МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Санкт-Петербургский институт машиностроения (ЛМЗ-ВТУЗ)

Л.В. Ефремов

Курсовое проектирование по дисциплине «Техническая эксплуатация и надежность промышленного оборудования»

Общая часть

Утверждено Ученым советом ЛМЗ-ВТУЗ в качестве учебного пособия для специальности 150302 «Триботехника»

Санкт-Петербург

2007

УДК 629.12
ББ 39.45
Е92
Ефремов Л.В. Курсовое проектирование по дисциплине «Техническая эксплуатация и надежность промышленного оборудования» Учеб. пособие для спец. 150302 «Триботехника». — СПб.: Изд-во ПИМАШ, 2007. - 93 с.

Учебное пособие содержит методические указания по курсовому проектированию на тему «Моделирование и мониторинг изнашивания детали при эксплуатации машины» с использованием компьютерных программ для выполнения вероятностных расчетов. На основе вероятностных расчетов формируются или корректируются нормативы технического обслуживания и ремонта машины и разрабатываются методы и средства технической диагностики деталей машины.
Предназначено для аудиторных и домашних занятий при разработке студентами курсового проекта по дисциплине «Техническая эксплуатация и надежность промышленного оборудования»
Может быть использовано при выполнении научно-исследовательских работ студентов и аспирантов.

The manual contains the methodical instructions on course projection on a theme " Simulation and monitoring of wear process of a detail at operation of the machine " with usage of the computer programs for realization of probability accounts. On the basis of probability accounts are formed or the specifications of maintenance service and repair of the machine are corrected and the methods and tools of engineering diagnostics of details of the machine are developed.
Is intended for аудиторных and home occupations by development by the students of the course project on discipline " Engineering operation and reliability of industrial equipment "
Can be used at realization of research projects of the students and post-graduate students.

Ил. 29, табл. 25, список лит. — 4 названия.

Рецензенты:
В.М. Мусалимов, д-р техн. наук, профессор кафедры Мехатроники СПб ГТУИТМО,
Ю.А. Фадин д-р техн. наук, зав. лабораторией Микромеханики трения и износа ИПМ РАН

(С) **Л.В**. **Ефремов**
(С) **Санкт-Петербургский институт машиностроения, 2007**

Леонид Владимирович Ефремов
Курсовое проектирование по дисциплине «Техническая эксплуатация и надежность промышленного оборудования»

ISBN 502025134-2

Предисловие

Основной задачей подготовки студентов по специальности 071200 – «Триботехника» является освоение ими методов повышения надежности и износостойкости узлов трения машин и механизмов. Учебным планом по специальности 071200 предусмотрено изучение ряда дисциплин, направленных на решение этой задачи в процессе проектирования и изготовления машин.

Между тем долговечность деталей в значительной мере зависит и от условий и качества эксплуатации, технического обслуживания и ремонта техники (ТОР). Этим и обусловлена актуальность включения (начиная с 2007-2008 уч. года) в учебный план специальности новой дисциплины «Техническая эксплуатация и надежность промышленного оборудования», в которой излагаются методы нормирования систем ТОР машин и диагностики фактического состояния узлов трения с учетом вероятностной природы деградационных процессов.

При разработке рабочей программы по этой дисциплине представилось целесообразным предусмотреть курсовое проектирование на тему «Моделирование и мониторинг изнашивания детали при эксплуатации машины», содержание которого позволит студентам на практике освоить методы вероятностного моделирования изнашивания деталей и обоснование на этой основе нормативов планово-предупредительной системы ТОР. Для этого в пособии приводятся фрагменты программ расчета в математическом редакторе MATHCAD.

Из вероятностной природы процессов деградации состояния элементов машин следует другое эффективное направление обеспечения их надежности при одновременном сокращении затрат на ТОР. Имеется ввиду мониторинг (безразборная диагностика) процессов изнашивания машин при их эксплуатации.

Это вопрос так же рассматривается в курсовом проекте. Таким образом, курсовой проект позволяет студентам продемонстрировать свои знания и умение решать на практике главную проблему трибологии – повышение долговечности узлов трения непосредственно в условиях эксплуатации.

В данном пособии эта учебная задача решается на примере износа деталей дизельного двигателя внутреннего сгорания (далее – дизеля). В то же время методика этого пособия может быть положена в основу дипломных проектов, если в качестве объекта будет взята реальная машина с реальной деталью, а данные об их износах и условиях работы будут получены из ремонтной документации или путем непосредственных измерений.

1. Организация курсового проектирования

1.1. Тема курсового проектирования и объект исследования

Студенты разрабатывают курсовой проект на стандартную тему «Моделирование и мониторинг изнашивания детали при эксплуатации машины», в которой отражена общая цель выполнения работы. Различие заключается в выборе объектов исследования, т.е. в названии детали и машины. Объекты исследования могут быть выбраны студентом по собственной инициативе, например, при желании продолжить исследование в рамках последующего дипломного проекта.

В общем случае в качестве объекта исследования преподаватель назначает вариант сочетания «деталь – дизель», который определяется по указаниям раздела 3.2. (таблица 3.1.). Поскольку в таблице рассматриваются три типоразмера дизелей и 12 деталей, то студент может получить один из 36 вариантов объекта исследования.

После этого можно окончательно сформулировать тему курсового проекта. Например если в качестве объекта исследования выбрано поршневое кольцо дизеля NVD36, то курсовой проект будет иметь следующее название темы ««Моделирование и мониторинг изнашивания поршневого кольца при эксплуатации дизеля NVD36»

Все проекты будут отличаться не только объектом исследования, но и условиями эксплуатации машины (три варианта), случайным набором членов выборочной совокупности износов и творческим разнообразием способов повышения долговечности узла трения.

1.2. Техническое задание

Курсовое проектирование должно выполняться студентом в соответствии с техническим заданием, типовое содержание которого дано в таблице 1.1.

1.3. Требование к оснащению аудиторий

Кроме традиционных средств (доска, мел и пр.) современная учебная аудитория для проведения практических занятий по курсовому проектированию должна быть оснащена персональными компьютерами из расчета один компьютер на 2-3 студента (или 4-5 компьютера на группу).

Учитывая степень сложности задач в курсовом проекте к компьютерам предъявляются следующие требования (не менее).

- Тип Pentium/Celeron процессор, 1200 MHz или выше;
- Система Windows XP;
- Оперативная память 256 МБ ;
- Жесткий диск 40 ГБ ;
- Вход в интернет через Internet Explorer 6;
- Дисковод DVD (для чтения и записи);

- Дисковод гибких дисков 3,5”;
- Входы USB – не менее 3 ;
- SVGA или более высокая графическая плата и монитор;
- Мышь;
- Принтер струйный (общий для сети из ПК);
- Сканер (общий для сети из ПК.

1.4. Требование к системному компьютерному обеспечению

Для разработки и оформления курсового проекта на каждом компьютере должна быть установлена система для доступа к следующим лицензионным ресурсам :

- комплект офисных программ Microsoft Office, включая Microsoft Office Excel и Microsoft Office Word;
- программа Adobe Acrobat для чтения файлов с расширением PDF;
- пакет программ CorelDRAW Graphics Suite для выполнения всех графических работ;
- математический редактор MATHCAD с номером версии не менее 11 (только англоязычная версия).

1.5. Методическое обеспечение курсового проектирования

До выхода в свет необходимого количества печатных изданий методического обеспечения для работы по курсовому проектированию студенты могут использовать фрагменты (копии и распечатки) электронного издания материалов на компакт диске (CD-R):

Ефремов Л.В. Техническая эксплуатация и надёжность промышленного оборудования. Комплекс учебно-методических материалов Электронное издание. СПб.: ЛМЗ-ВТУЗ, 2007.

Это электронное издание должно содержать следующие материалы:

1.5.1. Полная презентация лекционных занятий по курсу в редакторе Office PowerPoint, оснащенную гиперссылками со всеми электронными версиями учебных пособий и литературы, размещенными на диске.

1.5.2. Электронные копии учебных пособий и литературы, созданных автором курса, а именно:

1.5.2.1. *Ефремов Л.В.* Практикум по расчетам надежности судовой техники: Учеб. пособие. — Мурманск: Мурманский государственный технический университет, 1999.— 32 с. (два варианта с расширениями doc и PDF)

1.5.2.2. *Ефремов Л.В.* Практика инженерного анализа надежности судовой техники. Л.: Судостроение, 1980. 178 с. (PDF)

1.5.2.3. *Ефремов Л.В.* Теория и практика исследований крутильных колебаний силовых установок с применением компьютерных технологий. — СПб.: Наука, 2007. 276 с. (PDF)

1.5.2.4. *Ефремов Л.В. Методы и средства* технической диагностики судовых технических средств - М., 1992. 40 с.(PDF)

1.5.2.5. *Ефремов Л.В.* Курсовое проектирование по дисциплине «Техническая эксплуатация и надёжность промышленного оборудования». Учебное пособие. СПб.: ЛМЗ-ВТУЗ, 2007 г. 50 с. (PDF).

1.5.2.6. *Ефремов Л.В.* Термины и определения по надежности. Справочное учебное пособие.- Мурманск, 1996. 20 с. (PDF)

1.5.3. Компьютерные программы расчетов в математическом редакторе MATHCAD, а именно:

1.5.3.1. 12 файлов с примерами вероятностных расчетов всех задач по учебному пособию [1.5.2.1];

1.5.3.2. Файлы с программами расчета крутильных колебаний силовых установок;

1.5.3.3. Файл с программой диагностирования демпфера крутильных колебаний;

1.5.3.4. Другие программы.

1.5.4. Требования к личным средствам обучения студентов

Для выполнения домашних заданий по курсовому проекту желательно (но не обязательно), что бы студент имел личный ПК, удовлетворяющий требованиям п. 1.3.1. и оснащенный системами по п. 1.3.2. Если это пожелание не соблюдается, то все задачи студент выполняет в учебной аудитории по регламенту, согласованному с кафедрой.

К обязательным средствам, которыми должен располагать студент, относятся инженерный калькулятор и электронные накопители информации Flash Drive, объемом не менее 256 МБ. Кроме того могут потребоваться диски СД-РОМ и гибкие дискеты 3,5”.

Требуемые канцелярские товары: тетради в клетку, шариковая ручка, линейка, карандаши и т.п..

1.6. Отчетная документация и аттестация

Курсовой проект оформляется в виде файла на личном флешнакопителе (с разъемом USB), дискете или СД-РОМ (записывающего типа RW). В процессе работы преподаватель контролирует работу на мониторе ПК. Для формальной отчетности в каждом курсовой проект должны быть включены распечатанные на листе формата А4 титульный лист, техническое задание и аннотация.

Аттестация качества разработки курсового проекта заключается в его защите и получении зачета с оценкой.

Защита курсового проекта может выполняться на ПК через проектор в режиме научного семинара группы с приглашением других лиц.

Таблица 1-1

ЗАДАНИЕ НА КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

по дисциплине

“Техническая эксплуатация и надежность промышленного оборудования”

Студенту _____

курса _____ Группы _____Шифр _____

1 Разработать, оформить и защитить курсовой проект до _____ на тему «Моделирование и мониторинг изнашивания цилиндровой втулки при эксплуатации среднеоборотного дизеля»
2 В качестве исходных данных применить характеристики цилиндровой втулки среднеоборотного дизеля типа Д1, указанного в учебном пособии [].
3 Работу по п. 1 выполнить в соответствие со следующим содержанием

Раздел курсового проекта	Листов
Введение	1
Первый. раздел. Описание объекта исследования 1.1 Основные характеристики машины 1.2 Конструкция и условия работы узла трения 1.3 Ремонтный цикл машины и распределение ее элементов по видам ремонта	7 в т.ч. 1 3 3
Второй. раздел. Оценка долговечности узла трения машины 2.1 Исходные данные и методика исследования 2.2 Построение опытного распределения вероятностей. 2.3 Расчет параметров распределения и гамма -процентного ресурса. 2.4 Оценка соответствия ресурса узла трения параметрам ремонтного цикла машины	10 в т.ч. 4 2 3 1
Третий. раздел. Анализ методов повышения износостойкости детали Четвертый. раздел. Узловой вопрос. Мониторинг изнашивания детали при эксплуатации машины	4 10
Итого страниц (ориентировочно)	30

Пояснительная записка курсового проекта должна содержать:

A. Титульный лист
B. Аннотация
C. Оглавление (см. Выше),
D. Основной текст с указанными разделами,
E. Список использованной литературы.

Графическая часть курсового проекта должна содержать:

A. Эскиз цилиндровой втулки или дизеля
B. Схема ремонтного цикла машины и его элементов,
C. Графики опытного и теоретического распределения,
D. Иллюстрации по узловому вопросу проекта

Задание выдал профессор /Ефремов Л.В. /

Задание получил студент / /

Дата получения задания_____

Результаты аттестации каждого студента в виде оценки (по пятибалльной шкале) отражаются преподавателем на титульном листе проекта, в ведомости и зачетной книжке студента.

По завершению аттестации всех студентов группы ведомость сдается преподавателем в деканат в установленном порядке.

Файлы с защищенными курсовыми проектами (полная версия) помещаются в общую электронную папку данной группы студентов вместе с электронной версией ведомости на специальном СД-РОМ для этой группы. На том же диске помещаются результаты лабораторных работ. Так же могут быть помещены и дипломные проекты, составленные по тематике дисциплины. Ответственность за ведение указанной электронной документации несет староста группы.

2. Составление и оформление информационных частей курсового проекта

2.1. К информационным частям курсового проекта относятся титульный лист, техническое задание и аннотация. Все эти материалы оформляются в электронном виде в редакторе Microsoft Office Word и подлежат обязательной распечатки на листах формата А4 в 2 экз., один из которых остается у студента, а второй передается преподавателю.

2.2. Образец оформления титульного листа приведен на первом листе прототипа курсового проекта в разделе 6.

2.3. Образец оформления технического задания так же показан на втором листе прототипа курсового проекта в разделе 6. При этом основное внимание должно быть уделено выбору объекта исследования, обоснование которого приводиться в п. 3.2.

2.4. Аннотация обычно составляется на заключительном этапе проектирования. Объем аннотации не должен превышать 20 строк. В аннотации дается краткая информация о результатах работы по каждому из трех разделов проекта и общее заключение по выполненному исследованию.

3. Составление и оформление введения и первого раздела курсового проекта

3.1. В введении должна быть сформулирована цель курсового проекта и обоснован выбор объекта и методики исследования. Пример составления введения дан на четвертом листе прототипа курсового проекта раздела 6.

3.2. В первом разделе дается описание объекта исследования с целью формирования конкретных исходных данных для последующих расчетных процедур. Раздел состоит из трех параграфов:

Таблица

Наименование характеристик	Марка двигателя		
	8NVD-48 (6NVD-48)	8NVD-36	6NVD-24 (4NVD-24)
1. Назначение двигателя	Главный	Главный	Вспомогательный
2. Номинальная мощность, *э.л.с.*	540 (400)	300	150 (100)
при числе *об/мин*	275	360	750
3. Максимальная мощность (при работе двигателя до одного часа), *э.л.с.*	594 (440)	330	165 (110)
при числе *об/мин*	284	370	750
4. Минимальное устойчивое число оборотов	90	120	—
5. Число цилиндров	8 (6)	8	6 (4)
6. Порядок нумерации цилиндров	Со стороны маховика		
7. Порядок работы цилиндров при работе на передний ход	1—3—4—7—8—6—5—2 (1—2—3—6—5—4)	1—3—4—7—8—6—5—2	1—2—3—6—5—4 (1—3—4—2)
при работе на задний ход	1—2—5—6—8—7—4—3 (1—4—5—6—3—2)	1—2—5—6—8—7—4—3	—
8. Цилиндровая мощность, *э. л. с.*	67,5 (66,5)	37,5	25
9. Диаметр цилиндра, *мм*	320	240	175
10. Ход поршня, *мм*	480	360	240
11. Средняя скорость поршня, *м/сек*	4,4	4,32	6,0
12. Рабочий объем цилиндра, *л*	38,61	16,29	5,76
13. Литровая мощность, *э.л.с./л*	1,74	2,3	4,35
14. Давление в конце цикла сжатия, *кГ/см²*	34—40	34—40	34—40
15. Максимальное давление горения, *кГ/см²*	52—55	52—55	52—55
16. Среднее эффективное давление, *кГ/см²*	5,72 (5,65)	5,75	5,16
17. Степень сжатия	14,2	14,4	14,85
18. Газораспределение			
клапан впускной			
а) открытие до в.м.т. в градусах поворота коленчатого вала	20	20	20
б) закрытие после н.м.т. в градусах поворота коленчатого вала	40	40	40
в) продолжительность впуска в градусах поворота коленчатого вала	240	240	240
клапан выпускной			
а) открытие до н.м.т. в градусах поворота коленчатого вала	40	40	40
б) закрытие после в.м.т .в градусах поворота коленчатого вала	20	20	20
в) продолжительность выпуска в градусах поворота коленчатого вала	240	240	240

Рисунок 3.1 Характеристики дизелей

Продолжение табл.

Наименование характеристик	Марка двигателя		
	8NVD-48 (6NVD-48)	8NVD-36	6NVD-26 (4NVD-24)
Зазоры между коромыслами и штоками впускного и выпускного клапанов, *мм*			
а) для горячего двигателя . .	0,4—0,5	0,4—0,5	0,3—0,4
б) для холодного двигателя . .	0,5—0,6	0,5	0,4
Пусковой клапан			
а) открытие до в.м.т. в градусах поворота коленчатого вала .	5	5	10*
б) закрытие до н.м.т. в градусах поворота коленчатого вала .	45	45	70*
19. Топливная система			
а) марка топлива	Дизельное автотракторное ГОСТ 305—62 Дизельное ГОСТ 4749—49 Соляровое масло ГОСТ 1666—51		—
б) удельный расход топлива, *г/э.л.с.·ч*	175±10%**	175±10%**	180±10%
в) топливный фильтр	Сдвоенный сетчатый		Сдвоенный фетровый
г) топливный насос			
тип насоса	Индивидуальный плунжерный со всасывающим и нагнетательным клапанами		
число насосов	8 (6)	8	6 (4)
диаметр плунжера, *мм* . .	21	16	10
ход плунжера, *мм*	12	10	10
угол опережения подачи топлива до в.м.т. по такту сжатия по углу поворота коленчатого вала, *град* . .	21—23	21—23	21—23
опережение подачи топлива по ходу плунжера топливного насоса при положении поршня в в.м.т., *мм* . . .	1,7—2,1	1,4—1,8	3
д) регулятор числа оборотов .	Механический центробежный всережимный		Механический центробежный однорежимный (в дизель-генераторном агрегате)
е) форсунка			
тип форсунки	Закрытая со щелевым фильтром		
давление подъема иглы при впрыске топлива, *кГ/см²* .	280—300	280	280

Рисунок 3.2 Характеристики дизелей (продолжение рис. 3-1)

Продолжение табл.

Наименование характеристик	Марка двигателя		
	8*NVD*-48 (6*NVD*-48)	8*NVD*-36	6*NVD*-24 (4*NVD*-24)
число отверстий в распылителе	8	6	6
диаметр отверстий, *мм*	0,35	0,3	0,25
величина подъема иглы, *мм*	0,5	0,5	0,6
угол распыливания топлива, *град*	130	130	120***
20. Система смазки			
а) тип смазки	Циркуляционная под давлением		
б) марка масла	Дизельное Д-11 или Дп-11 по ГОСТу 5304—54		
	Моторное Т ГОСТ 1519—42		—
в) число насосов основных	Один двухсекционный (одна секция откачивающая, другая нагнетающая)		Один односекционный
резервных с приводом от электромотора	Один двухсекционный (одна секция откачивающая, другая нагнетающая)		—
г) тип масляного насоса	Шестеренчатый	Шестеренчатый	Шестеренчатый
д) давление масла при эксплуатационных режимах после масляного фильтра, *кГ/см²*	1,5—2,0	1,2—1,5	1,0—1,4
е) давление масла на минимальных устойчивых оборотах, *кГ/см²*, не менее	0,5	0,5	0,5
ж) температура масла перед маслоохладителем, °С, не более	60	60	60
з) производительность масляного насоса основного и резервного, *л/мин*			
откачивающей секции	135	60	—
нагнетающей секции	108	45	24 (16)
и) расход масла при номинальной мощности, *г/э.л.с.·ч.*	2,5	2,7	2,2
к) масляный фильтр	Сдвоенный сетчатый		Щелевой односекционный
л) масляный холодильник	Пластинчатый четырехсекционный	Пластинчатый двухсекционный	Пластинчатый односекционный

Рисунок 3.3 Характеристики дизелей (продолжение рис. 3-2)

Продолжение табл.

Наименование характеристик	Марка двигателя		
	8*NVD*-48 (6*NVD*-48)	8*NVD*-36	6*NVD*-24 (4*NVD*-24)
м) количество масла в картере двигателя, *л*			
наибольшее	350 (265)	210	50 (31)
наименьшее	160 (125)	125	23 (15)
н) давление регулировки предохранительного клапана на масляном насосе, *кГ/см²*	8—10	8—10	5—7
21. Система охлаждения			
а) тип охлаждения	Проточное забортной водой для двигателей выпуска до 1957 г. Циркуляционное пресной водой для двигателей выпуска после 1957 г.	Проточное забортной водой. Циркуляционное пресной водой	
б) насос охлаждающей воды системы проточного охлаждения	Поршневой		
производительность насоса, *м³/ч*	12,7	7,5	4,4 (3,1)
при числе двойных ходов в минуту	275	360	476
системы циркуляционного охлаждения	Центробежный, навешенный на двигатель		Центробежный автономный
производительность насоса, *м³/ч*	26 (20)	20	16
при числе оборотов в минуту	1470	2000	2850
температура воды, °С, выходящей из двигателя (охлаждение проточное)	50	50	50
входящей в двигатель (охлаждение циркуляционное)	50—60	50—60	50—60
выходящей из двигателя (охлаждение циркуляционное)	70—80	70—80	70—80
22. Система пуска			
а) тип системы пуска	Сжатым воздухом		
б) давление пускового воздуха, *кГ/см²*			
наибольшее	30	30	30
наименьшее	8,5	10	12

Рисунок 3.4 Характеристики дизелей (продолжение рис. 3-3)

Продолжение табл.

Наименование характеристик	Марка двигателя		
	8NVD-48 (6NVD-48)	8NVD-36	6NVD-24 (4NVD-24)
в) компрессор			
тип компрессора	Двухступенчатый, поршневой, навешенный на двигатель		—
производительность, $м^3/ч$	21,7	12	—
при числе ходов в минуту	275	360	—
и противодавлении, $кГ/см^2$	30	30	—
диаметр поршня первой ступени, *мм*	170	120	—
диаметр поршня второй ступени, *мм*	70	40	—
ход поршня, *мм*	100	76	—
23. Габариты и вес****			
а) габариты двигателя, *мм*			
длина			
без маховика	4824 (3874)	3720	2420 (1810)
с маховиком и промежуточным валом	5344 (4394)	4105	2610 (2000)
габарит для выема неразъемного распределительного вала	3775 (2815)	2815	1660 (1070)
габарит для выема разъемного распределительного вала	1765 (1260)	1305	—
ширина	1400	1070	680
высота:			
от оси коленчатого вала до верха	2020	1600	1220
от оси коленчатого вала до низа	625	490	450 (360)
от оси коленчатого вала с учетом габарита для выема поршней	2615	2075	1510
б) вес сухого двигателя с навешенными агрегатами и маховиком, *кг*	22000 (18000)	10000	3800 (2700)

Рисунок 3.5 Характеристики дизелей (продолжение рис.3-4)

- Основные характеристики машины,
- конструкция и условия работы узла трения,
- ремонтный цикл машины и распределение ее элементов по видам ремонта.

3.3. В первом параграфе первого раздела приводняться основные параметры машины. В данном курсовом проекте ее роль выполняет один из трех дизелей, подробные сведения о которых даны на копиях таблиц из работы [], которые приведены на рис. 3-1 ….рис. 3-5. Из этих таблиц студент должен выбрать лишь основные характеристики дизеля, заданного преподавателем, и включить в текст параграфа. Кроме того дается описание потребителя энергии двигателя (генератор, гребной винт судна и пр.). Указывается характеристика работы (винтовая или нагрузочная) и условия эксплуатации (легкие, нормальные, тяжелые).

Таблица 3-1

Назначенные ресурсы и предельные износы основных элементов дизелей

Шфр	Двигатели (по ГОСТ)	NVD48			NVD36			NVD24		
	Элемент, вид износа, рисунок	R_γ, тыс.ч	ho, мм	hд, мм	R_γ, тыс.ч	ho, мм	hд, мм	R_γ, тыс.ч	ho, мм	hд, мм
1 Поршень - втулка цилиндров:										
1.1	износ зеркала цилиндров, диаметр/эллипс, рис. 3-7	24	0	2,1/0.7	16	0	1.8/0.5	12	0	0.8/0.2
1.2	износ поверхности юбки поршня, рис. 3-8	24	0	0,25	16	0	0,20	12	0	0,15
1.3	зазор между втулкой и поршнем, рис. 3-6	24	0,25	1,2	16	0,20	0.95	12	0.18	0.8
1.4	зазор в головном подшипнике, рис. 3-8	24	0,15	0,3	16	0,10	0,25	12	0,08	0,2
1.5	зазор в замке первого кольца, рис. 3-8	6	1,5	5,1	4	1,0	4.00	3	0.8	3
1.6	зазор в кепе первого кольца, рис. 3-8	6	0,06	0,6	4	0,06	0,5	3	0,06	0,25
1.7	износ по высоте первого кольца., рис. 3-8	6	0	0,4	4	0	0,35	3	0	0,3
2 Коленчатый вал - подшипники:										
2.1	износ шеек коленчатого вала, рис. 3-9	48	0	0,15	32	0	0,12	24	0	0,11
2.2	зазор в шатунных подшипниках, рис. 3-7	12	0,1	0,3	8	0,06	0,25	6	0,05	0,18
2.3	зазор в рамовых подшипниках. рис. 3-9	12	0,1	0,25	8	0,1	0,22	6	0,05	0,16
3 Крышка цилиндров - клапана										
3.1	зазор между штоком и втулкой рис. 3-12	12	0,1	0,3	8	0,05	0,25	6	0,045	0,22
3.2	износ тарелки клапана. рис. 3-12	12	4	2	8	3	2	6	2,5	2
4 Распредвал и привод газораспределения:										
4.1	зазор в подшипниках вала рис. 3-11	24	0,1	0,27	16	0,08	0,20	12	0,03	0,15
4.2	зазор у коромысла клапанов, рис. 3-10	6	0,07	0,25	4	0,05	0,18	3	0,03	0,15
4.3	зазор в зубьях шестерен привода рис. 3-11	24	0,2	0,8	16	0,2	0,6	12	0,2	0,6
4.4	износ кулачков распредвала. рис. 3-11	24	0	0,14	16	0	0,12	12	0	0,10

Таблица 3-2 Материалы основных деталей дизелей

Деталь	Двигатели		
	NVD48	NVD36	NVD24
	Остов двигателя		
Картер	Чугун, СЧ 21-40	Чугун, СЧ 21-40	Чугун. СЧ 18-36
Вкладыш упорного подшипника	Сталь 35 Баббит Б83	Сталь 35 Баббит Б83	Сталь 15 Баббит Б83
Вкладыш рамового подшипника	Сталь 35 Баббит Б83	Сталь 35 Баббит Б83	Сталь 15 Баббит Б83
Блок цилиндров	Чугун, СЧ 18-36	Чугун, СЧ 18-36	Чугун, СЧ 21-40
Втулка цилиндра	Чугун, СЧ 28-48	Чугун. СЧ 28-48	Чугун. СЧ 24-44
Шпилька крышки цилиндра	Сталь 35У	Сталь 35У	Сталь 35У
Крышка цилиндра	Чугун. СЧ 21-40	Чугун. СЧ 21-40	Чугун. СЧ 28-48
	Кривошипно-шатунный механизм		
Коленчатый вал	Сталь 40Х	Сталь 40Х	Сталь 40
Поршень	Чугун. СЧ 28-48	Чугун. СЧ 28-48	Чугун. СЧ 24-44
Палец поршня	Сталь 20Х	Сталь 12ХН3А	Сталь 12ХН3А
Кольца поршневые	Чугун. СЧ 24-44	Чугун. СЧ 24-44	Чугун. СЧ 24-44
Стержень шатуна	Сталь 35У	Сталь 35У	Сталь 35У
Головка мотылевая	Сталь 45У	Сталь 35У	Сталь 35У
Болт шатуна	Сталь 20ХН3А	Сталь 20ХН3А	Сталь 20ХН3А
Гайка болта шатуна	Сталь 40Х	Сталь 45	Сталь 45
Втулка верхней головки шатуна	Бронза БрС30	Бронза Бр0Ф10-1	Бронза Бр0Ф10-1
Вкладыш мотылевого подшипника	Баббит Б83 Заливка в нижнюю головку шатуна	Баббит Б83 Сталь 15	Баббит Б83 Сталь 15
	Механизм газораспределения		
Вал распределительный	Сталь 50Г	Сталь 50Г	Сталь 45
Шайбы кулачковые	Сталь 12ХН3А	Сталь 12ХН3А	Сталь 20ХН
Ролики толкателей	Сталь 20ХН	Сталь 20ХН	Сталь 20ХН
Коромысло	Сталь 20	Сталь 20	Сталь 20Л
Клапана впускные и выпускные	Сталь С9Х2	Сталь 40ХН	Сталь 40ХН
Пружина клапана	Сталь 50ХФА	Сталь 50ХФА	Сталь 50ХФ
Клапан пусковой	Сталь40ХН	Сталь40ХН	Сталь 3Х13
	Топливный насос и форсунка		
Ролик толкателя	Сталь 20Х	Сталь 20Х	Сталь 20Х
Плунжерная пара	Сталь ХВГ	Сталь ХВГ	Сталь ХВГ
Пружина толкателя	Сталь 50ХФА	Сталь 50ХФА	Сталь 50ХФ
Клапана	Сталь ХВГ	Сталь ХВГ	Сталь ХВГ
Пружина клапана	Сталь 50ХФА	Сталь 50ХФА	Сталь 50ХФ
Детали форсунки	Сталь ХВГ	Сталь ХВГ	Сталь ХВГ

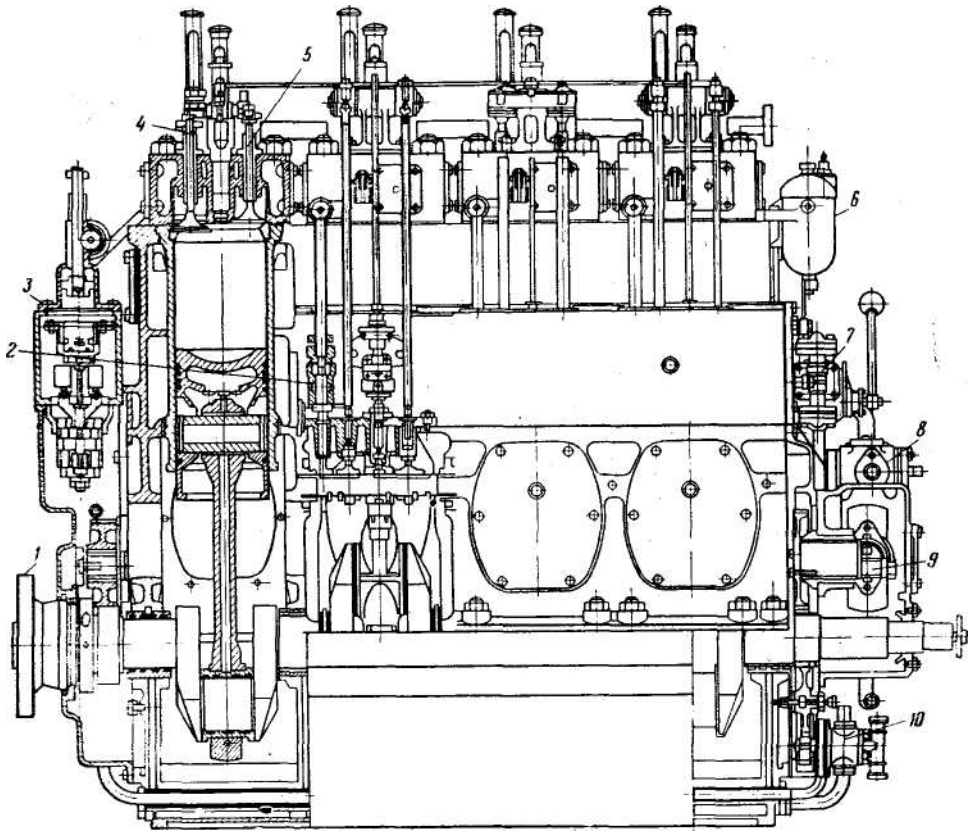


Рисунок 3.6. Основные элементы продольного разреза двигателя
1 — выходной фланец коленчатого вала, 2 — воздушный пусковой распределительный золотник, 3 — регулятор числа оборотов, 4 — выпускной клапан, 5 — впускной клапан, 6 — топливный фильтр. 7 — ручной масло прокачивающей насос, 8 — насос для подачи охлаждающей воды, 9 —привод насоса для подачи охлаждающей воды, 10 — масляный насос.

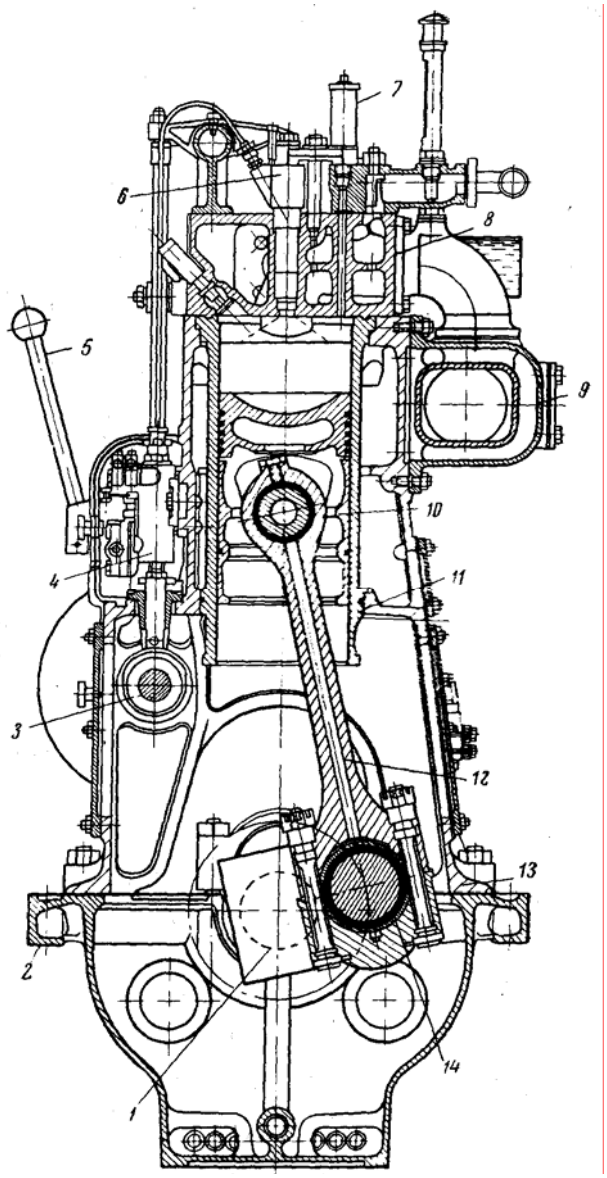


Рисунок 3.7.Основные элементы поперечного разреза двигателя
1 — кривошип коленчатого вала, 2 — фундаментная рама двигателя, 3.— кулачковый вал, 4 — топливный насос, 5 — пусковая рукоятка, 6 — форсунка, 7 — предохранительный клапан, 8 — цилиндровая крышка, 9 — выхлопной коллектор, 10 — поршень, 11 — втулка цилиндра, 12 — шатун, 13 — блок цилиндров, 14 — мотылевая шейка коленчатого вала

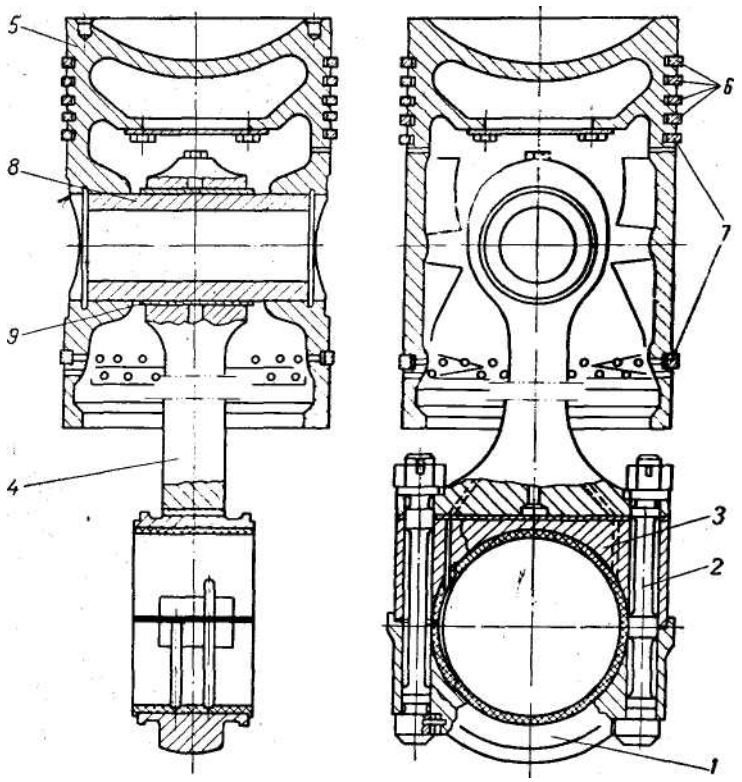


Рисунок 3.8 Шатун (в сборе с поршнем) двигателей

I — нижняя крышка, *2* — шатунный болт, *3* — верхняя крышка, *4* — стержень шатуна, 5 — поршень, *6* — компрессионные кольца, *7* — маслосъёмные кольца, *8* — поршневой палец, *9* — втулка верхней головки шатуна.

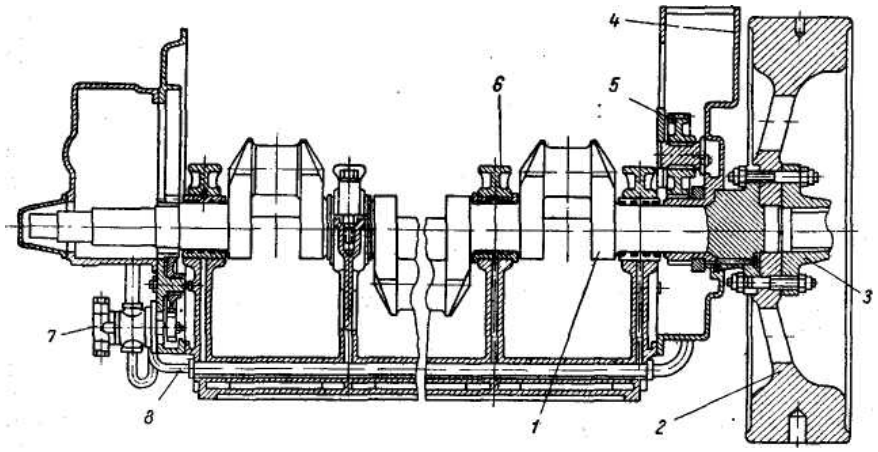


Рисунок 3.9 Коленчатый вал двигателей

J — коленчатый вал, 2 — маховик, 3 — фланец вала генератора, 4 — корпус регулятора, 5 — шестерня привода кулачкового вала, 6 — верхняя крышка рамового подшипника, 7 — масляный насос, S — всасывающая труба масляного насоса.

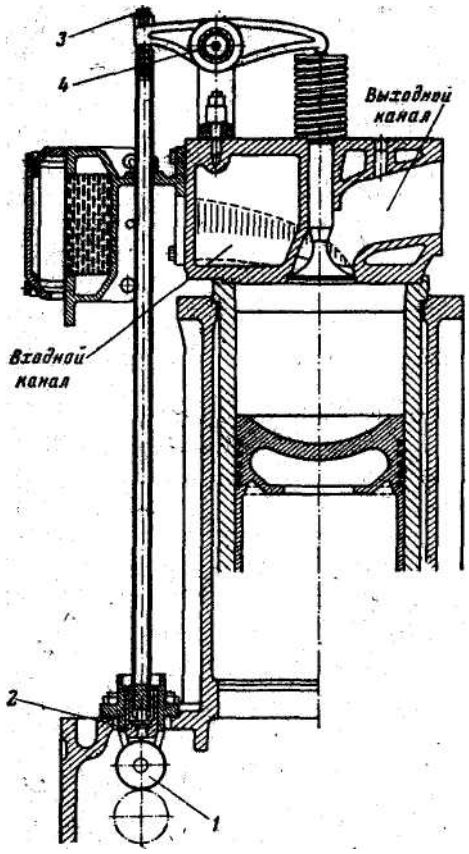


Рисунок 3.10 Привод клапанов:
I — ролик, 2 — толкатель штанги, 8 — регулировочный винт, 4 — рычаг.

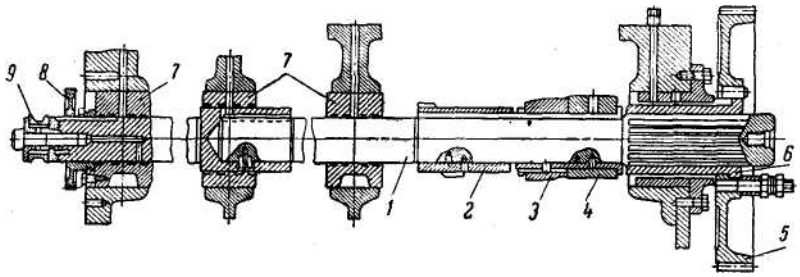


Рисунок 3.11 Распределительный вал двигателей
1 — распределительный вал, *2* — кулачная шайба впускного и выпускного клапанов, *3* — кулачная шайба пускового клапана, *4* — кулачная шайба топливного насоса, *5* — шестерня привода распределительного вала, *6* — втулка, 7 — подшипники, *8* — шестерня привода тахометра, *9* — муфта.

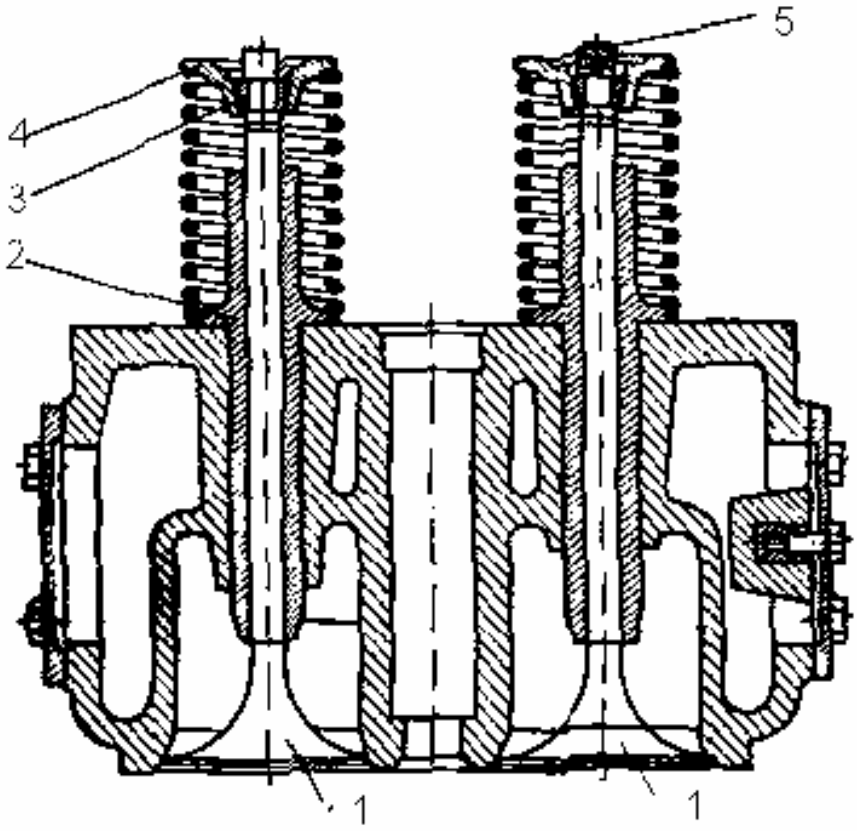


Рисунок 3.12 Крышка цилиндра двигателей в сборе
1 — выпускной и впускной клапана, 2 — направляющая втулка клапана, 3 — сухарь, 4— верхняя тарелка пружины клапана, 5 — колпачок штока клапана.

Пример оформления первого параграфа первого раздела проекта дан в разделе П2-1 прототипа в главе 6.

3.4. Во втором параграфе первого раздела дается описание конструкции и условий работы детали, которая так же назначается преподавателем по таблице 3-1.

По таблице 3-2 студент может найти эскиз детали из перечня рисунков, которые изображены на рис. 3-6…рис. 3.12., а так же установить требуемый ресурс R_γ и нормы износов для этой детали. Это позволит затем определить вид ремонта в котором эта деталь должна впервые пройти контроль технического состояния.

Таким образом формируется база некоторых исходных данных, которая необходима для анализа долговечности во второй части курсового проекта. Из табл. 3-2 студент может получить информацию о материалах детали, которая пригодиться для анализа мероприятий повышения надежности детали в третьем разделе курсового проекта.

3.5. Третий параграф первого раздела посвящен составлению ремонтного цикла дизеля с распределением его основных элементов по видам ремонта.

Для решения этой проблемы может быть применена табл. 3-3, где показаны наработки между основными видами ТОР рассматриваемых дизелей, основные детали и глубина разборки дизеля при каждом виде ремонта.

Таблица 3-3

Периодичность ТОР для дизелей			Виды ТОР	Основные диагностируемые узлы	Глубина разборки дизеля
NVD48	NVD36	NVD24			
3	2	1.5	То	Топливная аппаратура, внешние органы газораспределения, фильтры и пр.	Только внешние детали без разборки корпуса
6	4	3	ТО	То + Поршневые кольца, органы газораспределения	ТО1+снятие крышек цилиндров без разборки, подъем поршней без разборки шатунов
12	8	6	ТР	ТО2 + детали крышки цилиндров, рамовые и мотылевые подшипники, детали турбокомпрессора	ТО2+ разборка крышки цилиндров, выкатывание подшипников, топливные насосы, демонтаж и разборка турбокомпрессора
24	16	12	СР	ТР + цилиндровые втулки, поршни и шатуны, распредвал, зубчатые зацепления	ТР + выпрессовка цилиндровых втулок, разборка узлов поршень-шатун и распредвал
48	32	24	КР	СР + коленчатый вал, блок цилиндров и рама, все системы	СР + полная разборка дизеля с демонтажем блока и выемом коленчатого вала

Обозначения: То – малое техническое обслуживание, ТО – малый текущий ремонт (техническое обслуживание с кратковременным выводом из работы), ТР – текущий ремонт, СР – средний ремонт, КР – капитальный ремонт.

Пример графического изображения ремонтного цикла показан в главе 6 (прототип курсового проекта) на рис. П 1-1.

Под ремонтным циклом машины понимается совокупность всех видов плановых ремонтов и ТО, которые выполняются с заданной периодичностью друг за другом с начала эксплуатации до начала капитального ремонта. Продолжительность ремонтного цикла равна продолжительности эксплуатации машины до капитального ремонта $T_к$.

Оценка ремонтного цикла

Ввод исходных данных Ремонтный цикл $T_к := 48$ тыс. ч.

Относительная норма времени ремонта (во сколько раз время капитального ремонта меньше его периодичности $\eta := 10$

Виды ремонта $k := 4$ $j := 1 .. k$

Продолжительность капитального ремонта $\tau_к(\eta) := \frac{T_к}{\eta}$

Ввести количество ремонтов (по коду)

$n_j :=$

1
1
2
4

$\tau_к(\eta) = 4.8$

По введенным выше исходным данным вычисляется периодичность T_j и прдолжительност ремонтов τ_j

$$T_j := \frac{T_к}{\sum_{j=1}^{j} n_j}$$

$$\tau(\eta, j) := \begin{cases} \tau_к(\eta) & \text{if } j = 1 \\ \frac{\tau_к(\eta)}{2 \cdot n_j} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$T_j =$

48
24
12
6

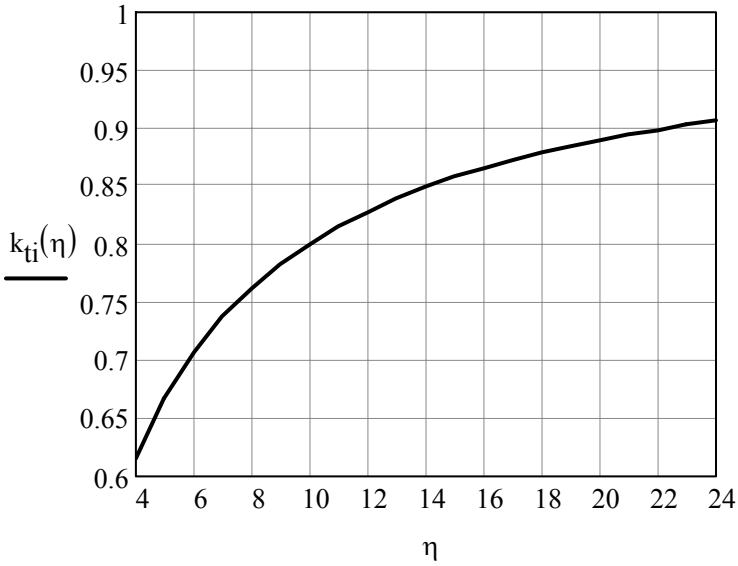
$\tau(\eta, j) =$

4.8
2.4
1.2
0.6

Тогда коэффицент технического использования Кти определяется по формуле

$$k_{ti}(\eta) := \frac{T_к}{T_к + \sum_{j=1}^{k} \left(n_j \cdot \tau(\eta, j)\right)}$$

$k_{ti}(\eta) = 0.8$



Для рассматриваемого кода ремонтного цикла и величины η Кти можно оценить по этому графику

Фрагмент 3-1

К основным показателям ремонтного цикла относятся: количество ремонтов каждого *j*-го вида Z_j, периодичность выполнения работ для ремонта каждого вида T_j (тыс. ч.) и их количество n_j в ремонтом цикле.

Кроме того могут применяться такие показатели как продолжительность τ_j (тыс. ч.) и трудоемкость W_j (тыс. чел. ч.) ремонта каждого вида.

Ремонтный цикл характеризуется кодом РЦ, который в нашем случае состоит из четырех однозначных чисел, например – 1124. Первая и вторая цифра 1 означает количество капитальных и средних ремонтов в цикле, третья цифра 2 – означает количество текущих ремонтов, а четвертая цифра 4 – количество малых текущих ремонтов (ТО с выводом из работы).

Основным комплексным показателем ремонтного цикла является коэффициент технического использования машины, определяемый по формуле

$$K_{mu} = \frac{T_k}{T_k + \sum_{j=1}^{k} n_j \tau_j} \qquad (3\text{-}1)$$

На фрагменте 3-1 приведена программа расчета этого показателя в редакторе MATHCAD с учетом относительной нормы времени ремонта, равной отношению продолжительности ремонтного цикла к продолжительности капитального ремонта η. Для оперативной оценки $К_{mu}$ для данного кода ремонтного цикла в нижней части фрагмента автоматически построен график этой функции.

Основным вопросом при анализе ремонтного цикла является определение вида ремонта в котором исследуемая деталь должна впервые проходить дефектацию при заданной глубине разборки дизеля.

4. Составление и оформление второго раздела курсового проекта

4.1. Второй раздел является основным разделом курсового проекта, в котором выполнятся оценка долговечности заданной детали узла трения машины. Эта проблема решается в курсовом проекте с учетом вероятностной природы процесса изнашивания поверхностей узла трения.

4.2. Второй раздел содержит следующие параграфы:

4.2.1. Исходные данные и методика исследования,

4.2.2. Построение опытного распределения вероятности не достижения предельного состояния,

4.2.3. Расчет параметров теоретического распределения вероятностей и гамма- процентного ресурса,

4.2.4. Оценка соответствия ресурса детали параметрам ремонтного цикла машины

4.3. Исходные данные, необходимые для решения обозначенной проблемы, подразделяются на две группы – постоянные (проектные) и переменные (фактические).

4.3.1. К постоянным исходным данным относятся требуемый назначенный ресурс R_γ и нормы износов детали, которые были установлены в первом разделе курсового проекта:

4.3.2. К переменным исходным данным относятся выборочная совокупность фактических значений износов, которая образуются после соответствующих наработок дизелей и фиксируется в ремонтных ведомостях или другой документации, например актах освидетельствования машин.

4.3.3. Поскольку такую информацию в сроки выполнения курсового проекта получить невозможно, то в учебных целях она заменяется выборкой случайных наработок от начала эксплуатации до наступления предельного износа детали с последующей оценкой износостойкости детали.Эта задача решается в редакторе MATHCAD по специальной программе генерации случайных чисел в масштабе периодичности ремонтов по ремонтному циклу. После генерации выборка случайных чисел проходит ранжирование по специальной команде сортировки в порядке увеличения членов.

4.3.4. Начальная часть такой программы показан на фрагменте 4-1. Ее продолжение дано на фрагменте 4-2, где приводиться статистическая проверка полученной ранжированной выборки на отсев крайних членов. Если указные на фрагменте условия не соблюдаются то наибольший член может быть исключен из выборки, которая при этом уменьшится на единицу.

4.3.5. На фрагменте 4-2 так же рассчитываются основные статистические характеристики выборки: математическое ожидание, дисперсия, коэффициент вариация и доверительные границы оценки среднего.

4.4. Построение опытного распределения вероятности недостижения предельного состояния осуществляется по исходным данным, определенным по методике предыдущего пункта 4.3.3.

4.4.1. Результаты построения опытного распределения вероятности иллюстрируется на примере, показанном внизу фрагмента 4-2.

В данном случае была применена методика построения опытного распределения вероятности для малой нецензурированной выборки, когда вероятность недостижения предельного состояния определяется по точкам для каждой очередной наработки t_i по формуле

$$P_i = 1 - \frac{i - 0.5}{m} \qquad (4\text{-}1)$$

Анализ износостойкости узла трения машины

*1. **Постановка задачи.***

Рассматривается один из процессов изнашивания детали какого либо узла трения машины (например втулка цилиндров дизеля). Требуется расчитать гамма-процентный ресурс этой детали, сравнить его с назначенным ресурсом двиагателя до соответствующего ремонта и на этом основании принять решение о корректировке норматива ремонта или принятия мер по изменению износостойкости детали.

2. Исходные данные

Постоянные исходные данные

На основании данных о харакеристиках машины ввести значения назначенного ресурса до ремонта $Rr := 24$, начального $Uo := 0$ и предельного износа $Uh := 2.1$

С учетом степени опасности рассматриваемого деградационного процесса, следует установить допустимую вероятность не достижения предельного состания $\gamma_д$ в зависимости от деградационного процесса (нажать нужный процесс в скрипте **Процесс**) и коэффициент качества эксплуатации (нажать нужный уровень в скрипте **качество**)

Процесс :=

- Изнашивание
- Кавитация и коррозия
- Усталость
- Замена

качество :=

- Низкое
- Нормальное
- Высокое

Переменные исходные данные

К переменным исходным данным относится выборка результатов сбора информации о наработке до отказа (или до достижения предельного износа)

В рамках учебной задачи эту выборку образуем с помощью генератора случайных чисел.

Для этого следует ввести параметры:

объем выборки $mw := 30$, показатель $ss := 3$

В результате получаем ранжированную нецензурированную выборку наработок до наступления прелельных износов (см. табл. 1 и рис..1), а так же допустимую вероятноть недостижения предельного состояния (ВНПС) $\gamma_д = 0.8$

Таблица 1

	1
1	8.422
2	8.803
3	11.428
4	14.561
5	15.174
6	17.262
7	19.47
8	21.354
9	24.19
10	25.377
11	25.792
12	27.835

Примечание - в приведнной таблице показаны только 12 первых строк вектора

$t =$

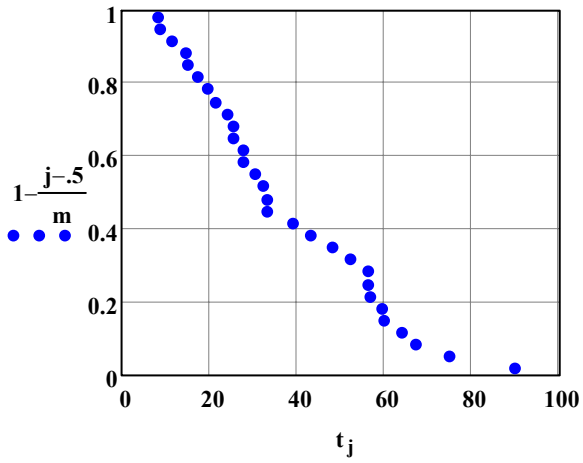


рис.1

Фрагмент 4-1

3. Решение задачи (основные результаты)

3.1. Проверка выборки на отсев крайних члкенов

Выборка= "отсева нет" Принятый объем выборки **m1 = 30**

2.2. Расчет статистических моментов выборки

Размах выборки от $t_1 = 8.422$ до $t_{m1} = 89.628$

Матожидание **ts = 38.145**

Среднеквадратичное отклонение **CK = 21.376**

Коэффицент вариации **KV1 = 0.56**

Коэффицент Стьюдента **Kst = 1.055**

Нижняя и верхняя доверительная граница $ДГ_1 = 34.029$ $ДГ_2 = 42.261$

3.3. Построение эмпирического распределения вероятности для малой выборки

Таблица 2

M1 =

1	8.422	0.983	0.983
2	8.803	0.95	0.95
3	11.428	0.917	0.917
4	14.561	0.883	0.883
5	15.174	0.85	0.85
6	17.262	0.817	0.817
7	19.47	0.783	0.783
8	21.354	0.75	0.75
9	24.19	0.717	0.717
10	25.377	0.683	0.683
11	25.792	0.65	0.65
12	27.835	0.617	0.617

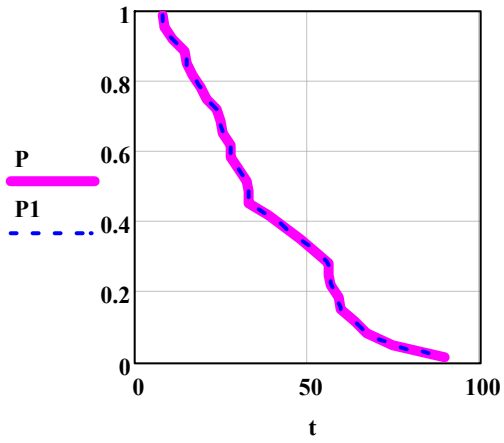


Рис.2

Примечание - в приведнной таблице показаны только 12 первых строк иатрицы из **m1 = 30**

3.4. Определение гамма-процентного ресурса

Ограничимся рассмотрением только распределением Вейбулла
Применяем два альтернативных метода - метод моментов (ММ) и метод наименьших квадратов (МНК).

Фрагмент 4-2

а. Метод моментов

Метод основан на зависимостях параметра формы **b** и параметра масштаба **a** распределения Вейбула от математического ожидания **ts** и коэффицента вариации **V** выборки, определенных в разделе 3. 2. . Получены следующие результаты

Параметр формы **b = 1.851** Параметр масшатаба **a = 42.947** Коэффициент **Kb = 0.887**

Вероятность недостижения предельного состояния

$$Pv1(t) := \exp\left[-\left(\frac{t}{a}\right)^{b}\right]$$

Pv1(15) = 0.867

Интенсивность отказов

$$\lambda v1(t) := \frac{b}{a}\cdot\left(\frac{t}{a}\right)^{bv1-1}$$

Плотность вероятности

$$fv1(t) := Pv1(t)\cdot\lambda v1(t)$$

Гамма - процентный ресурс

$$RV1(\gamma) := a\cdot\ln\left(\frac{1}{\gamma}\right)^{\frac{1}{b}}$$

RV1(γд) = 19.103

б. Метод наименьших квадратов

Метод основан на решении корреляционного уравнения м помощью МНК по данным об эмпирическом распределении (табл. 2). Получены следующие результаты

Коэффицент корреляции связи **rv = –0.984** **связь = "высокая"**

Параметр формы **bv = 1.934** Матожидание **Rvs = 38.063**

Параметр масштаба **av = 42.917** Коэффицент вариации **Vv = 0.539**

Коэффицент **Kb = 0.887**

Функции распределения Вейбулла (второй вариант)

Вероятность недостижения предельного состояния

$$PV(t) := \exp\left[-\left(\frac{t}{av}\right)^{bv}\right]$$

PV(15) = 0.877

Интенсивность отказов

$$\lambda V(t) := \frac{bv}{av}\cdot\left(\frac{t}{av}\right)^{bv-1}$$

Плотность вероятности

$$fV(t) := PV(t)\cdot\lambda V(t)$$

Гамма - процентный ресурс

$$RV(\gamma) := av\cdot\ln\left(\frac{1}{\gamma}\right)^{\frac{1}{bv}}$$

RV(γд) = 19.76

Фрагмент 4-3

Это наиболее простой случай построения опытного распределения. К более сложным методам решения этой задачи относятся построения опытного распределения для цензурированных малых и больших выборок, которые здесь не рассматриваются.

В отличие от построения для малых выборок опытные распределения и гистограммы для больших выборок строятся не по точкам, а по интервалам, на которые первоначально разбивается ось времени. Этот методика и программы для нее имеются в работе [1.5.2.1] и могут быть применены студентами в рамках курсового проекта как элемент научно-исследовательской работы.

4.5. Расчет параметров теоретического распределения вероятностей и гамма- процентного ресурса выполняется в следующем (третьем) параграфе курсового проекта. При этом предлагается применить два метода решения этой задачи: метод моментов (ММ) и метод наименьших квадратов (МНК).

4.5.1. Метод моментов основан на том, что параметры масштаба ***a*** и формы ***b*** наиболее популярных двухпараметрических законов распределения (нормального, логнормального, Вейбулла и др.) имеют однозначную связь с двумя первыми моментами выборки – матожиданием (средней величиной) t_{cp} и коэффициентом вариации ***V.*** Эти параметры были рассчитываются по указаниям п.4.3.4.

4.5.2. В курсовом проекте рассматривается только один закон – закон распределения Вейбулла, который обладает наилучшими аппроксимирующими свойствами.

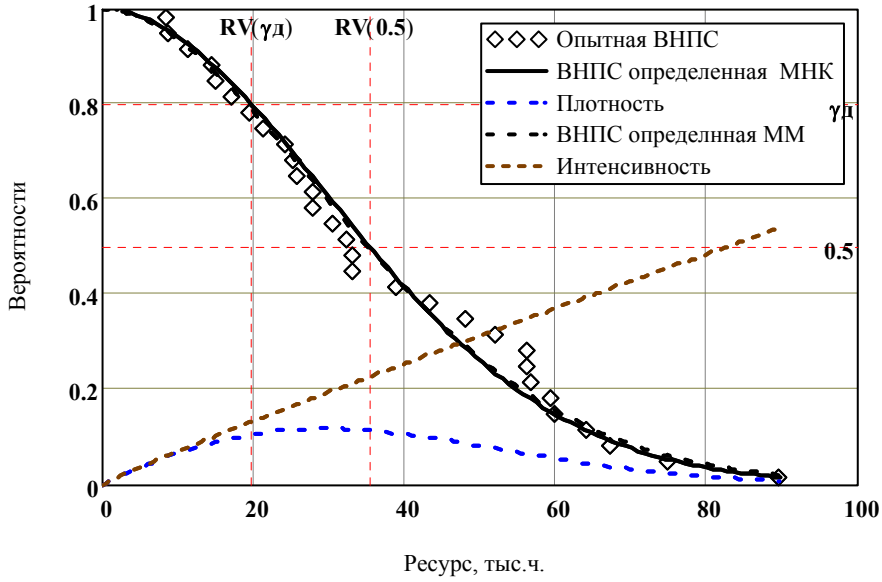
В этом случае указанная взаимосвязь параметров осуществляется через гамму – функцию (фрагмент 4-3).

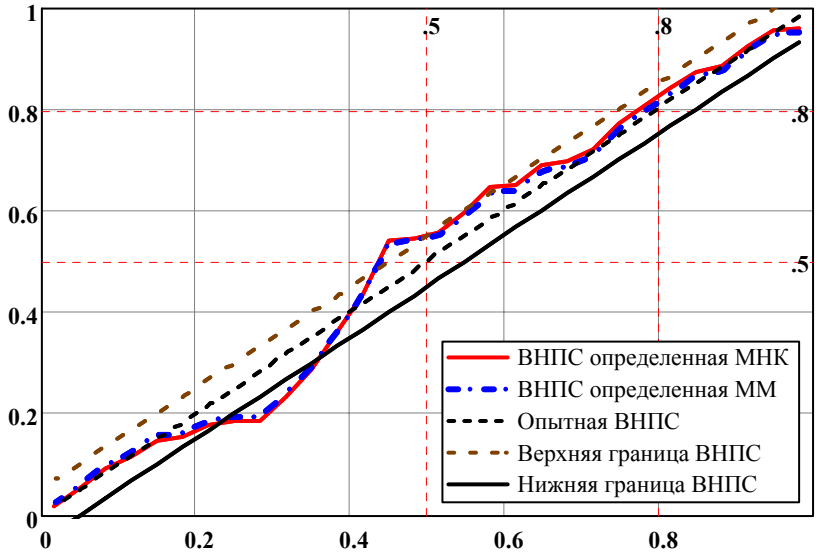
4.5.3. На фрагменте 4-3 показано два способа оценки вероятности недостижения предельного состояния и гамма- процентного ресурса – методом моментов и методом наименьших квадратов МНК.

4.6. Метод наименьших квадратов МНК заключается в расчете параметров масштаба ***a*** и формы ***b*** двухпараметрического закона распределения (в данном случае - закона Вейбулла) путем корреляционного анализа зависимости между функциями эмпирического распределения вероятности недостижения предельного состояния ВНПС и наработки до НПС.

4.7. Согласно работе [1.5.2.1] для закона Вейбулла применяется следующая анаморфоза

$$X_i = \ln\left(t_i\right) \quad u \quad Y_i = \ln\left(1/\ln\left(1/P_i\right)\right) \tag{4-2}$$





ИТОГИ

Итог1 =

"Метод"	"b"	"a"	"Korr"	"Sred"	"Var"	"фи"	"Rгамм"	"Сгамм"	"Cdp"
"МНК"	1.93	42.92	0.99	38.06	0.54	0.28	19.76	9.41	11.43
"ММ"	1.85	42.95	0.99	38.15	0.56	0.29	19.1	9.1	11.43

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заключение = "Уменьшить ресурс или повысить стойкость"

Фрагмент 4-4

4.7.1. Корреляционный анализ с применением МНК начинается с проверки согласия опытного и теоретического распределения по абсолютной величине коэффициента корреляции. В данном случае согласие оценено с высокой оценкой.
4.7.2. На фрагменте 4-4 показаны графические результаты расчета и оценки согласия параметров распределения и их функций с применением ММ и МНК. Эти графики показывают удовлетворительное совпадение двух вариантов расчета вероятностных показателей.
4.8. Завершающим этапом исследований во втором разделе курсового проекта является оценка соответствия ресурса детали параметрам ремонтного цикла машины.
4.8.1. Эта задача решается путем сравнения фактической расчетной износостойкости детали со значением износостойкости, которая требуется для безотказной работы детали в межремонтный период.
4.8.2. Результаты определения и оценки износостойкости дана на фрагменте 4-4.
4.8.3. Таким образом завершается определение всех параметров, характеризующих долговечность рассматриваемой детали и определенных двумя методами – ММ и МНК. Эти результаты автоматически отражаются в итоговой таблице « Итог1» по программе, которая на фрагменте скрыта специальным способом с помощью команды «область».
4.8.4. Эта таблица во первых позволяет убедиться в приемлемой достоверности расчетов и в хорошем согласии эмпирических и расчетных распределений. Во вторых по таблице можно судить о степени соответствия долговечности исследуемой детали заданной системе ППР, которая характеризуется требуемой износостойкостью Cd.
4.8.5. Фрагмент 4-4 с оценкой долговечности детали завершается логической программой проверки диапазона величин, в который попадает расчетное значение износостойкости. На этом основании программа дает автоматическое заключение об изменении норматива назначенного ресурса.
4.8.6. В зависимости от величины гамма- процентной износостойкости могут быть предложены следующие варианты принятия решения о нормативе ресурса до рассматриваемого вида ремонта.

- Ресурс можно не менять (наиболее вероятный случай),
- Ресурс можно увеличить до расчетной величины (что не всегда выполнимо),
- Ресурс можно увеличить вдвое и тем самым перенести дефектацию детали на следующий вид ремонта.
- Ресурс следует снизить или принять меры по увеличению износостойкости детали.

4.9. Поученные результаты являются основанием для перехода к работе над следующим разделом курсового проекта.

5. Составление и оформление третьего раздела курсового проекта

5.1. В третьем разделе «Анализ методов повышения износостойкости детали» студент должен рассмотреть следующие направления решения этой проблемы:

5.1.1. конструктивно – технологические мероприятия,

5.1.2. организационно-технические мероприятия.

5.2. Пункты 5.1.1. и 5.1.2. представляют собой краткие рефераты на заданную тему в которых студент должен продемонстрировать знания основных направлений разработки конструктивно – технологические мероприятий и организационно-технических методов повышения износостойкости детали.

5.3. При описании конструктивно – технологические мероприятий повышения износостойкости (п. 5.1.1.) рассматриваемого узла трения студент может использовать работу 1.5.2.2. При этом необходимо показать основные направления повышения износостойкости при конструировании, изготовлении и ремонте машины. Важно обратить внимание на влияние качества работ по каждому этапу на долговечность детали с учетом вероятностной природы процесса изнашивания.

5.4. При описании организационно-технических мероприятий (п. 5.1.2.) студент должен рассмотреть такие способы повышения износостойкости в сфере эксплуатации как: повышение качества управления и обслуживания техники, организации мониторинга (диагностики) машин с использованием современных средств и методов измерений, повышения уровня сервисного обслуживания на основе индустриальных методов производства и пр.

5.4.1. В первую очередь целесообразно рассмотреть мероприятия, которые направлены на повышение качества и стабильности работы служб в сфере эксплуатации. Согласно работе [] следствием повышения качества эксплуатации техники является уменьшение дисперсии или коэффициента вариации износостойкости и ресурса узлов трения. Поэтому даже при неизменной средней износостойкости уменьшение рассеивания этого показателя должно привести к увеличению гамма- процентного ресурса.

Для оценки повышения качества до необходимого уровня в настоящем учебном пособии предлагается методика и программа расчета требуемого коэффициента вариации и показателя формы распределения Вейбулла по данным о среднем и назначенном ресурсе детали (см. фрагменты П3-1 и П3-2 в главе 7).

6. Составление и оформление четвертого раздела курсового проекта

6.1. Четвертый раздел курсового проекта представляет собой узловой вопрос, который как правило имеет элементы небольшого научно-прикладного исследования, направленного на разработку инструкции по мониторингу изнашивания рассматриваемой детали или узла в процессе технической эксплуатации машины. Тема узлового вопроса назначается преподавателем

6.2. В общем случае четвертый раздел курсового проекта должен состоять из следующих параграфов.

6.2.1. Обоснование диагностических параметров, которые характеризуют износ детали и подлежат мониторингу во время эксплуатации.

6.2.2. Выбор (в том числе путем поиска в Интернете) или разработка средств и методов измерений этих параметров.

6.2.3. Обоснование периодичности и технологии таких измерений.

6.2.4. Разработка методики и программы прогнозирования остаточного ресурса по мере выполнения измерений.

6.3. При обосновании диагностических параметров (п. 6.2.1) рекомендуется использовать учебное пособие .

6.3.1. При этом следует учесть, что в качестве таковых могут использоваться как результаты измерений самих износов, так и косвенные показания приборов (средств диагностирования), которые пропорциональны износам детали

6.3.2. . Важнейшим пунктом этого параграфа является установление начального и предельно-допустимого значений износов и соответствующих диагностических параметров.

6.4. Необходимым этапом исследования является выбор современных средств и методов измерений диагностических параметров (п. 6.2.2.). Обычно такие инструменты указаны в эксплуатационной документации на машину. Однако актуальным вопросом теперь становится выбор новых средств с учетом развития измерительной техники, основанных на электронных и цифровых технологиях. Для этого студент должен провести поисковый анализ информации с использованием Интернета.

6.5. После выбора средств измерений следует разработать правила их использования с целью повышения точности и достоверности оценки износостойкости (п. 6.2.3). Периодичность этих операций устанавливается с учетом возможности доступа к месту замеров в зависимости от глубины разборки машины.

6.6. Заключительным этапом узлового вопроса является разработка методики и программы прогнозирования остаточного ресурса по мере выполнения измерений (п. 6.2.4.).