.	Разм.	Знач.
1.	Диаметр цилиндра	$Dц$	мм	320,0
2.	Диаметр шейки	$Dш$	мм	225,0
3.	Длина шейки	$Lш$	мм	127,0
4.	Частота вращения КВ	n	об/мин	480
5.	Давление на шейку	$p_ш$	МПа	2,20
6.	Давление масла на входе в подшипник	$p_м$	МПа	0,40
7.	Диаметральный зазор (min)	Δ_{min}	мкм	200
8.	Диаметральный зазор (max)	Δ_{max}	мкм	360
9.	Шаг расчета по диаметральному зазору	δ	мкм	10
10.	Температура масла на входе в подшипник (min)	to	°С	20,00
11.	Температура масла на выходе из подшипника (max)	t_1	°С	80,00

Таблица 2. - Результаты расчета подшипника скольжения

№	Наименование параметра	Обозн.	Разм.	Знач.
1.	Диаметральный зазор	Δ	мкм	270
2.	Температура масла на входе в подшипник (min)	to	°С	50,00
3.	Средняя температура масла в слое	tcp	°С	56,94
4.	Рост температуры масла в слое	Δt	°С	6,94
5.	Динамическая вязкость масла	υ	Па·с	0,0292
6.	Относительный зазор	$\delta\Delta$	-	0,001200
7.	Удельная нагрузка	p	МПа	6,19
8.	Угловая скорость	ω	$с^{-1}$	50,27
9.	Число Зоммерфельда	So	-	0,165
10.	Число 1/So	$1/So$	-	6,079
11.	Относительный эксцентриситет	χ	-	0,892
12.	Относительная минимальная толщина маслянного слоя	δh	-	0,108
13.	Минимальная толщина масляного слоя	h	мкм	14,57
14.	Характеристика режима	λ	-	3,77E-02
15.	Коэффициент трения	f	-	0,00204
16.	Секундный расход масла через подшипник	Q	$10^{6}\cdot(м^3/с)$	170,38
17.	Коэффициент запаса по толщине масляного слоя	S	-	1,32

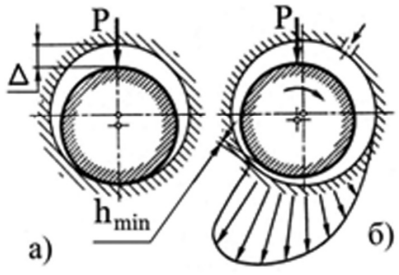


Рисунок Схема подшипника скольжения

Рисунок 27 - Исходные данные и результаты расчета подшипника

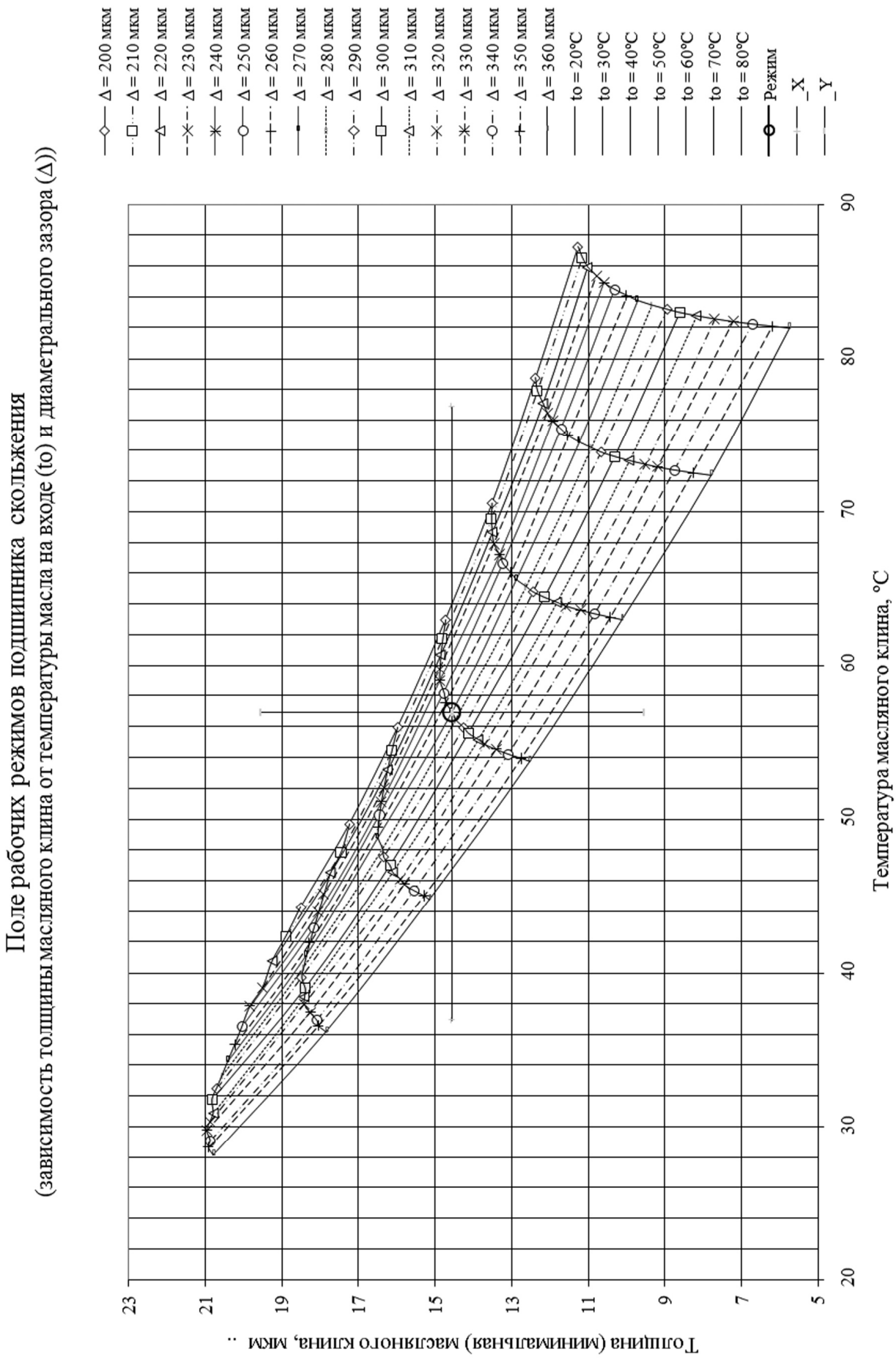


Рисунок 28 - Графические результаты расчета подшипника скольжения

3. ЭКСПЛУАТАЦИЯ СДВС _____

3.1. Техническое использование двигателя

При выполнении подраздела необходимо использовать заводскую инструкцию по эксплуатации дизеля и РД 31.21.30-97 Правила технической эксплуатации СТС Р и К [1] с учетом назначения, особенностей конструкции, рассматриваемого в КП дизеля. Источник [1] не полностью отражает требования к эксплуатации многих современных двигателей и особенности их технического использования, поэтому рекомендуется использовать руководства по эксплуатации рассматриваемого дизеля.

Техническое использование (ТИ) входит в совокупность мероприятий по технической эксплуатации. Техническое использование – совокупность мероприятий, обеспечивающих работу исправного дизеля по назначению с технико-экономическими показателями, предусмотренными заводом-изготовителем или заданными судовладельцем.

В этом подразделе КП, используя ПТЭ рассматриваемого двигателя, подробно изложить процедуры подготовки к пуску и пуск дизеля (это первый пункт подраздела 3.1, его номер – 3.1.1.

Должны согласно задания излагаются процедуры ТИ, последовательность действий персонала МО и анализ технического состояния дизеля или его элементов применительно к **рассматриваемому в КП дизелю.**

Необходимо отметить, что на судне все операции, связанные с вводом в действие, изменением режимов работы, выводом из действия, проворачиванием и разборкой технических средств, должны производиться с разрешения, по указанию или с извещением должностных лиц (капитана, вахтенного помощника капитана, старшего механика, вахтенного механика, ответственного по заведованию), если это предусмотрено соответствующими пунктами Правил или другими документами, регламентирующими действия судового экипажа. Необходимо помнить, что

несогласованный ввод в действие, изменение режима работы, остановка или разборка технического средства могут привести к непредсказуемым последствиям.

В начале раздела 3 необходимо указать случаи, когда необходима **немедленная аварийная остановка двигателя (источники [10,13] и руководство по эксплуатации рассматриваемого дизеля).**

Выбор задания осуществляется по двум последним цифрам номера зачетной книжки студента из нижеприведенного списка:

3.1.1. Подготовка к пуску, пуск двигателя

3.1.2 Характер изменения теплонапряженности при пуске, роль типа регулятора частоты вращения двигателя;

3.1.3 Ввод дизеля в режим эксплуатационной нагрузки и выбор эксплуатационной нагрузки;

3.1.4 Обслуживание дизеля во время работы;

3.1.5 Обслуживание системы смазки во время работы;

3.1.6 Обслуживание системы охлаждения во время работы;

3.1.7 Обслуживание топливной системы во время работы;

3.1.8 Обслуживание систем пуска и наддува во время работы;

3.1.9 Подготовка ГД к маневрам и остановке;

3.1.10 Работа ГД на малых и экономичных ходах;

3.1.11 С какой целью в МОД концерна «MAN Diesel & Turbo» серии K, L, MC, MC-C используются форсунки с постоянной циркуляцией топлива?

3.1.12 Работа ГД во время шторма.

3.1.13 Работа ГД при маневрировании судна;

3.1.14 Контроль и регулирование параметров рабочего процесса;

3.1.15 Процедуры при остановке рассматриваемого двигателя;

3.1.16 Изменения индикаторной диаграммы рассматриваемого двигателя при поздней подаче топлива;

3.1.17 Изменения индикаторной диаграммы рассматриваемого двигателя при ранней подаче топлива;

3.1.18 Изменение кривой топливоподачи при износе плунжерной пары или пропуске клапана ТНВД;

3.1.19 Безразборный контроль технического состояния топливной аппаратуры.

Примечание - Если задание не совпадает с назначением дизеля, то выполняется следующее по списку задание.

3.2 Анализ влияния эксплуатационных факторов на работу дизеля

В этом подразделе необходимо подробно проанализировать влияние одного из приведенных в списке эксплуатационных факторов на энергетические показатели, топливную экономичность, тепломеханическую нагруженность, маневренные качества и надежность проектируемого судового дизеля.

Основными энергетическими показателями являются эффективная мощность N_e и эффективный крутящий момент M_e, индикаторные мощность N_i и крутящий момент M_i, среднее индикаторное давление P_i и среднее эффективное давление P_e.

Основным показателем топливной экономичности является удельный эффективный расход топлива g_e кг/(кВт·ч). В судовых условиях для оценки экономичности часто используют показатель удельного индикаторного расхода топлива

$$g_i = \frac{G_T}{N_i}, \qquad (3.1)$$

который вводят в месячные отчетные данные по судну.

Механическая напряженность характеризуется максимальным давлением сгорания P_z, степенью повышения давления $\lambda = P_z / P_c$, скоростью нарастания давления $\Delta P / \Delta \varphi$.

Показателями тепловой напряженности считаются температуры стенок цилиндра, поршня, крышек и температурные перепады в стенках. Наиболее

простым и распространенным в эксплуатации показателем теплонапряженности является температура выпускных газов t_{Γ}. Он непосредственно контролируется, практически безинерционен. Однако следует помнить, что он не учитывает наличие отложений на поверхностях теплообмена, будет зависеть от качества регулировки и состояния топливной аппаратуры дизеля, а также от класса точности и состояния измерительных средств. В этом случае увеличение t_{Γ} будет свидетельствовать об отклонениях в рабочем процессе дизеля в целом, а не об увеличении температуры стенок.

Наиболее эффективным показателем теплонапряженности являются температуры в характерных точках втулок рабочих цилиндров (бурт, верхний и нижний пояса уплотнений), цилиндровых крышек (днище), поршней (донышко поршня и в районе первого компрессионного кольца).

На работоспособность и надежность (безотказность и долговечность) работы дизеля влияют также условия технического использования (перегрузка, частые изменения нагрузки, частоты и направления вращения, соблюдение режимов приработки новых и отремонтированных дизелей).

Маневровые качества непосредственно связаны с безопасностью мореплавания и характеризуют способность дизеля и пропульсивного комплекса обеспечить соответствующие режимы работы на передний и задний ход. Особенно ответственными являются пуск и режим самого малого хода.

Выбор эксплуатационного фактора производится из нижеприведенного списка по двум последним цифрам номера зачетной книжки (см. Приложение Б).

Основная рекомендуемая литература при выполнении подраздела [1,2,3, 5,6.10,11,22]

Список эксплуатационных факторов

3.2.1. Температура воздуха на всасывании [7,10,11].

3.2.2. Барометрическое давление наружного воздуха [7,10,22] .

3.2.3. Влажность воздуха [5,10,11].

3.2.4. Загрязнение воздушного тракта и воздушных фильтров.

3.2.5 Температура забортной воды.

3.2.6. Волнение моря и штормовые условия плавания [1,10,11,22]

3.2.7. Перегрузка дизелях [1,7,11,13,22].

3.2.8. Работа во льдах и арктических условиях [11].

3.2.9. Работа ГД при плавании судна на мелководье [1,10].

3.2.10. Влияние обрастания корпуса судна [1,7,10].

3.2.11. Загрязнение газового тракта [7,10].

3.2.12. Загрязнение проточной части турбины [7,10].

3.2.13. Работа на низкосортном топливе.

3.2.14. Обводнение топлива [10,11].

3.2.15. Загрязнение подпоршневого пространства.

3.2.16. Температура пресной охлаждающей воды.

3.2.17. Температура смазочного циркуляционного масла.

3.2.18. Некачественное циркуляционное масло.

3.2.19. Износ деталей цилиндропоршневой группы.

3.2.20. Износ деталей кривошипно-шатунного механизма.

3.2.21. Износ пары плунжер-втулка в ТНВД [24,25].

3.2.22. Износ запирающего конуса иглы форсунки, износ отверстий распылителя [11,24,25].

3.2.23. Изменение угла опережения впрыска [6,24].

3.2.24. Загрязнение масляных фильтров и топливных фильтров.

3.2.25. Износ деталей воздухораспределителя [10].

3.2.26. Загрязнение и износ деталей устройств типа «Rotocap».

3.2.27. Износ прецизионной пары «направляющая-игла» форсунки, ослабление затяжки форсуночной пружины [6,24,25].

3.2.28. Износ клапанов, замена клапанов, форсунок [7,10].

3.2.29. Применение низкосернистых и ультранизкосернистых топлив [11]

3.2.30. Влияние назначенного режима работы и настроек двигателя [11]

3.2.31. Влияние расслоения высоковязкого топлива [11]

3.2.32. Работа ГД на малых ходах [1,7,10,11]

3.2.33. Переход на дизельное топливо с высоковязкого [11,12,13].

3.3 Характерные неисправности и неполадки в работе дизеля, их причины и способы устранения

В этом разделе подробно описываются и анализируются причины возникновения двух характерных неисправностей (отказов). Выбор неисправности или отказа осуществляется из нижеприведенного списка по двум последним цифрам номера зачетной книжки (см. Приложение Б).

3.3.1. Зависание иглы форсунки, закоксовывание сопловых отверстий.

3.3.2. Прихватывание и зависание плунжеров ТНВД.

3.3.3. Возникновение пожара в подпоршневой полости.

3.3.4. Прогорание выпускного клапана.

3.3.5. Прогорание впускного клапана.

3.3.6. Поломка поршневых колец.

3.3.7. Задиры поршней.

3.3.8. Трещины в цилиндровых крышках.

3.3.9. Прогорание компенсаторов газовыпускного тракта.

3.3.10. Нарушение плотности газового стыка между крышкой и втулкой цилиндра.

3.3.11. Температура выпускных газов при плавании при сильном волнении моря чрезмерно возрастает.

3.3.12. Проворачивание шатунных вкладышей подшипников.

3.3.13. Зависание выпускных и выпускных клапанов.

3.3.14. Трещины в блоках ТНВД, обрыв крепящих шпилек

3.3.15. Интенсивное образование влаги в впускном коллекторе

3.3.16. Срабатывает детектор масляного тумана, хотя температура и давление масла в норме и чрезмерного нагрева какого-либо из подшипников нет.

3.3.17. Помпаж компрессоров ГТН.

3.3.18. Колебания частоты вращения ВДГ и невозможность ввода в параллель с другими ВДГ.

3.3.19. При пуске коленчатый вал не трогается с места или, трогаясь с места не делает полного оборота.

3.3.20. Дизель развивает достаточную для пуска частоту, но при переводе на топливо останавливается.

3.3.21. Дизель не пускается из-за невозможности перевода рычага управления в положение «Работа».

3.3.22. Во время пуска срабатывают предохранительные клапаны.

3.3.23. Дизель не останавливается при переводе рычага управления в положение «Стоп».

3.3.24. Дизель разгоняется после запуска на холостом ходу или после снятия нагрузки.

3.3.25. Дизель не развивает частоту вращения полного хода.

3.3.26. Частота вращения дизеля падает.

3.3.27. Дизель внезапно останавливается.

3.3.28. Дизель идет вразнос.

3.3.29. Повышается температура выпускных газов в одном цилиндре.

3.3.30. Повышена температура выпускных газов всех цилиндров.

3.3.31. Выпускные газы имеют: а) голубой цвет; б). белый цвет

3.3.32. При запуске главного масляного насоса наблюдается сильная вибрация и шум (насос исправен).

3.3.33. Стук в одном из цилиндров.

3.3.34. Стуки в механизме привода клапанов.

3.3.35. Шум и вибрация турбокомпрессора наддува.

3.3.36. Топливный насос (шестеренный или винтовой) при пуске не перекачивают высоковязкое топливо из танка запаса.

3.3.37. Шум, стук и вибрация в зубчатой или цепной передаче.

3.3.38. Интенсивный износ ЦПГ.

3.3.39. Повышена температура крышек люков подпоршневого пространства.

3.3.40. Повышенный нагрев головных, шатунных или коренных подшипников, обнаруженный по нагреву картера или по срабатыванию АПС.

3.3.41. Повышенное выделение дыма из вентиляционной трубы картера.

3.3.42. Насос смазки не всасывает масло или не создает необходимого давления.

3.3.43. Температура масла на входе в дизель выше нормы.

3.3.44. В масло попала вода.

3.3.45. Температура охлаждающей воды на входе в дизель выше нормы.

3.3.46. Температура воды (масла), выходящей из дизеля или отдельных цилиндров, или поршней выше нормы.

3.3.47. Температура охлаждающего масла, выходящей из поршня, резко понизилась.

3.3.48. Давление воздуха после ГТН понизилось.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. РД 31.21.30–97. Правила технической эксплуатации судовых технических средств и конструкций : дата введения 01.07.1997. – Текст : электронный // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов : [сайт]. — URL: https://docs.cntd.ru/document/1200041473 (дата обращения: 12.02.2024).
2. Инструкции для дизелей типа 50-98MC. Компоненты и обслуживание. Часть I, II. / Издание 8C. – MAN B&W Diesel, A/S, Копенгаген, Дания, 1995. – 490 с. - Текст : непосредственный.
3. Инструкция для дизелей типа 50-98 MC. Эксплуатация. / Издание 40C. - MAN Diesel, A/S, Копенгаген, Дания. – 339 с. - Текст : непосредственный.
4. Ваншейдт В. А. Судовые двигатели внутреннего сгорания. – Ленинград : Судостроение, 1977. - 392 с. - Текст : непосредственный.
5. Возницкий И. В. Двигатели MAN B&W модельного ряда MC 50-98. Конструкция, эксплуатация, техническое обслуживание / И. В. Возницкий. – Москва : Моркнига, 2008. – 264 с. - Текст : непосредственный.
6. Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 1. Конструкция двигателей / И. В. Возницкий, А. С. Пунда. – Москва : Моркнига, 2010.-260 с. - ISBN 978-5-903080-04-5. - Текст непосредственный.
7. Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. Том 2. Теория и эксплуатация двигателей / И. В. Возницкий, А. С. Пунда. – Москва : Моркнига, 2010. - 382 с. - ISBN 978-5-903081-09-7 - Текст непосредственный.
8. Гоголев Г. В. Проектирование и эксплуатация судовых двигателей внутреннего сгорания : учебное пособие к выполнению курсового проекта по дисциплине «Судовые двигатели внутреннего сгорания» для студентов направления подготовки 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок» очной и заочной форм обучения / Г. В. Гоголев, В. А. Очеретяный ; Севастопольский государственный университет, Морской институт. – Севастополь : СевГУ, 2021. – 84 с.- URL: http://lib.sevsu.ru/xmlui/handle/123456789/10015 (дата обращения: 13.02.2024). – Текст : электронный.
9. Гоголев Г. В. Проектирование и эксплуатация судовых двигателей внутреннего сгорания: учебно-методическое пособие к выполнению расчётно-графического задания для студентов специальности 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок» / Севастопольский государственный университет, Морской институт; сост.: Г. В. Гоголев, В. А. Очеретяный, С. Е. Бабышев. – Севастополь: СевГУ, 2022. – 18 с. - URL: http://lib.sevsu.ru/xmlui/handle/123456789/10093 (дата обращения: 13.02.2024). – Текст : электронный.
10. Гоголев, Г. В. Техническая эксплуатация судовых дизельных установок : учебное пособие для студентов (курсантов) вузов, обучающихся по специальности 26.05.06 "Эксплуатация судовых энергетических установок" / Г. В. Гоголев, Ю. А. Лисняк. - Севастополь : Издательство Севастопольского государственного

университета, 2017. - 372 с. : ил. ; 20 см. - Список сокращений: с. 8-9. - Библиография: с. 366-368. - ISBN 978-5-9907603-5-6. - Текст : непосредственный.
11. Гоголев Г. В. Эксплуатация современных судовых дизельных установок / Г. В. Гоголев. – СПб, 2023. – 492 с. – URL: https:///www.litres.ru/book/gennadiy-gogolev/ekspluataciya-sovremennyh-sudovyh-dizelnyh-ustanovok-69010546/ (дата обращения: 13.02.2024). – Текст : электронный.
12. Дейнего Ю. Г. Судовой механик : технический минимум / Ю. Г. Дейнего. – Москва : Моркнига, 2011. - 304с. - ISBN: 978-5-030033-84-6. - Текст : непосредственный.
13. Дейнего Ю. Г. Эксплуатация судовых механизмов и систем / Ю. Г. Дейнего. – Москва : Моркнига, 2008. - 240 с. - ISBN: 978-5-903080-32-8. - Текст : непосредственный.
14. Карьянский С. А. Судовые двигатели с электронным управлением : учеб. пособие / С. А. Карьянский, Е. М. Оженко. – Одесса : ПРМТУ, 2021. - 148 с. - Текст : непосредственный.
15. Конкс Г. А. Мировое судовое дизелестроение. Концепции конструирования, анализ международного опыта : уч. пособие / Г. А. Конкс, В. А. Лашко. М: Машиностроение, 2005. - 512 с. - ISBN: 5-217-03290-1. - Текст : непосредственный.
16. Очеретяный В. А. Расчет судового двигателя внутреннего сгорания : [компьютерное программное обеспечение. "Dizel.xls"] / разработчик: В. А. Очеретяный ; Севастопольский государственный университет, кафедра «Энергоустановки морских судов и сооружений». – Загл. с титул. экрана. – Электронная программа : электронная // OwnCloud Infinite Scale : Secure Cloud Platform. – 2024. – URL: – https://disk.sevsu.ru/index.php/s/k5ECX5pIF0ARLFr (дата обращения: 13.02.2024).
17. Очеретяный В. А. Поверочный расчет коленчатого вала судового двигателя внутреннего сгорания : [компьютерное программное обеспечение "Прочностной расчет коленчатого вала.xls"] / разработчик: В. А. Очеретяный ; Севастопольский государственный универ-ситет, кафедра «Энергоустановки морских судов и сооружений». – Загл. с титул. экрана. – Электронная программа : электронная // OwnCloud Infinite Scale : Secure Cloud Platform. – 2024. – URL: – https://disk.sevsu.ru/index.php/s/79ubQJc4pH5Rwcc (дата обращения: 13.02.2024).
18. Очеретяный В.А. Расчет подшипника скольжения : [компьютерное программное обеспечение. " Расчет подшипника скольжения.xls"] / разработчик: В. А. Очеретяный ; Севастопольский государственный университет, кафедра «Энергоустановки морских судов и сооружений». – Загл. с титул. экрана. – Электронная программа : электронная // OwnCloud Infinite Scale : Secure Cloud Platform. – 2024. – URL: –

https://disk.sevsu.ru/index.php/s/bqNNua95wd8vfBp (дата обращения: 13.02.2024).
19. Очеретяный В. А. Анализ теплового расчета ДВС : [компьютерное программное обеспечение. " Анализ теплового расчета ДВС.xls"] / разработчик: В. А. Очеретяный ; Севастопольский государственный университет, кафедра «Энергоустановки морских судов и сооружений». – Загл. с титул. экрана. – Электронная программа : электронная // OwnCloud Infinite Scale : Secure Cloud Platform. – 2024. – URL: – https://disk.sevsu.ru/index.php/s/fZE0Am8IZHNCFyo (дата обращения: 13.02.2024).
20. Рогалев Б. М. Эксплуатация и ремонт газотурбонагнетателей судовых дизелей / Б. М. Рогалев, Ю. И. Смолин. - Москва : Транспорт, 1975. -192 с. – Текст : непосредственный.
21. Самсонов В. И., Худов Н. И. Двигатели внутреннего сгорания морских судов : учебник для вузов / В. И. Самсонов, Н. И. Худов. – Москва : Транспорт, 1990. - 368 с. - Текст : непосредственный.
22. Судовой механик : справочник : в 3-х т. Т. 1. / Трансп. Акад. Украины ; ред. А. А. Фока. - Одесса : Фенікс, 2008 - 1038 с. : ил. - Библиогр.: с. 1016-1018. - ISBN 978-966-438-118-2. - Текст : непосредственный.
23. Судовые главные двигатели с электронным управлением / Э. В. Корнилов, А. А. Фока, П. В. Бойко, Э. И. Голофастов. – Одесса : Експресс-Реклама, 2008. - 224 с. - ISBN: 978-966-691-228-5. - Текст : непосредственный.
24. Топливная аппаратура систем впрыска топлива в цилиндры дизелей: устройство и эксплуатация / Ивановский В.Г., Корнилов Э.В., Афанащенко В.Н., Кобзарь В.М. – Одесса, Феникс, 2005. – 160 с. - ISBN: 966-8631-11-0 - Текст : непосредственный.
25. Топливная аппаратура дизелей MAN B&W 46-98 MC, L23/30: конструкция, ревизия, наладка : учебное пособие / Корнилов Э. В., Бойко П. В., Голофастов Э. И., Смирнов В. П. – Одесса, 2007. – 110 с. ¬ ISBN: 966-691-181-7 - Текст : непосредственный.
26. Уокенбах Д. Профессиональное программирование на VBA в Excel 2002 / Д. Уокенбах. – М.: Диалектика, 2010. – 944 с. - ISBN 978-5-8459-1721-8 (рус.) - Текс : непосредственный
27. Фомин Ю. Я. Судовые двигатели внутреннего сгорания : учебник / Ю. Я. Фомин и др. - С.-Пб. : Судостроение, 1989. - 344 с. - ISBN: 5-7355-0083-X. - Текст : непосредственный.
28. DIESELFACTS / MAN Diesel A/S. - 2008 (№1) – . – Copenhagen, 2008– . – URL: https://docshare.tips/dieselfacts-2008-1pdf_58a8346ab6d87f798d8b4e53.html (дата обращения: 13.02.2024). – Текст : электронный.
29. Instruction manual AutoChief® C20. AutoChief C20. Instruction Manual Sulzer RT-flex Engines. Fixed Propeller installation. Konsberg Maritime AS. P.O. Box 1009 N-3194 Horten, Norway – 127 p. - Текст : непосредственный.

30. MAN B&W L58/64 CD : Technical Documentation Engine, Operating Instructions / MAN B&W Diesel AG, 2006. – 290 p. - URL: https://pdfslide.us/download/link/man-bw-manual.html (дата обращения: 13.02.2024). – Текст : электронный.
31. MAN B&W L32/40. Technical Documentation Engine. Operating Instructions. /MAN B&W Diesel AG: D-86135, Augsburg. – 365 p. - URL: https://pdfslide.us/download/link/man-l3240df-technical-documentation-engine-operating-instructions.html (дата обращения: 13.02.2024). – Текст : электронный.
32. MAN B&W Diesel 50-98 MC. Volume 40C. “Operation” / MAN Diesel, A/S, Copengagen, Denmark, 1995 – 490 p. - URL: https://pdfslide.us/download/link/man-bw-manual.html (дата обращения: 13.02.2024). – Текст : электронный.
33. MAN B&W K90MC-C Project Guide Two-stroke Engines, 4th Edition, December 2000. – 282 p. - URL: https://pdfslide.us/download/link/man-bw-manual.html (дата обращения: 13.02.2024). – Текст : электронный.
34. MAK M32C Project Guide. Propulsion. CATERPILLAR Motoren. GmbH&Co/KG, Kiel, 2007. – 99 c. - Текст : непосредственный.
35. MAN Diesel 50-108 ME/ME-C. Volume I. “Operation”. - MAN Diesel, A/S, Copengagen, Denmark. – 666 p. - Текст : непосредственный.
36. Marine Installation Manual. RT–flex 48T-D. Issue March 2012. Wartsila. – 399p. – URL: https://fdocuments.in/document/wartsila-o-e-rt-flex48t-d-mim-part-1.html?page=4 (дата обращения: 13.02.2024). – Текст : электронный.
37. MAN B&W G95ME-C9 - marine.mandieselturbo.com · MAN B&W Contents Chapter Section MAN B&W G95ME-C9.2 MAN Diesel 1 Engine Design The fuel optimised ME Tier II engine 1.01 1988537-1.4. – URL: https://pdfslide.us/download/link/man-bw-g95me-c9-bw-contents-chapter-section-man-bw-g95me-c92-man-diesel-1-engine.html (дата обращения: 13.02.2024).
38. SULZER RT-flex60C. Technology revive. Wartsila Corporation, P/O Box 196, Helsinki, 2003. – 27 p. - Текст : непосредственный.
39. Wärtsilä RT-flex 96C Operating manual / Wärtsilä Switzerland. – Winterthur.: Wärtsilä Switzerland, 2007. – 395 p. - URL: https://pdfslide.us/download/link/man-bw-manual.html (дата обращения: 13.02.2024). – Текст : электронный.

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Производитель ABC, Anglo Belgian Corporation NV										
1	3DXC-750	4	3L	242	320	8,0	750	110	331	11,99	194
2	6DXC-720	4	6L	242	320	7,7	720	108	649	12,24	190
3	6DXC-750	4	6L	242	320	8,0	750	110	662	11,99	193
4	8DXC-720	4	8L	242	320	7,7	720	108	864	12,24	190
5	8DXC-750	4	8L	242	320	8,0	750	110	883	11,99	193
6	6DZC-720	4	6L	256	310	7,4	720	159	954	16,6	181
7	6DZC-750	4	6L	256	310	7,7	750	177	1065	17,9	181
8	6DZC-800	4	6L	256	310	8,3	800	184	1104	17,3	184
9	6DZC-900	4	6L	256	310	9,3	900	199	1194	16,6	187
10	6DZC-1000	4	6L	256	310	10,3	1000	221	1326	16,6	190
11	8DZC-720	4	8L	256	310	7,4	720	159	1272	16,6	181
12	8DZC-750	4	8L	256	310	7,7	750	177	1420	17,9	181
13	8DZC-800	4	8L	256	310	8,3	800	184	1472	17,3	184
14	8DZC-900	4	8L	256	310	9,3	900	199	1592	16,6	187
15	8DZC-1000	4	8L	256	310	10,3	1000	221	1768	16,6	190
	Производитель Akasaka Diesels Ltd, Japan										
16	A28	4	6L	280	550	5,87	320	183,8	1103	20,76	194
17	A285	4	6L	280	550	6,23	340	196,0	1176	20,84	194
18	A31	4	6L	310	600	5,80	290	220,7	1324	20,56	192
19	A34C	4	6L	340	620	5,79	280	269,7	1618	19,03	185
20	A34S	4	6L	340	660	6,16	280	294,2	1765	21,46	186
21	A37	4	6L	370	720	6,00	250	318,7	1912	20,15	189
22	A38	4	6L	380	740	5,92	240	342,2	2059	20,85	188
23	A38S	4	6L	380	740	6,19	250	367,7	2206	21,45	184
24	A41	4	6L	410	800	6,13	230	404,5	2427	20,38	186

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
25	A41S	4	6L	410	800	6,40	240	441,2	2647	21,30	181
26	A45	4	6L	450	880	6,16	210	490,3	2942	20,41	177
27	A45S	4	6L	450	880	6,45	220	551,5	3309	21,92	177
28	K26S	4	6L	260	480	6,56	410	159,3	956	18,66	194
29	K26SK	4	6L	260	480	6,72	420	171,5	1029	19,62	190
30	K28B	4	6L	280	480	6,08	380	171,5	1029	18,70	188
31	K28S	4	6L	280	500	6,83	410	196,0	1176	19,01	193
32	K31	4	6L	310	530	6,54	370	220,5	1323	18,24	192
33	K31S	4	6L	310	550	6,97	380	245,2	1471	19,02	192
34	S35	4	6L	350	640	5,97	280	318,7	1912	22,62	185
35	E28BK	4	6L	280	480	7,20	450	245,2	1471	22,55	185
36	E28B	4	6L	280	480	6,72	420	220,5	1323	21,75	182
37	T26	4	6L	260	440	5,13	350	104,2	625	15,59	184
38	T26K	4	6L	260	440	6,16	420	134,8	809	16,82	194
39	T26SK	4	6L	260	440	6,16	420	147,0	882	18,35	196
40	6U28AK	4	6L	280	380	9,12	720	306,7	1840	22,26	189
41	8U28AK	4	8L	280	380	9,12	720	303,4	2427	22,04	189
	Производитель Alstom Engines Ltd, Mirrlees Blackstone, UK										
42	MB430V	4	12, 16V	430	480	9,6	600	730	7997-11683	23,0	179
43	MB430L	4	6, 8, 9L	430	560	9,6	514	800	4680-7200	23,0	179
44	MB430M	4	12, 16, 18V	430	520	10,4	600	865	8685-15633	23,0	175
45	K Major	4	6, 8, 9L, 12, 16V	400	457	6,14	600	544	2980-8710	19,0	188
46	ESL V	4	12, 16V	222	292	9,74	1000	187	1488-2985	19,8	190
47	ESL L	4	6, 8, 9L	222	292	9,74	1000	165	743-1487	17,5	186

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Производитель Alstom Engines Ltd, Paxman Diesels Division, UK										
48	VALENTA	4	6L, 8, 12, 16, 18V	197	216	8,64-11,8	1200-1640	101-192	610-3450	15,4-22,9	-
49	VP185	4	12V, 18V	185	196	9,8-12,74	1500-1950	147-222	1760-4000	22,3-25,7	203
	Производитель Alstom Engines Ltd, Ruston Diesels Division, UK										
50	RK215	4	6L, 8, 12, 16V	215	275	9,17	720-1000	130-185	780-3160	21,64	197
51	RK270	4	6, 8L, 12, 16, 20V	270	305	10,16	720-1000	247-344	1480-6875	21,49-23,88	198
	Производитель Bukh Diesel, Denmark										
52	DV10	4	1	85	85	8,5	3000	7,4	7,4	6,1	322
53	DV24	4	2	85	85	10,2	3600	8,8	17,6	6,1	280
54	DV36	4	3	85	85	10,2	3600	8,8	26,5	6,1	255
55	DV48	4	3	85	85	10,2	3600	11,8	35,5	8,1	240
	Производитель Callesen Diesel, Denmark										
56	425-CO	4	3	250	300	5,0	500	44,1	132	7,2	224
57	425-DO	4	4	250	300	5,0	500	44,1	177	7,2	224
58	425-COT	4	3	250	300	5,0	500	63,7	191	10,4	218
59	427-CO	4	3	270	400	5,7	425	58,8	177	7,3	218
60	427-DO	4	4	270	400	5,7	425	58,8	235	7,3	218
61	427-EO	4	5	270	400	5,7	425	58,8	294	7,3	218
62	427-FO	4	6	270	400	5,7	425	58,8	353	7,3	218
63	427-COT	4	3	270	400	5,7	425	84,6	254	10,4	208
64	427-DOT	4	4	270	400	5,7	425	84,6	338	10,4	208
65	427-EOT	4	5	270	400	5,7	425	84,6	423	10,4	208

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
66	427-FOT	4	6	270	400	5,7	425	84,6	508	10,4	208
67	427-COTK	4	3	270	400	5,7	425	99,3	298	12,2	208
68	427-DOTK	4	4	270	400	5,7	425	99,3	397	12,2	208
69	427-EOTK	4	5	270	400	5,7	425	99,3	496	12,2	208
70	427-FOTK	4	6	270	400	5,7	425	99,3	595	12,2	208
71	427-HTKO	4	8	270	400	5,3	395	91,9	736	12,2	208
72	427-ETK	4	5	270	400	6,7	500	122,7	610	12,8	208
73	427-FTK	4	6	270	400	6,7	500	122,7	736	12,9	208
74	427-HTK	4	8	270	400	6,7	500	124,1	993	13,0	208
	Производитель Caterpillar, USA										
75	311TA	4	6	105	127	10,16-11,85	2400-2800	25,5-43,5	153-261	11,6-16,9	214-239
76	32080NA	4	8V	114	127	10,16-11,85	2400-2800	14,0-19,6	112-157	13,6-12,6	219-241
77	3208T	4	8V	114	127	10,16-11,85	2400-2800	20,0-29,9	160-239	7,8-9,8	219-238
78	3126TA	4	6	110	127	11,85	2800	47,8-52,5	287-313	17,0-15,5	217-222
79	3208TA	4	8V	114	127	10,16-11,85	2400-2800	21,9-40,5	175-324	13,3	217-235
80	3304NA	4	4	121	152	10,1	2000-2200	18,8	63-75	5,4	238-247
81	3304T	4	4	121	152	10,1-11,1	2000-2200	23,2-35,5	93-142	7,9-11,0	234-254
82	3306T	4	6	121	152	10,1-11,1	2000-2200	23,7-34,8	142-209	9,8-11,9	223-229
83	3306TA	4	6	121	152	10,1-11,1	2000-	26,7-44,2	160-265	9,1-13,7	219-225

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
							2200				
84	3176TA	4	6	125	140	11,6	2300	84	425-468	21,5-22,6	221-227
85	3196	4	6	130	150	11,5	1800-2300	60,8-82,0	253-492	14,0-12,1	208-214
86	3406T	4	6	137	165	9,9-11,5	1800-2100	31,0-50,0	186-300	8,5-11,7	214-219
87	3406TA	4	6	137	165	6,6-11,5	1200-2100	34,2-72,2	205-433	14,0-16,9	215-218
88	3406E	4	6	137	165	9,9-12,6	1800-2300	59,0-99,5	336-597	153,-21,3	200-216
89	3408TA	4	8V	137	152	6,3-10,6	1250-2100	32,6-54,4	261-436	13,9-13,8	218-234
90	3412T	4	12V	137	152	9,12	1800	31,2-39,5	375-474	9,2-23,5	221
91	3412TA	4	12V	137	152	6,08-10,64	1200-2100	26,4-47,5	317-570	17,6-18,0	212-224
92	3412TTA	4	12V	137	152	10,64-11,6	1200-2300	51,2-83,9	560-1007	11,8-29,1	208-221
93	3508TA	4	8V	170	190	7,6-11,4	1200-1800	55,9-107,2	447-858	12,9-16,5	217-220
94	3512TA	4	12V	170	190	5,7-11,4	900-1800	55,9-108,8	671-1305	17,2-16,7	204-226
95	3512TTA	4	12V	170	190	10,1-11,4	1600-1800	73,0-108,8	954-1305	13,8-16,81	211-226
96	3516TA	4	16V	170	190	5,7-11,4	900-1800	55,9-102,6	895-1641	17,2-15,8	213-220
97	3516TTA	4	16V	170	190	10,1-11,4	1600-1800	72,2-102,6	1275-1641	13,8-15,56	214-250

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
98	3508B	4	8V	170	190	10,1-12,19	1200-1925	93,2-139,9	578-1119	8,3-20,2	203-209
99	3512B	4	12V	170	190	10,1-12,19	900-1925	93,2-139,9	738-1678	11,1-20,2	194-196
100	3516B	4	16V	170	190	10,1-12,19	900-1925	93,2-139,8	984-2237	18,6-25,3	199-206
101	3606TA	4	6	280	300	7,5-10,0	750-1000	248-338	1490-2030	20,0-23,7	191-200
102	3608TA	4	12V	280	300	7,5-10,0	750-1000	248-339	1980-2710	20,0-23,7	193-199
103	3612TA	4	12V	280	300	7,5-10,0	750-1000	248-354	2980-4060	20,0-22,1	191-203
104	3616TA	4	16V	280	300	7,5-10,0	750-1000	248-357	3960-5420	20,0-21,9	193-204
105	3618TA	4	18V	280	300	10,7	1050	400	7200	24,7	206
	Производитель CMI (Cockerill Mechanical Industries), Belgium										
106	240CO	4	6, 8L, 12, 16V	240	305	7,31-10,16	720-1000	184-220	700-3240	16,0-20,0	198
	Производитель Cooper Cameron Corporation, USA										
107	R4	4	6, 8L, 12, 16, 20V	431,8	533,4	8,0	450	454	2700-9000	15,3	199
108	R5	4	6, 8L, 12, 16V	431,8	533,4	9,14	514	634	3750-10000	19,0	199
109	HA	4	6L	355,6	381	8,0	630	248	1500	12,6	-
110	HVA	4	8, 12, 16V	355,6	381	8,0	630	248	2050-4100	12,6	-
111	HV	4	8, 12, 16V	330,2	381	7,62	600	186	1500-3000	11,2	-

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Производитель CRM Spa Motori Marini, Italy										
112	12D/S	4	12	150	180	12,45	2075	57,25	687	10,43	226
113	12D/SS	4	12	150	180	12,45	2075	84,17	1010	15,43	226
114	18D/S	4	18	150	180	12,45	2075	54,56	982	10,03	222
115	18D/SS	4	18	150	180	12,45	2075	67,39	1213	12,26	220
116	BR-1	4	18	150	180	12,72	2120	74,17	1335	13,20	220
117	BR-2	4	18	150	180	12,72	2120	85,83	1545	15,27	220
	Производитель Cummins Engine Company Ltd, UK										
118	4B 3.9M	4	4	102	120	10,0	2500	14,25	57	6,69	233
119	4BT 3.9M	4	4	102	120	10,0	2500	24,25	97	9,12	215
120	6B 5.9M	4	6	102	120	10,0	2500	14,33	86	6,96	236
121	6BT 5.9M	4	6	102	120	10,0	2500	18,83	113	9,24	225
122	6BTA 5.9M1	4	6	102	120	10,0	2500	27,33	164	9,79	228
123	6BTA 5.9M2	4	6	102	120	11,2	2800	37,3	224	13,35	232
124	6C 8,3M	4	6L	114	135	9,9	2200	18,67	112	7,78	219
125	6CTA 8,3M1	4	6L	114	135	9,5	2100	31,0	186	12,7	217
126	6CTA 8,3M2	4	6L	114	135	11,7	2500	43,5	261	14,35	249
127	N 855M	4	6L	140	152	9,1	1800	26,66	160	6,92	244
128	NT 855M	4	6L	140	152	9,1	1800	48,16	289	10,64	228
129	NTA 855M	4	6L	140	152	9,1	1800	49,66	298	12,41	222
130	KT 19M	4	6L	159	159	9,5	1800	45,33	272	9,62	212
131	KTA 19M	4	6L	159	159	9,5	1800	62,16	373	13,80	218
132	KTA 19M3	4	6L	159	159	9,5	1800	74,6	522	15,6	204
133	VTA 28M	4	12V	140	152	9,1	1800	42,0	504	11,97	214
134	KT 38M	4	12V	159	159	9,5	1800	49,75	597	10,55	220
135	KTA 38M	4	12V	159	159	9,5	1800	58,41	701	12,39	219

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
136	KTA 38MO	4	12V	159	159	9,5	1800	52,8	634	11,0	203
137	KTA 38M1	4	12V	159	159	9,5	1800	62,2	746	13,0	203
138	KTA 38M2	4	12V	159	159	9,5	1800	58,25	699	15,6	202
139	KTA 50M	4	16V	159	159	9,5	1800	58,25	932	12,31	214
140	KTA 50M2	4	16V	159	159	9,5	1800	74,6	1194	15,6	202
	Производитель Daihatsu Diesel VFC Co Ltd, Japan										
142	M2	4	6L	120	150	6,0-9,0	1200-1800	12,3-29,5	73,5-177	13,0	-
143	M3	4	6L	140	160	6,0-9,0	1200-1800	33,1-44,2	199-265	13,4	-
144	M5	4	6L	145	160	6,4-9,6	1200-1800	36,8-51,5	221-309	13,9	-
145	DL-16	4	6L	165	210	6,3-8,4	900-1200	44,1-73,5	264-441	16,4	-
146	DL-19	4	6L	190	230	5,52-7,7	720-1000	58,3-91,7	350-550	18,8	-
147	DL-40A	4	6, 8L	400	480	8,22	515	551	3309-4413	21,3	-
148	DK16	4	6L, 12V	165	180	9,0-10,8	1500-1800	73,6	440-880	15,3	-
149	DK20	4	3, 5, 6, 8L	200	300	7,2-9,0	720-1000	110-160	455-1280	22,7	-
150	DK26	4	5, 6L	260	380	9,12-9,5	720-750	237-270	1184-1618	22,3	-
151	DK28	4	8L, 12, 16V	280	390	9,36-9,75	720-750	313-319	1912-5000	22,1	-
152	DK32	4	6, 8L, 12V	320	360	8,64-9,0	720-750	368	220-4416	21,2	-
153	DK36	4	6, 8L, 12V	360	480-460	9,6-9,2	600	551-527	3310-6325	2,6-22,5	-

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Производитель Deutz Marine Engines, Germany										
154	616	4	8, 12, 16V	132	160	11,2	1500-2100	48-60	384-960	15,7	-
155	620	4	8, 12, 16V	170	195	11,7	1500-1800	94-127	564-2032	19,2	-
156	628	4	6, 8, 9L, 12, 16V	240	280	9,3	900-1000	205-225	1230-3600	21,3	-
157	640	4	12, 16V	370	400	8,7	600-650	411-441	4940-7060	18,9	-
158	645	4	6, 8, 9L	330	450	9,0	600	375-425	2550-3825	22,1	-
159	1013	4	4, 6L	108	130	12,7	2300-2600	20-50	81-300	16,4	-
160	1015	4	6, 8V	132	145	11,2	2100-2300	32-70	194-560	13,8	-
	Производитель EMD General Motors, USA										
161	645E6	2	8, 12, 16V	230	254	7.6	900	93-98	785-1565	5.7-6.2	239
162	645F7B	2	8, 12, 16, 20V	230	254	7,6	900	149-163	1265-2985	8,96-10,0	206
163	710G7B	2	8, 12, 16, 20V	230	279	8,4	900	186-188	1500-3750	10.5-10.7	201
	Производитель Fairbanks Morse Division, USA										
164	38D8-I/8	2	4-12	206	254	6,35	750	132	528-1584	6,0	228
165	38D8-I/8-2	2	4-12	206	254	7,62	900	149	596-1788	5,9	243
166	38TD8-I/8	2	6, 9, 12	206	254	6,35	750	217	1302-2604	10,2	221
167	38TD8-I/8-2	2	6, 9, 12	206	254	7,62	900	261	1566-3132	10,2	222
	Производитель Fornaut (SA), France										
168	XLD418	4	4	82,5	82	10,93	4000	10,5	56	7,8	340

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
169	FSD425	4	4	93,7	90,5	12	4000	12,5-24,3	70-130	7,3	300
170	2725	4	6	107	115	9,6	2600	16,2	135	8,8	230
171	2725	4	6	107	115	9,6	2600	16,2	135	8,8	230
172	Mistral	4	6	105	115	9,6	2500	23,3	105	10,7	230
173	Monarch	4	6	105	115	10	2600	31,2	250	-	250
174	Turbo plus	4	6	105	115	9,6	2500	37,7	300	-	230
175	Manta	4	6	112	132	11,44	2600	23,8	180	-	225
176	Mirage	4	6	112	132	11,44	2600	40,4	325	-	228
177	Magnum	4	6	112	132	11,44	2600	40,4	325	-	228
	Производитель Motorfabrik AS, Denmark										
178	F24	4	3, 4, 6L	240	300	5	500	40,5	121-243	7,2	224
179	F24T	4	6L	240	300	5	500	61,3	368	10,8	217
180	F24TK	4	3, 4, 6L	240	600	5	500	73,6	442	13,0	206
181	FR24	4	6L	240	600	7,5	750	51,5	310	10,0	220
182	FR24T	4	6L	240	600	7,5	750	92	552	10,8	217
183	FR24TK	4	6L	240	300	7,5	750	110,4	662	13,0	206
184	F24TKII	4	6L	240	300	7,5	750	122,7	736	14,5	206
185	FS24TK	4	3, 6L	240	300	7,5	750	98-123	295-736	11,6-14,5	206
	Производитель GMT Engines										
186	A55	4	6, 8, 9L, 12, 14, 16, 18V	550	680	9,5	425	1250	7500-22500	21,8	-
187	A32	4	6, 8, 9L, 12, 14, 16, 16V	320	390	9,75	750	440	2640-7040	22,5	-
188	B230	4	4, 6L, 8,	230	270	10,8	1200	210	840-4200	18,7	-

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
			12, 14, 16, 18, 20V								
189	BL230	4	4, 6, 8, 9L, 12, 14, 16, 18, 20V	230	310	10,8	1050	225,5	890-4450	19,7	-
190	BL230DV	4	16, 18, 20V	230	310	10,8	1050	283	4528-5660	25,1	-
	Производитель Guascor, SA, Spain										
191	F180T-SP	4	6L	152	165	9,8	1800	49	294	10,38	223
192	F180TB-SP	4	6L	152	165	9,9	1800	52	313	10,88	215
193	F180TA-SP	4	6L	152	165	9,9	1800	59	353	12,3	208
194	F180TAB-SP	4	6L	152	165	9,9	1800	64	382	13,6	210
195	F240TA-SP	4	8L	152	165	9,9	1800	57	456	12,3	201
196	F240TAB-SP	4	8L	152	165	9,9	1800	61	492	13,0	207
197	F360TA-SP	4	12V	152	165	9,9	1800	59	706	12,3	207
198	F480TA-SP	4	16V	152	165	9,9	1800	62	993	13,0	205
199	E318-SP	4	12V	150	150	9	1800	30	357	6,82	231
200	E318T2-SP	4	12V	150	150	9	1800	37	441	9,5	220
201	E318TA-SP	4	12V	150	150	9	1800	40	482	10,1	210
	Производитель Hanshin Diesel Works Ltd										
202	6L24GSH	4	6L	240	400	5,33	400	80	478	13,21	201
203	6LU24	4	6L	240	410	5,6	410	104	625	16,45	204
204	6LU35	4	6L	350	550	5,87	320	245	1471	17,38	199
205	6LU40	4	6L	400	640	6,4	300	343	2059	17,07	196
206	6LUS40	4	6L	400	640	7,25	340	466	2794	20,45	190
207	6LF46	4	6L	460	740	6,04	245	441	2647	17,57	186

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
208	6LF46A	4	6L	460	740	6,66	270	490	2942	17,72	186
209	6LF50	4	6L	500	800	5,73	215	490	2942	17,43	185
210	6LF50A	4	6L	500	800	6,4	240	552	3309	17,55	185
211	6LF54	4	6L	540	850	6,09	215	613	3677	17,57	184
212	6LF54A	4	6L	540	850	6,66	235	674	4045	17,68	184
213	6LF58	4	6L	580	1050	6,3	180	736	4413	17,67	182
214	6LF58A	4	6L	580	1050	6,65	190	772	4633	17,58	182
215	6EL38	4	6L	380	760	6,08	240	343	2059	19,91	188
216	6EL40	4	6L	400	800	6,4	240	404	2427	21,12	186
217	LC26	4	6L	260	440	5,87	400	104	625	13,38	196
218	LH26	4	6L	260	440	6,16	420	147	882	18,0	196
219	LH26A	4	6L	260	440	6,6	450	172	1029	19,59	196
220	LH28	4	6L	280	460	6,06	395	172	1029	18,41	193
221	LH31	4	6L	310	530	6,54	370	221	1323	17,89	190
222	LH28L	4	6L	280	530	6,71	380	196	1176	18,98	182
223	LC28L	4	6L	280	530	7,07	400	221	1323	20,28	182
224	LZ28L	4	6L	280	530	7,6	430	245	1471	20,97	182
225	LH30L	4	6L	300	600	6,0	300	221	1323	20,81	192
226	LH32L	4	6L	320	640	5,97	280	245	1471	20,42	188
227	LH34L	4	6L	340	640	6,4	300	270	1618	18,56	186
227	LH34LA	4	6L	340	640	5,97	280	270	1618	19,89	186
228	LH36L	4	6L	360	670	5,58	250	294	1765	20,71	184
229	LH36LA	4	6L	360	670	6,03	270	319	1912	20,77	184
230	LH38L	4	6L	380	760	6,33	250	368	2206	20,48	184
231	LH41L	4	6L	410	800	6,0	225	405	2427	20,43	179
232	LH41LA	4	6L	410	800	6,4	240	441	2647	20,89	179

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
233	LH46L	4	6L	460	880	5,87	200	490	2942	20,11	177
234	LH46LA	4	6L	460	880	6,45	220	552	3309	20,58	177
235	6MX28	4	6L	280	380	9,25	730	306	1839	21,53	188
234	8MX28	4	8L	280	380	9,25	730	303	2427	21,31	188
235	LA34	4	8L	340	720	6,36	265	306	1839	21,23	185
	Производитель Hederoma Diesel AB										
236	VA	4	6, 8, 12, 16, 18V	185	210	7,0-10,5	1000-1500	75-125	900-2200	10,0-17,0	210-238
237	VB	4	6, 8, 12, 16, 18V	210	210	7,0-10,5	1000-1500	96-158	1150-2850	10,0-17,0	210-238
	Производитель Isotta Fraschini Engines, Italy										
238	1700	4	8, 12, 16V	170	170	10,96-11,9	1935-2100	101,8-146,8	815-2350	21,8	-
239	1300	4	6L, 8, 12V	130	142-126	11,39-11,76	2400-2800	61,6-65,0	370-780	16,66	-
	Производитель Kelvin Diesels Pic, UK										
240	TA6	4	6L	165	184	7,4	1200	28,0	1668	7,23	235
241	TAS6	4	6L	165	184	7,4	1200	37,33	224	9,64	235
242	TASC6	4	6L	165	184	7,4	1200	41,67	250	10,77	228
243	TA8	4	8L	165	184	7,4	1200	28,0	224	7,25	235
244	TAS8	4	8L	165	184	7,4	1200	37,25	298	9,66	235
245	TASC8	4	8L	165	184	7,4	1200	41,0	328	10,6	228
246	TBSC8	4	8L	165	184	8,3	1350	49,88	399	11,5	225
247	3104	4	3L	104	115	9,6	2500	12,67	38	6,9	231
248	4104	4	4L	104	115	9,6	2500	14,0	56	6,9	230
249	6104	4	6L	104	115	11,5	3000	15,5	93	6,4	238

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
250	6104S	4	6L	104	115	10,4	2700	24,5	147	9,4	231
251	6115	4	6L	104	130	11,3	2600	19,67	118	6,2	250
252	6115S	4	6L	115	130	11,4	2200	22,5	135	12,4	213
253	6115SC	4	6L	115	130	9,5	2400	39,33	236	12,4	213
254	6137	4	6L	137	156	11,4	2200	27,0	162	6,4	237
255	6137S	4	6L	137	156	11,4	2200	32,0	192	9,4	230
256	6137SC	4	6L	137	156	11,4	1800	40,33	242	11,6	238
	Производитель Mak Motoren GMbh & Co.Kg, Germany										
257	M20	4	6, 8, 9L	200	300	9,0-10,0	900-1000	170-190	1020-1710	24,1-24,2	189-193
258	M25	4	6, 8, 9L	255	400	9,6-10,0	720-750	290-300	1740-2700	23,7-25,5	185
259	M43	4	6, 7, 8, 9L	430	610	10,2-10,5	500-514	900	5400-8100	24,4-23,7	175
260	M43	4	12, 16, 18V	430	610	10,2-10,5	500-514	900	10800-16200	24,4-23,7	175
261	M552C	4	6, 8L	450	520	8,7-8,9	500-514	750	4500-6000	21,8-21,2	184
262	M601C	4	6, 8L	580	600	8,0-8,5	400-425	1167-1250	7000-10000	22,1-22,3	181
	Производитель Makita Corporation, Japan										
263	M28M	4	6L	280	480	6,32	395	171,6	1030	17,6	197
264	M30M	4	6L	300	480	6,0	375	183,9	1103	17,4	197
265	M31M	4	6L	310	550	6,51	355	245,2	1471	20,0	190
266	M32M	4	6L	320	550	6,41	350	245,0	1471	19,0	193
267	M33M	4	6L	330	600	6,60	330	281,9	1692	20,0	188
268	LS33L	4	6L	330	640	6,19	290	245,2	1471	18,5	189
269	LS35L	4	6L	350	680	6,23	275	281,9	1692	18,8	188
270	LS38L	4	6L	380	740	6,29	255	343,2	2059	19,2	185

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
271	LS42L	4	6L	420	840	6,36	227	416,8	2501	18,9	184
271	L30M	4	6L	300	600	6,6	330	245,2	1471	21,9	184
272	L31M	4	6L	310	600	6,4	320	245,2	1471	20,9	190
	Производитель MAN B&W Diesel AG, Denmark										
273	27/38	4	5, 6, 7, 8, 9L	270	380	10,1	800	340	1700-3060	23,5	188
274	32/40	4	6, 7, 8 9L	320	400	10,0	750	480	2880-4320	23,9	185
275	32/40	4	12, 14, 16V	320	400	10,0	750	480	5760-7680	23,9	184
276	40/54	4	6, 7, 8 9L	400	540	9,9	550	720	4320-6480	23,1	183
277	48/60	4	6, 7, 8 9L	480	600	10,3	514	1050	6300-9450	22,6	181
278	48/60	4	12, 14, 16V	480	600	10,3	514	1050	12600-16800	22,6	180
279	58/64	4	6, 7, 8 9L	580	640	9,1	428	1390	8340-12510	23,0	177
	Производитель MAN B&W Diesel A/S, Denmark										
280	K98MC	2	6-12	980	2660	8,3	94-84	5720	32320-68640	18,2	171
281	K98MC-C	2	6-12	980	2400	8,3	104-94	5710	29340-68520	18,2	171
281	S90MC-C	2	6-7	900	3188	8,1	76-61	4890	29340-34230	19,0	167
282	L90MC-C	2	6-12	900	2916	8,1	83-62	4890	29340-58680	19,0	167
283	K90MC	2	4-12	900	2550	8,0	94-71	4570	18280-54840	18,0	171
284	K90MC-C	2	6-12	900	2300	8,0	104-89	4560	27360-54720	18,0	171
285	S80MC-C	2	6-8	800	3200	8,1	76-57	3880	23280-31040	19,0	167
286	S80MC	2	4-9	800	3056	8,0	79-59	3840	15360-34560	19,0	167
287	L80MC	2	4-12	800	2592	8,0	93-70	3640	14560-43680	18,0	174
288	K80MC-C	2	6-12	800	2300	8,0	104-89	3610	21660-43320	18,0	174
289	S70MC-C	2	4-8	700	2800	8,5	90-68	3105	12420-24840	19,0	169

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
290	S70MC	2	4-8	700	2674	8,1	91-68	2810	112400-22840	18,0	169
291	L70MC	2	4-8	700	2268	8,2	108-81	2830	113200-22640	18,0	174
292	S60MC-C	2	4-8	600	2400	8,4	105-79	2255	9020-18040	19,0	170
293	S60MC	2	4-8	600	2292	8,0	105-79	2040	8160-16320	18,0	170
294	L60MC	2	4-8	600	1944	8,0	123-92	1920	7680-15360	17,0	171
295	S50MC-C	2	4-8	500	2000	8,5	127-95	1580	6320-12640	19,0	171
296	S50MC	2	4-8	500	1910	8,1	127-95	1430	5720-11440	18,0	171
297	L50MC	2	4-8	500	1620	8,0	148-111	1330	5320-10640	17,0	173
298	S46MC-C	2	4-8	560	1932	8,3	129-108	1310	5240-10480	19,0	174
299	S42MC	2	4-12	420	1764	8,0	136-115	1025	4100-12300	18,5	174
300	L42MC	2	4-12	420	1360	8,0	176-132	995	3980-11940	18,0	177
301	S35MC	2	4-12	350	1400	8,1	173-147	740	2960-8880	19,1	178
302	L35MC	2	4-12	350	1050	7,35	210-178	650	2600-7800	18,4	177
303	S26MC	2	4-12	260	980	8,2	250-212	400	1600-4800	18,5	179
304	G45ME-C9.5	2	5	450	2250	8,2	105	1093	5465	21	166
305	G45ME-B9	2	5,6,7,8	450	2250	8,2	111	1390	6950-11120	21	169
306	G40ME-B9	2	5,6,7,8	450	-		125	1100	5500-8800	21	174
307	G50ME-B9	2	5,6,7,8,9	500	-	8,2	100	1720	8600-15480	21	167
308	G60ME-C9	2	5,6,7,8	600	-	8,2	97	2680	13400-21440	21	167
309	G70ME-C9	2	5,6,7,8	700	-	-	83	3640	18200-29120	21	167
	Производитель MAN B&W Diesel A/S, Noleby, Denmark										
310	L16/24	4	5, 6, 7, 8, 9	160	240	8,0-9,6	1000-1200	90-100	450-900	22,4-20,7	187
311	L23/30H	4	5, 6, 7, 8	225	300	7,2-9,0	720-900	130-160	530-1280	18,0	195
312	L28/32H	4	5, 6, 7, 8, 9	280	320	7,7-8,0	720-750	210-220	1050-1980	18,0	193
313	V28/32H	4	12, 16, 18	280	320	7,7-8,0	720-750	210-220	2100-3960	18,0	192

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
314	L32/40	4	5, 6, 7, 8, 9	320	400	9,6-10,0	720-750	458	2200-3960	21,9	179
315	L27/38	4	5, 6, 7, 8, 9	270	380	9,1-9,5	720-750	300	1500-2700	23,0-23,5	184-185
	Производитель MAN Nutzfahrzeuge AG, Germany										
315	D2866LXE40	4	6L	128	155	11,4	1500-2200	56,0	250-324	14,8	215
316	D2866LE403	4	6L	128	155	10,9	2100	61,3	368	17,6	216
317	D2866LE402	4	6L	128	155	11,4	2200	61,3	368	16,8	230
318	D2866LE405	4	6L	128	155	11,4	2200	74,8	339	20,5	228
319	D2848LE	4	8V	128	142	10,9	1800-2300	43,4	280-347	12,4	205
320	D2848LE401	4	8V	128	142	10,9	2100-2300	62,5	397-500	17,8	229
321	D2848LE405	4	8V	128	142	10,9	2300	59,7	478	17,1	230
322	D2840LE	4	10V	128	142	10,9	1800-2300	46,7	346-434	12,4	200
323	D2840LE401	4	10V	128	142	10,9	2100-2300	60,3	478-603	17,2	220
324	D2840LE403	4	10V	128	142	10,9	2300	77,2	772	22,0	227
325	D2842LE	4	12V	128	142	10,9	1800-2300	55,9	420-559	13,3	200
326	D2842LE403	4	12V	128	142	8,5	1800	44,1	529	15,6	216
327	D2842LE401	4	12V	128	142	10,9	2100-2300	61,3	588-735	17,5	220
328	D2842LE408	4	12V	128	142	9,9	2100	61,3	735	19,2	216
329	D2842LE402	4	12V	128	142	10,9	2300	67,4	809	19,2	224
330	D2842LE406	4	12V	128	142	10,9	2300	73,5	882	21,0	228

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
331	D2842LE404	4	12V	128	142	10,9	2300	79,7	956	22,8	225
	Производитель Matsui Iron Works Co Ltd, Japan										
332	MU323DGSC	4	3L	230	380	5,32	420	49-98	147-294	17,7	201
333	ML624GSC	4	6L	240	400	5,60	420	86-110,3	515-662	17,4	201
334	6M26KGHS	4	6L	260	400	5,13	385	74-98	441-588	14,4	208
335	ML626GSC	4	6L	260	480	5,28-6,56	330-410	86-159	515-956	18,3	197
336	ML627GSC	4	6L	270	480	6,16-6,56	385-410	135-184	809-1103	19,6	197
337	MA28GSC	4	6L	280	540	6,39-6,75	355-375	159-184	956-1103	17,7	194
338	MA29GSC	4	6L	290	540	6,39-6,75	355-375	184-208	1103-1250	18,7	193
339	M31M	4	6L	310	550	6,23-6,51	340-355	196-245	1177-1471	20,0	193
340	M33M	4	6L	330	600	6,0-6,6	300-330	245-282	1471-1692	20,0	193
341	MA31GSC	4	6L	310	600	6,0-6,6	300-330	196-245	1177-1471	19,7	185
342	MA32GSC	4	6L	320	600	5,7-6,6	285-330	221-258	1324-1545	19,4	185
343	MA33GSC	4	6L	330	600	6,2-6,8	310-330	258-282	1545-1690	19,4	185
	Производитель Mitsubishi Heavy Industries Ltd, Japan										
344	UEC37LA	2	4, 5, 6, 7, 8L	370	880	6,16	158, 210	280-515	1120-4120	15,60	169-175
345	UEC45LA	2	4, 5, 6, 7, 8L	450	1350	7,11	119, 158	478-883	1910-7060	15,60	163-167
346	UEC52LA	2	4, 5, 6, 7, 8L	520	1600	7,09	100, 133	638-1178	2550-9410	15,60	160-167
347	UEC60LA	2	4, 5, 6, 7, 8L	600	1900	6,97	83, 110	838-1545	3350-12360	15,70	159-166
348	UEC52LS	2	4, 5, 6, 7, 8L	520	1850	7,4	90, 120	718-1325	2870-10590	16,90	160-167
349	UEC60LS	2	4, 5, 6, 7,	600	2200	7,33	75, 100	958-1765	3830-14120	17,0	159-166

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
			8L								
350	UEC52LSE	2	4, 5, 6, 7, 8L	520	2000	8,47	95, 127	930-1700	3720-13600	19,0	160-167
351	UEC33LSII	2	4, 5, 6, 7, 8L	330	1050	7,35	162, 215	308-568	1230-4530	17,6	170-177
352	UEC37LSII	2	4, 5, 6, 7, 8L	370	1150	8,0	140, 186	420-770	2100-6160	18,0	169-175
353	UEC43LSII	2	4, 5, 6, 7, 8L	430	1500	8,0	120, 160	570-1053	2280-8416	18,1	166-173
354	UEC50LSII	2	4, 5, 6, 7, 8L	500	1950	8,06	93, 124	745-1375	2980-12380	17,4	160-167
355	UEC60LSII	2	4, 5, 6, 7, 8L	600	2300	8,05	79, 105	1075-1985	4300-15890	17,4	159-166
356	UEC75LSII	2	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12L	750	2800	7,84	63, 84	1595-2943	6380-35300	17,0	158-165
357	UEC85LSII	2	5, 6, 7, 8, 9, 10, 12L	850	3150	7,98	54, 76	1980-3862	9900-46340	17,1	156-163
358	UEC85LSC	2	5, 6, 7, 8, 9, 10, 12L	850	2360	8,02	76, 102	2112-3898	10560-46780	17,1	158-165
	Производитель Mitsui Engineering & Shipbuilding Co Ltd, Japan										
359	L/V42MA	4	6, 8L, 12, 16, 18V	420	450	9,0	600	625	3750-11250	20,0	189-192
	Производитель MTU Motoren-und Turbinen-Union Friedrichshafen Gmbh, Germany										
360	099	4	4, 6L	97,5	133	12,4	1500-2800	13,0-29,2	78-175	13,6	-

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
361	183	4	6L	128	155	10,9	1500-2300	38,0-73,5	228-441	17,7	-
362	183	4	8, 12V	128	142	19,3	1500-2300	37,5-70,5	300-846	11,4	-
363	2000	4	8, 12, 16V	130	150	11,5	1800-2300	50-84	400-1343	21,7	-
364	396	4	8, 12, 16V	165	185	13,0	1500-2100	80-160	640-2560	23,1	-
365	4000	4	8, 12, 16V	165	190	13,3	1500-2100	87,5-170	700-2720	23,9	-
366	538	4	16, 20V	185	200	12,7	1900	206	3300-4120	24,2	-
367	595	4	12, 16V	190	210	12,6	1500-1800	165-270	1980-4320	30,2	-
368	956	4	12, 16, 20V	230	230	11,5	1500	245	2940-4900	20,5	-
369	1163	4	12, 16, 20V	230	280	12,1	1200-1300	300-370	3600-7400	29,4	-
	Производитель Niigata Engineering Co Ltd, Japan										
370	NSF-M	4	6L	132,9	160	11,73	2200	61	367	15,09	-
371	NSE-M	4	6L	150	165	11,55	2100	76	456	14,9	-
372	NSD-M	4	6L	160	210	10,5	1500	88	529	16,72	-
373	NSDL-M	4	6L	160	235	11,36	1450	101	610	17,82	-
374	16FX	4	12, 16V	165	185	12,03	1950	128-126	1544-2022	20,0-19,7	-
375	20FX	4	12, 16V	205	220	12,1	1650	250	3000-4000	25,0	-
376	MG19HX	4	6L	190	260	8,67	1000	122	735	19,96	-
377	PA4V200VGA	4	12, 16V	200	210	10,33	1475	167	2015-2684	20,7	-

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
378	MG22HX	4	6L	220	280	9,33	1000	171	1029	19,35	-
379	MG22HLX	4	12, 16, 18V	220	300	10,0	1000	221	1324-3972	23,2	-
380	PA5	4	5, 6, 8L, 12, 16, 18V	255	270	9,0	1000	220	1103-3971	19,2	-
381	MG26HX	4	5, 6, 8L, 12, 16, 18V	260	275	9,17	1000	230	1381-4143	18,9	-
382	26FX	4	12, 16, 18V	260	275	11,46	1250	344	4120-6200	22,57	-
383	MG26HLX	4	6L	260	350	8,75	750	245	1471	21,1	-
384	MG28HX	4	6, 8L	280	370	9,25	750	306-294	1838-2353	21,5-20,6	-
385	MG28HLX	4	6, 8L, 12, 16, 18V	280	400	10,0	750	367	2206-6619	23,9	-
386	MG28CX	4	6, 8L, 12, 14, 16, 18V	320	360	9,0	750	367	2206-6619	20,3	-
387	MG28CLX	4	6, 8L, 12, 14, 16, 18V	320	420	9,1	650	367	2206-6619	20,1	-
388	MG34HX	4	6, 8L, 12, 14, 16, 18V	340	450	9,0	600	441	2647-3530	21,6	-
389	MG34HLX	4	12, 16,18V	340	500	10,0	600	555	6660-9990	24,45	-
390	MG41HX	4	6, 8L, 12, 16V	410	560	9,33	500	698	4192-11179	22,7	-

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
391	MG46HX	4	6, 8, 9L, 12, 16V	460	600	9,0	450	823	4942-13180	22,03	-
392	PC2-5	4	6, 8, 9L, 12, 14, 16, 18V	400	460	7,97	520	478	2868-8605	19,08	-
393	PC2-6	4	6, 8, 9L, 12, 14, 16, 18V	400	460	7,97	520	551	3309-9929	22,03	-
394	PC4-2	4	6, 8, 9L, 10, 12, 14, 16, 18V	570	620	8,27	400	1213	7281-21844	23,02	-
395	M26BT	4	6L	260	460	6,13	400	104	625	12,8	-
396	M28BT	4	6L	280	480	6,24	390	171	1029	17,87	-
397	M28HRT	4	6L	280	480	7,2	450	220	1323	19,91	-
398	M30BT	4	6L	300	530	6,36	360	196	1176	17,46	-
399	M30BLT	4	6L	300	600	5,8	290	196	1176	19,13	-
400	M31BT	4	6L	310	530	6,36	360	220	1323	18,39	-
401	M31BLT	4	6L	310	600	5,8	290	220	1323	20,16	-
402	M34BT	4	6L	340	620	6,61	320	281	1691	18,78	-
403	M34BLT	4	6L	340	680	6,35	280	306	1838	21,27	-
404	M37T	4	6L	370	720	5,76	240	318	1912	20,58	-
405	Crossley-Pielstick PA6B STC	4	12, 16, 20V	280	330	11,55	1050	405	4860-8100	22,8	-
406	Crossley-Pielstick PC2.6	4	12, 16, 18V	400	460	7,97	520	550	6600-9900	21,9	-
407	Crossley-	4	12, 16,	400	500	10,0	600	750	9900-15000	23,9	-

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Pielstick PC2.6B		20V								
	Производитель Scania, Sweden										
408	D9 Series	4	6L	115	144	9,1-10,6	1900-2200	25,8-33,4	155-201	-	-
409	DI9 Series	4	6L	115	144	9,1-11,0	1900-2300	39,0-59,2	234-355	-	-
410	DI12 Series	4	6L	127	154	9,2-11,8	1800-2300	44,2-82,7	265-496	-	-
411	DI14 Series	4	8V	127	140	8,4-10,3	1800-2200	42,4-73,5	339-588	-	-
	Производитель SEMT Pielstick, France										
412	PA4-185VG	4	6, 8L, 6, 8, 12, 16, 18V	185	210	10,5	1500	123	740-2215	17,4	-
413	PA4-200VGA	4	8, 12, 16V	200	210	10,5	1500	165	1325-2650	20,0	-
414	PA5	4	5, 6, 8L, 12, 16, 18V	255	270	9,0	1000	200	1100-3960	19,2	-
415	PA6	4	6, 8, 9L, 12, 16, 18, 20V	280	290	10,15	1050	325	1950-6500	21,8	-
416	PA6 CL	4	6, 8L, 12, 16, 18, 20V	280	350	8,75	750	295	1770-5880	21,9	-
417	PA6B STC	4	12, 16, 20V	280	330	11,55	1050	405	4860-8100	22,8	-

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
418	PC2.6	4	6, 7, 8, 9L, 10, 12, 14, 16, 18V	400	460	8,0	520	550	3300-9900	22,0	-
419	PC2.6B	4	12, 16, 20V	400	500	10,0	600	750	9900-15000	23,9	-
420	PC2.6 BDF	4	12, 16, 20V	400	500	10,0	600	625	7500-12500	18,9	-
421	PC4.2	4	6, 7, 8, 9L, 10, 12, 14, 16, 18V	570	620	8,3	400	1215	7290-21870	21,5	-
422	PC4.2B	4	10, 12, 14, 16, 18V	570	660	9,5	430	1400	14000-25200	23,3	-
423	PC40	4	5, 6, 7, 8, 9, 10L	570	750	9,4	375	1325	6625-13250	22,2	-
	Производитель SKL Motoren - und Systemtechnik GmbH, Germany										
424	VD 18/16AL	4	6, 8	160	180	9,0-10,8	1500-1800	75-108	450-870	16,6-20,9	-
425	VD 42/16AL	4	8	160	240	8,0-9,6	1000-1200	80-96	640-770	20,0	-
426	NVD 48A	4	6, 8	320	480	6,85	428	122	736-970	8,9	-
427	NVD 48AL	4	6, 8	320	480	6,85	429	139	838-1102	10,2	-
428	VD 26/20AL	4	6, 8	200	260	8,67	1000	88-110	530-883	13,5-16,2	-
429	VD 29/24AL	4	6, 8, 9	240	290	7,25-9,67	750-1000	150-261	900-2350	15,2-24,0	-
	Производитель Ulstein Bergen, Norway										
430	K	4	3, 5, 6, 8,	250	300	7,2-9,0	720-900	194-223	585-4010	18,0-22,0	190-199

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
			9L, 12, 16, 18V								
431	B	4	6, 8, 9, 12L	320	360	8,6-9,0	720-750	441	2545-5300	24,4	185-188
432	BV	4	12, 16, 18V	320	360	9,0	720-750	420-440	5040-7920	24,4	186
	Производитель AB Volvo Penta, Sweden										
433	TAMD31M	4	4	92	90	9,8	3250	20,3	81	12,5	234
434	TAMD31P	4	4	92	90	11,7	3900	27,5	110	14,2	253
435	AD31L	4	4	92	90	11,4	3800	23,8	95	12,8	242
436	AD31P	4	4	92	90	11,4	3900	27,5	110	14,8	249
437	TAMD41H	4	6	92	90	7,5	2500	17,8	107	14,2	221
438	TAMD41M	4	6	92	90	9,8	3250	20,8	125	12,8	231
439	TAMD41P	4	6	92	90	11,4	3800	24,5	147	12,8	265
440	AD41L	4	6	92	90	10,8	3600	20,2	121	11,3	245
441	AD41P	4	6	92	90	11,4	3800	24,5	147	12,8	265
442	TAMD42WJ	4	6	92	90	11,4	3800	28,3	170	-	-
443	KAMD43P	4	6	92	90	11,4	3900	28,3	170	-	260
444	TAMD63L	4	6	98,42	120	11,2	2800	39,0	234	17,9	235
445	TAMD63L2	4	6	98,42	120	10,0	2500	28,8	173	15,2	228
446	TAMD63P	4	6	98,42	120	11,2	2800	45,3	272	20,7	248
447	TAMD71B	4	6	104,7	130	11,3	2600	46,7	280	19,2	230
449	TAMD71B	4	6	104,7	130	10,3	2500	42,8	257	18,7	238
450	TAMD71B	4	6	104,7	130	10,8	2500	35,0	210	15,0	236
451	TAMD71B	4	6	104,7	130	8,7	2000	26,7	160	14,2	218
452	TAMD73P EDC	4	6	104,7	130	11,3	2600	52,7	316	21,7	251

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
453	TAMD73WJ	4	6	104,7	130	11,3	2600	55,2	331	22,3	229
454	TMD102A	4	6	120,65	140	9,3	2000	33,3	200	12,8	228
455	TMD102A	4	6	120,65	140	8,4	1800	29,2	175	12,3	220
456	TAMD102A	4	6	120,65	140	9,3	2000	44,2	265	16,6	219
457	TAMD102A	4	6	120,65	140	8,4	1800	39,2	235	16,3	214
458	TAMD102D	4	6	120,65	140	10,5	2250	55,8	335	18,6	232
459	TAMD102D	4	6	120,65	140	10,3	2200	52,8	315	17,9	225
460	TMD122A	4	6	130,2	150	9,5	1800	39,2	235	13,3	216
461	TMD122A	4	6	130,2	150	9,0	1800	36,8	221	12,5	215
462	TAMD122A	4	6	130,2	150	9,5	1900	49,0	294	15,5	217
463	TAMD122A	4	6	130,2	150	9,0	1800	46,7	280	15,6	212
464	TAMD122P	4	6	130,2	150	11,3	2250	73,5	441	19,0	239
465	TAMD122P	4	6	130,2	150	10,5	2100	65,0	390	18,6	228
466	TAMD122P EDC	4	6	130,2	150	11,3	2250	74,8	449	20,0	234
467	TAMD122P EDC	4	6	130,2	150	10,5	2100	65,0	390	18,6	226
468	TAMD162C	4	6	144	165	9,9	1800	62,5	375	15,5	225
469	TAMD163A	4	6	144	165	9,9	1800	73,5	441	18,2	215
470	TAMD163A	4	6	144	165	9,9	1800	67,3	404	16,7	213
471	TAMD163P	4	6	144	165	11,6	2100	94,3	566	19,6	226
472	TAMD163P	4	6	144	165	11,6	2100	83,3	500	17,7	223
	Производитель Wartsila NSD Corporation										
473	Wartsila 170	4	6, 8L	170	200	10,0-12,0	1500-1800	115-130	690-1040	19,1-20,2	195-200
474	Wartsila 170	4	12, 16,	170	200	10,0-12,0	1500-	115-130	1380-2340	19,1-20,2	195-200

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
			18V				1800				
475	Wartsila 200	4	12, 16, 18V	200	240	9,6-12,0	1200-1500	175-200	2100-3600	21,5-23,8	195-205
476	Wartsila 20	4	4, 5, 6, 8, 9L	200	280	6,7-9,3	720-1000	130-180	520-1620	22,5-25,8	190
477	Wartsila20DF	4	6,8,9 L	200	280	11,2	1200	185	1100-1665	21,2	185
478	Nohab 25	4	6L	250	300	7,2-10,0	720-1000	184-258	1110-1545	18,7-20,8	184-191
479	Nohab 25	4	12, 16V	250	300	7,2-10,0	720-1000	184-258	2210-3680	18,7-20,8	184-191
480	Wartsila 26	4	6, 8, 9L	260	320	9,6-10,7	900-1000	310-325	1770-2925	24,3-23,0	184-186
481	Wartsila 26	4	12, 16, 18V	260	320	9,6-10,7	900-1000	310-325	3540-5850	24,3-23,0	183-186
482	Wartsila Vasa 32/32GD	4	4, 6, 8, 9L	320	350	8,4-8,8	720-750	370-410	1480-3690	24,0-21,3	187
483	Wartsila Vasa 32/32GD	4	12, 16, 18V	320	350	8,4-8,8	720-750	370-410	4440-7380	24,0-21,3	187
484	Wartsila 32	4	6, 8, 9L	320	400	9,6-10,0	720-750	450-460	2700-4140	22,9-23,3	182
485	Wartsila 32	4	12, 16, 18V	320	400	9,6-10,0	720-750	450-460	5400-8280	22,9-23,3	180
486	Wartsila 38	4	6, 8, 9L	380	475	9,5	600	660	3960-5940	24,5	178
487	Wartsila 38	4	12, 16, 18V	380	475	9,5	600	660	7920-11880	24,5	177
488	Sulzer ZA40S	4	6, 8, 9L	400	560	9,5	510	600-720	3600-6480	24,1	178-185
489	Sulzer ZA40S	4	12, 16, 18V	400	560	9,5	510	600-720	7200-12960	24,1	178-183

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
490	Wartsila 46/46GD	4	6, 8, 9L	460	580	8,7-9,9	450-514	90-1050	5430-9450	21,9-26,1	170-173
491	Wartsila 46/46GD	4	12, 16, 18V	460	580	8,7-9,9	450-514	90-1050	1086-18900	21,9-26,1	170-173
492	Sulzer ZA50S	4	6, 8, 9L	500	660	9,9	450	1080-1200	6480-10800	24,7	178-181
493	Wartsila 64	4	5, 6, 7, 8, 9L	640	900	9,8-10,0	327,3-333,3	2010	10050-18090	25,5	166-169
494	Wartsila 64	4	12, 16, 20V	640	770	10,3-11,0	400-428	1940	23280-38800	23,5	168
495	Sulzer RTA 38	2	4, 5, 6, 7, 8, 9L	380	1100	7,2	141-196	370-680	1480-6120	16,7	171-181
496	Sulzer RTA 48	2	4, 5, 6, 7, 8, 9L	480	1400	7,2	111-154	600-1090	2400-9810	16,8	169-178
497	Sulzer RTA 48T-B	2	5, 6, 7, 8L	480	2000	8,5	100-127	875-1455	4375-11640	19,0	161-171
498	RT 48 flex T-D	2	5,6,7,8L	480	2000	8.5	127	1455	4375-11640	19,0	171
499	Sulzer RTA 52U-B	2	5, 6, 7, 8L	520	1800	8,2	99-137	880-1600	4400-12800	18,3	163-174
500	Sulzer RTA 58T-B	2	5, 6, 7, 8L	580	2416	8,5	84-105	1275-2125	6375-17000	19,0	160-170
501	Sulzer RTA 62U-B	2	5, 6, 7, 8L	620	2150	8,2	83-115	1255-2285	6275-18280	18,4	162-173
502	Sulzer RTA 62T-B	2	5, 6, 7, 8L	680	2720	8,5	75-94	1765-2285	8825-23520	19,0	159-169
503	Sulzer RTA	2	5, 6, 7, 8L	720	2500	8,3	71-99	1700-	8500-24640	18,3	160-171

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	72U-B							3080			
504	Sulzer RTA 84M	2	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12L	840	2900	7,8	58-81	2050-3730	8200-44760	17,2	156-170
505	Sulzer RTA 84T-B	2	5, 6, 7, 8, 9L	840	3150	7,8	54-74	2130-3880	10650-34920	18,0	156-170
506	RT-84 flex T-D	2	7	840	3150	7,8	76	4200	29400	19.0	171
507	Sulzer RTA 84C	2	4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12L	840	2400	8,2	73-102	2230-4050	8920-48600	17,91	159-171
508	Sulzer RTA 96C	2	6, 7, 8, 9, 10, 11, 12L	960	2500	8,3	90-100	3840-5490	23040-65880	18,2	161-171
509	RT-96C flex	2	7, 8, 9, 10, 11, 12L (6-14)	960	2500	8,5	102	5721	34326-80088	19,6	171
	Производитель Yanmar Diesel Engine Co Ltd, Japan										
510	6NY16 series	4	6L	160	200	9,3-10,7	1350-1600	-	331-559	12,43-17,72	211-218
511	S165 series	4	6L	160	210	8,4-9,45	1200-1350	-	147-441	5,57-14,85	210
512	SN165 series	4	6L	165	232	10,83	1400	-	588	17,28	193
513	6N18 series	4	6L	180	280	8,4-8,87	900-950	-	441-736	14,04-22,16	197
514	M200 series	4	6L	200	260	6,5-7,8	750-900	-	441-736	14,69-20,4	193
515	6N21 series	4	6L	210	290	7,73-8,22	800-850	-	662-956	16,8-22,84	194
516	8N21 series	4	8L	210	290	7,73-8,7	800-900	-	1030-1324	19,61-22,41	194
517	M220 series	4	6L	220	300	8,0	800	-	736-883	16,44-19,73	193

№	Модель	Тактность	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра (мм)	Ход поршня (мм)	Средняя скорость поршня (м/с)	Частота вращения ($мин^{-1}$)	Мощность цилиндра (кВт/цил)	Мощность двигателя (кВт)	Среднее эффективное давление (бар)	Удельный расход топлива (г/кВт·ч)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
518	T240 series	4	6L	240	310	7,75-8,27	750-800	-	883-1030	17,11-18,72	192
519	T260 series	4	6L	260	330	7,7-8,47	700-770	-	1030-1324	17,12-20,01	210
520	6N260 series	4	6L	260	360	9,0	750	-	1177-1545	16,74-21,97	190
521	6N280 series	4	6L	280	380	9,12	720	-	1471-1839	17,81-22,26	189
522	8N280 series	4	8L	280	380	9,12	720	-	1912-2354	17,36-21,37	189
523	6N330 series	4	6L	330	440	9,09	620	-	2207-2574	19,29-22,5	188
524	8N330 series	4	8L	330	440	9,09	620	-	2942-3310	19,29-21,7	188
525	MF24 series	4	6L	240	420	5,88	420	-	441-588	11,28-15,04	197
526	DY25 series	4	6L	250	440	6,16	420	-	625-736	14,06-16,53	192
527	DY26 series	4	6L	260	440	6,16	420	-	809-956	16,29-19,87	189
558	DY28 series	4	6L	280	530	6,98	395	-	1030-1324	16,29-20,95	182
529	MF33 series	4	6L	330	620	6,2-6,82	300-330	-	1177-1618	14,16-18,86	190

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Таблица Б.1 – Варианты заданий для выполнения эксплуатационного раздела курсового проекта

Номер варианта	Вопросы	Номер варианта	Вопросы
1	2	3	4
01, 35, 69	2.1; 2.21; 3.1; 4.1; 4.33	19, 53, 85	2.4; 2.14; 3.15; 4.17; 4.47
02, 36, 70	2.2; 2.20; 3.2; 4.2; 4.34	20, 54, 86	2.5; 2.15; 3.16; 4.18
03, 37, 71	2.3; 2.19; 3.3; 4.3; 4.35	21, 55, 87	2.6; 2.16; 3.17; 4.19; 4.48
04, 38, 72	2.4; 2.18; 3.4; 4.4; 4.36	22, 56, 88	2.7; 2.17; 3.18; 4.20
05, 39, 73	2.5; 2.17; 3.5; 4.6; 4.37	23, 57, 89	2.8; 2.18; 3.19; 4.22; 4.2
06, 40, 74	2.6; 2.16; 3.6; 4.7; 4.38	24, 58, 90	2.9; 2.19; 3.20; 4.23; 4.30
07, 41, 75	2.7; 2.17; 3.7; 4.8; 4.39	25, 59, 91	2.10; 2.20; 3.21; 4.24; 4.4
08, 42, 76	2.8; 2.14; 3.8; 4.9; 4.40	26, 60, 92	2.11; 2.21; 3.22; 4.25; 4.13
09, 43, 77	2.9; 2.13; 3.9; 4.10; 4.41	27, 61, 93	2.13; 2.7; 3.23; 4.26; 4.14
10, 44, 78	2.8; 2.12; 3.10; 4.11; 4.42	28, 62, 94	2.8; 2.18; 3.24; 4.27; 4.40
11, 45, 79	2.9; 2.11; 3.11; 4.12; 4.43	29, 63, 95	2.9; 2.16; 3.27; 4.28; 4.46
12, 46, 80	2.10; 2.1; 3.12; 4.13; 4.44	30, 64, 96	2.4; 2.8; 3.28; 4.29; 4.3
13, 47, 81	2.2; 2.12; 3.13; 4.14; 4.45	31, 65, 97	2.2; 2.21; 3.29; 4.30; 4.16
14, 48, 82	2.8; 2.13; 3.14; 4.16; 4.46	32, 66, 98	2.10; 2.7; 3.30; 4.31; 4.35
00, 99,83	2.7; 2.9; 3.31; 4.32; 4.17	16, 34, 52	2.15; 2.9; 3.31; 4.27; 4.47
15, 33, 51	2.7; 2.2; 3.7; 4.20; 4.38	18, 50, 68	2.1; 2.14; 3.13; 4.18; 4.42
17, 49, 67, 84	2.1; 2.7; 3.12; 4.4; 4.17		

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Образец Титульного листа курсового проекта

Севастопольский государственный университет

(название высшего учебного заведения)

Институт *Морской*

Кафедра *Энергоустановки морских судов и сооружений*

Дисциплина *Судовые двигатели внутреннего сгорания*

Специальность *Эксплуатация судовых энергетических установок*

Курс_____ **Группа**_____ **Семестр**_____

ЗАДАНИЕ

На курсовой проект студента

(фамилия, имя, отчество)

1. Тема проекта *Проектирование судового ДВС и его эксплуатация*

2. Срок сдачи студентом законченного проекта

3. Исходные данные к проекту *Марка*

N_e= *кВт*

n= *об/мин*

Варианты заданий при выполнении эксплуатационных разделов выбираются из приложения по двум последним цифрам зачетной книжки

4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработки вопросов)

Описание конструкции дизеля. Расчет рабочего процесса с применением ЭВМ. Динамический расчет с построением диаграмм рабочего процесса и действующих сил. Поверочный расчет коленчатого вала на прочность. Определение режима работы подшипника. Разработка последовательности действий при техническом использовании дизеля. Анализ влияния эксплуатационных факторов на работу дизеля, выявление причин возникновения и описание способа устранения неисправностей и отказов

5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Поперечный разрез дизеля (формат А1)

6. Дата выдачи задания

Студент _____ _____

(подпись) (фамилия, имя, отчество)

Руководитель _____ _____

(подпись) (фамилия, имя, отчество)

«_____»_____202 ___г.

У ч е б н о е и з д а н и е

Гоголев Геннадий Вениаминович
Очеретяный Владимир Анатольевич

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Учебное пособие

В авторской редакции

Изд. № 13/2024. Объем 6,5 п.л. Усл. печ. л. 6,04. Уч.-изд. л. 6,37.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»